aLimnological Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
(LIN SB RAS)
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Лимнологический институт Сибирского отделения
Российской академии наук (ЛИН СО РАН)

Association of Lake Regions
Ассоциация озерных регионов

State Institution of Culture of Irkutsk Regional Universal Scientific Library
named after I.I. Molchanov-Sibirskii
Иркутская областная государственная универсальная научная библиотека
им. И.И. Молчанова-Сибирского

INTERNATIONAL CONFERENCE
«FRESHWATER ECOSYSTEMS – KEY PROBLEMS»

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ПРЕСНОВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ – СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ»

10-14 SEPTEMBER, 2018
10-14 СЕНТЯБРЯ, 2018

ABSTRACTS
ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ И СТЕНДОВЫХ СООБЩЕНИЙ

IRKUTSK, 2018
ИРКУТСК, 2018

UDC 556.55
LBC 26.222.6я431

International Conference «Freshwater Ecosystems – Key Problems». 10-14 September, 2018 / Abstracts / Irkutsk: LLC «Megaprint», 2018. – 400 p.

ISBN 978-5-907095-28-1

The Conference «Freshwater Ecosystems – Key Problems» is dedicated to the 90th anniversary of Limnological Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences and is a large event devoted to the studies of mechanisms of formation, biodiversity and evolution of the world's lakes and other aquatic ecosystems using the methods of interdisciplinary sciences (including hydrobiology, hydrology, hydrochemistry, physics, geology, climatology, biology, etc.). Such a comprehensive and interdisciplinary approach to the studies of aquatic ecosystems is necessary for identifying quantitative regularities, processes and phenomena in relation to the environment, forecast of possible changes affected by natural processes and anthropogenic impact, development of methods for physical, chemical and biological monitoring, assessment of the effect of economic activity on the environment and scientific rationale of measures necessary for protection of Lake Baikal and other lakes of the world, as well as elaboration of recommendations for rational use of resources of lacustrine and aquatic systems. The past 50 years are characterised by the intense impact of local and global anthropogenic factors on the ecosystem of freshwater environments irrespective of their scale. Moreover, the anthropogenic factor can overlap with the internal cycles of aquatic environments. During the Conference, it is planned to discuss current developments of various freshwater ecosystems experiencing landscape and climatic changes as well as increasing anthropogenic impact.

All presentations of this programme are included in 5 main sessions. Besides session presentations, International Scientific School "Modern Limnology at the Intersection of Disciplines" is held within the framework of the Conference. A start-up school on possibilities of financing of innovation projects for young researchers, drafting business plans and defence of the projects is included in the Programme. Students of 8-11 grades who are involved in research under the leadership of teachers present the results of their investigations at the School Session within the framework of the Conference.

In addition, Skype-session, webinars and Round Table Discussion «Problems and Prospects of Fishery in Artificial Rearing of Fish and Their Propagation under Natural Conditions» are held during the Conference. Best papers will be published in special issues of international peer-reviewed journals: Quaternary International (IF – 2.199 (WoS), Scopus), Limnology (IF – 0.91 (WoS), Scopus), Journal of Great Lakes Research (IF – 2.354 (WoS), Scopus), Russian Journal of Ecology (IF – 0.430 (WoS), Scopus), Geography and Natural Resources (WoS, Scopus).

Contact Information:

3, Ulan-Batorskaya St., P.O. Box 278
Limnological Institute SB RAS
Conference Secretary:
Yulia Sapozhnikova
Office: + 7 (3952) 42-65-04,
+7 (3952) 42-30-53, +7 (3952) 42-26-95
Mobile:
+7 914-950-960-4, +7 914-892-354-1
Fax: +7 (3952) 425-405
http://www.lin.irk.ru/conferences/fekp2018/ru/
E-mail: fekp2018@gmail.com

UDC 556.55
LBC 26.222.6Я431

ISBN 978-5-907095-28-1

УДК 556.55
ББК 26.222.6я431
М 43

М 43 Международная конференция «Пресноводные экосистемы – современные вызовы». 10-14 сентября, 2018 сентября, 2018 / Тезисы докладов и стендовых сообщений / Иркутск: ООО «Мегапринт», 2018. – 400 с.

ISBN 978-5-907095-28-1

Конференция проводится в честь крупнейшего для сибирской науки события – 90-летия Лимнологического института СО РАН и является крупнейшим мероприятием, посвященным изучению механизмов образования, биоразнообразия, эволюции озер мира, других водоемов и водотоков суши методами смежных наук (в том числе гидробиологии, гидрологии, гидрохимии, физики, геологии, климатологии, биологии и т.д.). Такой комплексный и междисциплинарный подход к изучению природы водоемов как целого необходим для установления количественных закономерностей, процессов и явлений во взаимосвязи с окружающей средой, прогнозирования возможных изменений под влиянием естественных процессов и антропогенных воздействий, разработки методов физического, химического и биологического мониторинга, оценки влияния хозяйственной деятельности на объекты окружающей природной среды и научного обоснования мероприятий, необходимых для охраны Байкала и других озер мира, разработки рекомендаций по рациональному использованию ресурсов озер и водохранилищ. Последние пятьдесят лет характеризуются интенсивным воздействием локальных и глобальных антропогенных факторов на экосистему пресноводных водоемов независимо от их размеров. При этом антропогенный фактор может быть наложен на внутренние циклы водоемов. В ходе работы конференции планируется провести широкое обсуждение современного развития экосистем разнообразных пресноводных водоемов в условиях ландшафтно-климатических изменений и возрастающей антропогенной нагрузки.

Все доклады данной программы распределены между 5 основными секциями. Помимо секционных докладов в рамках Конференции будут представлены лекции ведущих ученых мира в рамках Международной научной школы для молодежи «Современная лимнология на стыке дисциплин». Будет проведена стартап-школа по возможностям финансирования инновационных проектов для молодых исследователей, составлению бизнес планов и защите проектов. В рамках Конференции также пройдет Школьная секция для учащихся 8-11 классов, выполняющих научно-исследовательскую работу под руководством педагогов.

В дополнение к представленной программе будут проведены on-line лекции в режиме SKYPE-сессии, вебинары, а также Круглый стол «Проблемы и перспективы рыбного хозяйства при искусственном разведении и размножении в естественных условиях». Лучшие статьи будут опубликованы в специальных выпусках международных рецензируемых журналов: Quaternary International (IF – 2.199 (WoS), Scopus, РИНЦ), Limnology (IF – 0.91 (WoS), Scopus, РИНЦ), Journal of Great Lakes Research (IF – 2.354 (WoS), Scopus, РИНЦ), Russian Journal of Ecology (IF – 0.430 (WoS), Scopus, РИНЦ), Geography and Natural Resources (WoS, Scopus, РИНЦ).

Контактная информация:
664033 Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, а/я 278
Лимнологический институт СО РАН
Секретарь Конференции:
Сапожникова Юлия Павловна
Рабочий телефон: + 7 (3952) 42-65-04,
+7 (3952) 42-30-53, +7 (3952) 42-26-95
Мобильные телефоны:
+7 914-950-960-4, +7 914-892-354-1
Факс: +7 (3952) 425-405
Адрес Конференции в интернете:
http://www.lin.irk.ru/conferences/fekp2018/ru/
E-mail: fekp2018@gmail.com

УДК 556.55
ББК 26.222.6я431

ISBN 978-5-907095-28-1

SCIENTIFIC COMMITTEE

Chair – Andrey Fedotov, Director, Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia, Irkutsk, Russia
Co-Chair – Lubov Sukhanova, Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia, Irkutsk, Russia
Members:
Valentin Parmon, Academician, RAS Vice-President, SB RAS President, Novosibirsk, Russia
Michael Grachev, Academician, Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia, Irkutsk, Russia
Nikolay Dobretsov, Academician, Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia
Michael Kuzmin, Academician, Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia
Irina Ivshina, Academician, Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms UB RAS, Perm, Russia
Geliy Zherebtsov, Academician, Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia
Arnold Tulochonov, Academician, BINM SB RAS, Ulan-Ude, Buryatia, Russia
Nikolay Filatov, Corresponding Member, Director, Northern Water Problems Institute KarRC of RAS, Petrozavodsk, Russia
Alexander Timchenko, General Director, Association of Lake Regions, Irkutsk, Russia
Shamil Pozdnyakov, Dr. Sc., Director, Institute of Limnology RAS, St. Petersburg, Russia
Alexander Puzanov, Dr. Sc., Director, Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia
Dmitry Subetto, Dr. Sc., Leading Research Scientist, Northern Water Problems Institute KarRC RAS, Petrozavodsk, Dean of Geography Faculty, Herzen University, St. Petersburg, Russia
Vladimir Fialkov, Leading Research Scientist, Baikal Museum ISC SB RAS, Listvyanka, Russia
Vasily Smirnov, Leading Research Scientist, Baikal Museum ISC SB RAS, Listvyanka, Russia
Vladimir Bogdanov, Corresponding Member, Editor-in-Chief of "Ecology", Yekaterinburg, Russia
John Downing, Prof., Director of Minnesota Sea Grant, Large Lakes Observatory at the University of Minnesota Duluth, Duluth, USA
Stephany Guildford, Prof., Department of Biology and Large Lakes Observatory, University of Minnesota, Assistant Editor, Journal of Great Lakes Research, Duluth, Minnesota, USA
Robert Hecky, Prof., Editor, Journal of Great Lakes Research, University of Minnesota, Duluth, Minnesota, USA
David Jewson, Dr. Sc., University of Ulster, Northern Ireland
Georgiy Kirillin, Dr. Sc., Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Germany
Marianne Moore, Prof. Dept. of Biological Sciences, Wellesley College, USA
Carole Perry, Prof. Nottingham Trent University, School of Science & Technology, Nottingham, UK
Lars Rudstam, Prof., Cornell University, Department of Natural Resources, Director, Biological Field Station at Shackelton Point, NY, USA
Vera Slaveykova, Prof., Department for Environmental and Aquatic Sciences, University of Geneva, Geneva, Switzerland
Robert Sterner, Dr. Sc., Director, Large Lakes Observatory at the University of Minnesota Duluth, Duluth, USA
Kei Toda, Prof., Kumamota University, Japan
Masumi Yamamuro, Prof., The University of Tokyo, Japan

PROGRAMME COMMITTEE

Chair – Vadim Annenkov, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Co-Chair – Natalia Maximova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Members:
Sergey Belikov, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Olga Belykh, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Valentin Drucker, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Elena Dzyuba, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Alexander Gorshkov, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Mikhail Grachev, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Nikolay Granin, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Olga Glyzina, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Tamara Khodzher, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Oleg Khlystov, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Sergey Kirilchik, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Elena Likhoshway, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Dmitry Sherbakov, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Tatiana Sitnikova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Alexander Suturin, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Oleg Timoshkin, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Tamara Zemskaya, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia

LOCAL ORGANISING COMMITTEE

Julia Alekseeva, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Kirill Arsentiev, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Maria Bashenkhaeva, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Ekaterina Bedoshvili, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Sergey Bukin, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Ekaterina Volkova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Evgeny Dolid, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Aleksey Gurulev, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Julia Kaplyukova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Oleg Kotsar, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Olga Kustova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Anna Lomakina, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Anton Lukhnev, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Mikhail Makarov, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Tamara Mamedova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Olga Maykova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Vasily Medvezhonkov, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Svetlana Morenko, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Alexey Morozov, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Galina Nagornaya, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Julia Shtykova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Elena Sukhanova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Irina Turchaninova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Alexandra Zakharenko, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Vladimir Zheleznyakov, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia
Julia Zvereva, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia

Conference Secretary – Yulia Sapozhnikova, LIN SB RAS, Irkutsk, Russia

СВЕДЕНИЯ О СОСТАВЕ КОМИТЕТОВ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель – Федотов А.П., д.г.-м.н., директор ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Заместитель Председателя – Суханова Л.В., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Пармон В.Н., акад. РАН, Вице-президент РАН, Председатель СО РАН, Новосибирск, Россия;
Грачев М.А., акад. РАН, ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Добрецов Н.Л., акад. РАН, ИГМ СО РАН, Новосибирск, Россия;
Кузьмин М.И., акад. РАН, ИГХ СО РАН, Иркутск, Россия;
Ившина И.Б., акад. РАН, ИЭГМ УрО РАН, Пермь, Россия;
Жеребцов Г.А., акад. РАН, ИСЗФ СО РАН, Иркутск, Россия;
Тулохонов А.К., акад. РАН, БИП СО РАН, Улан-Удэ, Бурятия, Россия;
Филатов Н.Н., чл.-корр. РАН, директор ИВПС КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия;
Тимченко А.Н., ген. директор Ассоциации озерных регионов, Иркутск, Россия;
Поздняков Ш.Р., д.г.н., директор ИНОЗ РАН, Санкт-Петербург, Россия;
Пузанов А.В., д.б.н., директор ИВЭП СО РАН, Барнаул, Россия;
Субетто Д.А., д.г.н., в.н.с. ИВПС КарНЦ РАН, Петрозаводск, декан факультета географии РГПУ им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия;
Фиалков В.А., к.г.н., в.н.с. БМ ИНЦ СО РАН, Листвянка, Россия;
Смирнов В.В., д.б.н., г.н.с. БМ ИНЦ СО РАН, Листвянка, Россия;
Богданов В.Д., чл.-корр. РАН, главный редактор журнала «Экология», Екатеринбург, Россия;
Downing J., Prof., Director of Minnesota Sea Grant, Large Lakes Observatory at the University of Minnesota Duluth, Duluth, USA;
Guildford S., Prof., Dept of Biology and Large Lakes Observatory, University of Minnesota, Assistant Editor, Journal of Great Lakes Research, Duluth, Minnesota, USA;
Hecky R., Prof., Editor, Journal of Great Lakes Research, University of Minnesota, Duluth, Minnesota, USA;
Jewson D., Dr. Sc., University of Ulster, Northern Ireland;
Kirillin G., Dr. Sc., Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Germany;
Moore M., Prof. Dept. of Biological Sciences, USA;
Perry C., Prof. Nottingham Trent University, School of Science & Technology, Nottingham, UK;
Rudstam L., Prof., Cornell University, Department of Natural Resources, Director, Biological Field Station at Shackelton Point, NY, USA;
Slaveykova V.I., Prof., Department for Environmental and Aquatic Sciences, University of Geneva, Geneva, Switzerland;
Sterner R., Dr. Sc., Director, Large Lakes Observatory at the University of Minnesota Duluth, Duluth, USA;
Toda K., Prof., Kumamota University, Japan;
Yamamuro M., Prof., The University of Tokyo, Japan.

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Председатель - Анненков В.В., д.х.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Заместитель Председателя - Максимова Н.В., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Беликов С.И., д.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Белых О.И., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Глызина О.Ю., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Горшков А.Г., к.х.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Гранин Н.Г., к.г.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Грачев М.А., академик РАН, ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Дзюба Е.В., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Дрюккер В.В., д.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Земская Т.И., д.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Кирильчик С.В. к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Лихошвай Е.В., д.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Минаев В.В., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Ситникова Т.Я., д.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Сутурин А.Н., к.г.-м.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Тимошкин О.А., д.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Хлыстов О.М., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Ходжер Т.В., д.г.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Щербаков Д.Ю., д.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия.

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОМИТЕТ

Алексеева Ю.М., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Арсентьев К.Ю., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Башенхаева М.В., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Бедошвили Е.Д., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Букин С.В., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Волкова Е.А, ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Гурулев А.А., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Долид Е.А., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Железняков В.А., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Захаренко А.С., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Зверева Ю.М., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Каплюкова Ю.В., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Коцарь О.В., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Кустова О.В., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Ломакина А.В., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Лухнев А.Г., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Макаров М.М., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Мамедова Т.Е., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Майкова О.О., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Медвежонков В.С., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Моренко С.В., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Морозов А.А., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Нагорная Г.И., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Суханова Е.В., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Турчанинова И.В., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия;
Штыкова Ю.Р., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия.

Секретарь Конференции – Сапожникова Ю.П., к.б.н., ЛИН СО РАН, Иркутск, Россия.

CONTENT
СОДЕРЖАНИЕ

SPONSORS……..…….…….. 7
ПРИ ПОДДЕРЖКЕ.....…… 7

ABSTRACTS……..……..…….. 9
ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ И СТЕНДОВЫХ СООБЩЕНИЙ..……..……..……...… 9

LIST OF PARTICIPANTS……. 392
СПИСОК УЧАСТНИКОВ……...… 392

SPONSORS
ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

Ministry of Science and Higher Education
of the Russian Federation
Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Russian Foundation for Basic Research,
No. 18-05-20061_g
Российский фонд фундаментальных исследований,
грант №18-05-20061_г

Government of the Irkutsk region
Правительство Иркутской области

Sberbank of Russia
ПАО «Сбербанк»

Joint Stock Company *Russian Railways*
Открытое акционерное общество
«Российские железные дороги»

Baikal Museum ISC SB RAS
Байкальский Музей ИНЦ СО РАН

Baikal Seal Aquarium
Nerpinarium Ltd.
ООО «Аквариум Байкальской нерпы»

Siblabservise Ltd.
ООО «СибЛабСервис»

Baikal water Ltd.
ООО «Вода Байкала»

Aqua Ltd.
ООО Аква

Palace of Art, Irkutsk
МАОУ ДО «Дворец творчества»,
Иркутск

Grand Baikal Ltd
ООО «Гранд Байкал»

Irkutsk Regional Film Fund
ОГАУК «Иркутский областной кинофонд»

School of Ethnic Drums of Russia “EthnoBeat”
Школа этнических барабанов «Этнобит»

Baikal International Film Festival
«People and Environment»
Байкальский международный кинофестиваль
«Человек и Природа»

Confectionery *Maria*
Кондитерская фабрика Мария

PLC Company En+ Group
Группа компаний En+ Group

ABSTRACTS
ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ И СТЕНДОВЫХ СООБЩЕНИЙ

PLENARY TALKS 41

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ 41

Annenkov V.V., Zelinskiy S.N., Pal'shin V.A., Danilovtseva E.N. HOW LIVING SILICIFYING ORGANISMS BUILD SILICA CONSTRUCTIONS AT MODERATE CONDITIONS? 41

Анненков В.В., Зелинский С.Н., Пальшин В.А., Даниловцева Е.Н. КАК ЖИВЫЕ СИЛИСИФИЦИРУЮЩИЕ ОРГАНИЗМЫ СТРОЯТ КРЕМНИСТЫЕ КОНСТРУКЦИИ В ОБЫЧНЫХ УСЛОВИЯХ? 41

Astel A., Obolewski K., Bigus K., Osadowski Z., Astel K. AQUATIC CHEMISTRY OF SEVERAL COASTAL LAKES IN THE SOUTHERN BALTIC AREA 42

Bedoshvili Ye.D., Gneusheva K.V., Popova M.C., Likhoshway Ye.V. CELL MECHANISMS OF DIATOM VALVE MORPHOGENESIS 43

Belykh O.I., Tikhonova I.V., Sorokovikova E.G., Potapov S.A., Kuzmin A.V., Fedorova G.A. TOXIC CYANOBACTERIA IN LAKE BAIKAL AND WATERS OF BAIKAL REGION 43

Белых О.И., Тихонова И.В., Сороковикова Е.Г., Потапов С.А., Кузьмин А.В., Федорова Г.А. ТОКСИЧНЫЕ ЦИАНОБАКТЕРИИ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ И ВОДОЕМАХ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА 44

Doenz C.J., Seehausen O. SPECIATION (AND ITS REVERSE) IN ALPINE WHITEFISH AND CHARR 45

Drucker V.V. AUTOCHTHONOUS BACTERIOPHAGES AND BACTERIOPLANKTON IN WATER BODIES OF KHUVSGUL-BAIKAL-ANGARA-YENISEI HYDROSYSTEM 45

Дрюккер В.В. АВТОХТОННЫЕ БАКТЕРИОФАГИ И БАКТЕРИОПЛАНКТОН В ВОДОЕМАХ ХУБСУГУЛ-БАЙКАЛ-АНГАРО-ЕНИСЕЙСКОЙ ГИДРОСИСТЕМЫ 46

Dulmaa A., Ayushsuren Ch., Sheveleva N.G. THE CURRENT STATE OF ZOOPLANKTON IN LAKE ULAAGCHINY KHAR 47

Fedorov Yu.A., Dotsenko I.V., Mikhailenko A.V. MERCURY IN BOTTOM SEDIMENTS OF WATER BODIES WITH DIFFERENT SALINITY IN THE SOUTH OF EUROPEAN TERRITORY OF RUSSIA 47

Федоров Ю.А., Доценко И.В., Михайленко А.В. РТУТЬ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЮГА ЕТР С РАЗЛИЧНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ 48

Filatov N.N. PRESENT-DAY STATE AND CHANGES OF THE LARGEST LAKES OF EUROPE: PROBLEMS AND SOLUTIONS 48

Филатов Н.Н. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ИЗМЕНЕНИЯ КРУПНЕЙШИХ ОЗЕР ЕВРОПЫ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ 49

Garmaev E.Zh., Tsydypov B.Z., Andreev S.G., Ayurzhanaev A.A., Sodnomov B.V., Gurzhapov B.O., Batotsyrenov E.A., Pavlov I.A., Shiretorova V.G., Ulzetueva I.D., Radnaeva L.D. IMPACT OF DISCHARGES OF GUSINOOZERSKAYA POWER PLANT ON THERMAL AND HYDROCHEMICAL REGIME OF LAKE GUSINOE 50

Гармаев Е.Ж., Цыдыпов Б.З., Андреев С.Г., Аюржанаев А.А., Содномов Б.В., Гуржапов Б.О., Батоцыренов Э.А., Павлов И.А., Ширеторова В.Г. Ульзетуева И.Д., Раднаева Л.Д. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СБРОСОВ ГУСИНООЗЕРСКОЙ ГРЭС НА ТЕРМИЧЕСКИЙ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОЗ. ГУСИНОЕ .. 50

Gorshkov A.G., Babenko T.A., Izosimova O.N., Kustova O.V. PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS IN THE ECOSYSTEM OF LAKE BAIKAL (20 YEARS LATER) 51

Горшков А.Г., Бабенко Т.А., Изосимова О.Н., Кустова О.В. СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТА В ЭКОСИСТЕМЕ БАЙКАЛА (20 ЛЕТ СПУСТЯ) 51

Granin N.G., Gnatovsky R.Yu., Kozlov V.V., Makarov M.M., Blinov V.V. THE EFFECT OF GAS HYDRATES AND METHANE ON THE HYDROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF LAKE BAIKAL 52

Гранин Н.Г., Гнатовский Р.Ю., Козлов В.В., Макаров М.М., Блинов В.В. ВЛИЯНИЕ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ И МЕТАНА НА ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЗЕРА БАЙКАЛ 53

Guildford S.J., Vanderwerff Wilson J.M., Hecky R.E. PHYTOPLANKTON NUTRIENT STATUS IN THE DEEP CHLOROPHYLL LAYER OF LAKE SUPERIOR....54

Hecky R.E., House G.L., Silsbe G.M., Guildford S. THE DEEP CHLOROPHYLL LAYER IN LAKE SUPERIOR AND ITS PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY....54

Khodzher T.V., Domysheva V.M., Sorokovikova L.M., Golobokova L.P., Sakirko M.V., Tomberg I.V., Netsvetaeva O.G., Sinyukovich V.M. RECENT CHEMICAL COMPOSITION OF AQUATIC ENVIRONMENT FOR BAIKAL ORGANISMS....55

Ходжер Т.В, Домышева В.М, Сороковикова Л.М, Голобокова Л.П., Сакирко М.В, Томберг И.В., Нецветаева О.Г., Синюкович В.Н. СОВРЕМЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ БАЙКАЛЬСКИХ ОРГАНИЗМОВ....55

Kirillin G., Alymkulov S., Kurbaniyazov A., Zavialov P. SEASONAL MIXING REGIME OF EURASIAN LAKES: HOW RESISTANT IS IT TO THE CLIMATE VARIABILITY?....56

Kostrova S.S., Meyer H., Bailey H.L., Ludikova A.V., Gromig R., Kuhn G., Shibaev Y.A., Kozachek A.V., Ekaykin A.A., Chapligin B. POSTGLACIAL HISTORY OF LAKE LADOGA DOCUMENTED BY DIATOM OXYGEN ISOTOPES....57

Kouraev A.V., Zakharova E.A., Rémy F., Shimaraev M.N. Kostianoy A.G., Suknev A.Ya. ICE COVER OF EURASIAN LAKES FROM SATELLITE AND IN SITU OBSERVATIONS....58

Kulikovskiy M.S., Maltsev E.I., Kezlya E.M., Shkurina N.A., Kuznetsova I.V. PROCESSES OF DIATOMS DIVERSITY FORMATION IN LAKES BAIKAL AND HOVSGOL....58

Куликовский М.С., Мальцев Е.И., Кезля Е.М., Шкурина Н.А., Кузнецова И.В. МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ РАЗНООБРАЗИЯ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В ОЗЕРАХ БАЙКАЛ И ХУБСУГУЛ....59

Massol F., Macke E. NETWORK METHODS FOR THE ANALYSIS OF HOST-SYMBIONT INTERACTIONS: AN EXAMPLE WITH DAPHNIA MAGNA AND ITS GUT MICROBIOTA....59

Moore M.V. TROPHIC COUPLING OF THE MICROBIAL AND THE PELAGIC FOOD WEBS IN LAKE BAIKAL....59

Niska M. ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE EEMIAN (MIKULINIAN, MIS 5E) RECORDED IN THE LAKE-MIRESEDIMENT SUCCESSION FROM CENTRAL POLAND (CENTRAL EUROPE) BASED ON SUBFOSSIL CLADOCERA ANALYSIS....60

Panchenko M.V., Domysheva V.M., Pestunov D.A., Sakirko M.V., Shamrin A.M., Shmargunov V.P. CO_2 IN THE “ATMOSPHERE-WATER” SYSTEM AND BIOGENIC ELEMENTS IN WATER OF THE LITTORRAL ZONE OF LAKE BAIKAL AT THE PRESENT STAGE OF CLIMATE CHANGES....61

Панченко М.В., Домышева В.М., Пестунов Д.А., Сакирко М.В., Шамрин А.М., Шмаргунов В.П. CO_2 В СИСТЕМЕ «АТМОСФЕРА-ВОДА» И БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ВОДЕ ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ....61

Pozdnyakov Sh.R. A MODERN APPROACH TO THE STUDY OF SEDIMENT IN FRESHWATER ECOSYSTEMS....62

Поздняков Ш.Р. СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ НАНОСОВ В ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ....62

Prozorova L.A., Bogatov V.V., Chernova E.N., Lysenko E.V., Ngo X.Q., Do V.T., Hoang N.S. TRACE ELEMENTS IN ECONOMICALLY IMPORTANT MOLLUSKS FROM THE MEKONG AND THE RED RIVER DELTAS....63

Puzanov A.V., Kirillov V.V., Bezmaternykh D.M., Ermolaeva N.I. SPATIAL-TEMPORAL ORGANIZATION OF AQUATIC ECOSYSTEMS AND ASSESSMENT OF IMPACT OF NATURAL/ ANTHROPOGENIC FACTORS ON HYDROBIOCENOSES FORMATION AND SURFACE WATER QUALITY IN OB BASIN AND OB-IRTYSH INTERFLUVE....63

Пузанов А.В., Кириллов В.В., Безматерных Д.М., Ермолаева Н.И. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ГИДРОБИОЦЕНОЗОВ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАССЕЙНА ОБИ И ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ....64

Raynaud D., Lipenkov V., Parrenin F. THE LONG ICE CORE RECORD OF EARTH'S CLIMATE 65

Rudstam L., Watkins J., Scofield A., Holda T. SPATIAL DYNAMICS IN THE PELAGIA OF LARGE LAKES – TECHNOLOGICAL ADVANCES LEADS TO IMPROVED UNDERSTANDING OF THE ECOLOGY OF ZOOPLANKTON AND FISH 66

Semenchenko S. EFFICIENCY OF OMUL REPRODUCTION BY THE BOLSHERECHENSKY FISH HATCHERY 66

Семенченко С.М. К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА ОМУЛЯ БОЛЬШЕРЕЧЕНСКИМ РЫБОВОДНЫМ ЗАВОДОМ 67

Shimaraev M.N., Sizova L.N., Sinyukovich V.N., Troitskaya E.S., Kuimova L.N., Yakimova N.I. ICE-THERMAL AND WATER REGIME OF LAKE BAIKAL IN 1950-2017 68

Шимараев М.Н., Синюкович В.Н., Сизова Л.Н., Троицкая Е.С., Куимова Л.Н., Якимова Н.И. ЛЕДОВО-ТЕРМИЧЕСКИЙ И ВОДНЫЙ РЕЖИМ ОЗЕРА БАЙКАЛ В 1950-2017 ГГ. 68

Sinyukovich V.N., Chernyshov M.S. WATER REGIME OF LAKE BAIKAL UNDER CONDITIONS OF CLIMATE INSTABILITY AND ANTHROPOGENIC IMPACT 69

Синюкович В.Н., Чернышов М.С. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ОЗ. БАЙКАЛ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОСТИ КЛИМАТА И АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ 70

Smirnov V.V., Smirnova-Zalumi N.S., Shimaraev M.N., Sinyukovich V.N., Sukhanova L.V. POPULATION LEVEL OF CLIMATIC RHYTHMS IN BAIKAL OMUL *COREGONUS AUTUMNALIS MIGRATORIUS* (GEORGI) 71

Смирнов В.В., Смирнова-Залуми Н.С., Шимараев М.Н., Синюкович В.Н., Суханова Л.В. ПОПУЛЯЦИОННЫЙ УРОВЕНЬ ПРОЯВЛЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ РИТМОВ У БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ COREGONUS AUTUMNALIS MIGRATORIUS (GEORGI) 71

Sterner R., Reinl K., Austin J. TEMPERATURE DEPENDENCE OF PRIMARY PRODUCTION AND THE DEEP CHLOROPHYLL MAXIMUM STRUCTURE IN LAKE SUPERIOR: PROJECTIONS FOR CLIMATE WARMING IN LARGE, DEEP, COLD LAKES 71

Sturm M., Vologina E.G. LONG-TERM PARTICLE VARIABILITY WITHIN THE WATER COLUMN OF LAKE BAIKAL 72

Subetto D.A., Belkina N.A., Rybalko A.E., Strakhovenko V.D. LATE PLEISTOCENE AND HOLOCENE SEDIMENTARY ENVIRONMENTS IN LAKE ONEGA, NW RUSSIA 72

Tanaka Y., Shimaraev M.N., Troitskaya E.S., Timoshkin O.A., Sugiyama M., Watanabe Y. BAIKAL COASTAL WATER TEMPERATURE FLUCTUATIONS CAUSED BY OFFSHORE EVENT 73

Tasiemski A. ANTIMICROBIAL PEPTIDES TO FOLLOW THE ADAPTATION/ACCLIMATION OF INVERTEBRATES TO EXTREME/CHANGING AQUATIC HABITATS 74

Wiśniewski R. RESTORING URBAN LAKE WOLSZTYNSKIE USING PRECISE APPLICATION OF COAGULANT DIRECTLY TO SEDIMENT DURING ITS CONTROLLED RESUSPENSION 74

Yamamuro M. GREEN TIDE FROM SEA COASTS TO FRESHWATER LAKES 75

Yermolaeva N.I., Zarubina E.Yu., Strakhovenko V.D., Bezmaternykh D.M., Ovdina E.A. ROLE OF NATURAL AND CLIMATIC FACTORS IN FORMATION OF AUTOCHTHONIC ORGANIC SUBSTANCE STREAMS IN SMALL LAKES OF THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA 76

Ермолаева Н.И., Зарубина Е.Ю., Страховенко В.Д., Безматерных Д.М., Овдина Е.А. РОЛЬ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ФОРМИРОВАНИИ ПОТОКОВ АВТОХТОННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В МАЛЫХ ОЗЕРАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ 76

Zemskaya T.I., Lomakina A.V., Zakharenko A.S., Khal'zov I.A., Chernitsyna S.M., Shubenkova O.V., Pavlova O.N., Bukin S.V., Galachyants Yu.P., Pogodaeva T.V., Morozov I.V. DIVERSITY AND STRUCTURE OF MICROBIAL COMMUNITIES IN LAKE BAIKAL BOTTOM SEDIMENTS 77

Земская Т.И., Ломакина А.В., Захаренко А.С., Хальзов И.А., Черницына С.М., Шубенкова О.В., Павлова О.Н., Букин С.В., Галачьянц Ю.П., Погодаева Т.В., Морозов И.В. РАЗНООБРАЗИЕ И СТРУКТУРА МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА БАЙКАЛ SECTIONAL TALKS 79

SECTIONAL TALKS 79

СЕКЦИОННЫЕ ДОКЛАДЫ 79

Abasov N.V., Osipchuk E.N., Nikitin V.M., Berezhnykh T.V. THE PROBLEM OF LAKE BAIKAL LEVEL MANAGEMENT IN CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE 79

Абасов Н.В., Осипчук Е.Н., Никитин В.М., Бережных Т.В. ПРОБЛЕМА УПРАВЛЕНИЯ УРОВЕННЫМ РЕЖИМОМ ОЗ. БАЙКАЛ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 79

Abukenova V.S, Bljalova Z.Z., Kartbaeva G.T. *MONODACTNA COLORATA* – THE INVASIVE SPECIES OF THE NURA RIVER (CENTRAL KAZAKHSTAN) 80

Абукенова В.С., Блялова Ж.Ж., Картбаева Г.Т. *MONODACTNA COLORATA* – ВСЕЛЕНЕЦ РЕКИ НУРЫ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН) 80

Adamovich B.V., Nikitina L.V., Medvinsky A.B., Radchikova N.P., Mikheyeva T.M., Zhukova T.V. SEASONAL VARIATIONS IN BACTERIOPLANKTON ABUNDANCE IN THE LAKES OF DIFFERENT TROPHIC STATE 81

Aghajanyan E.A., Avalyan R.E., Atoyants A.L., Aroutiounian R.M. BIOTESTING OF FRESHWATER ECOSYSTEM USING MODEL TEST OBJECT 82

Агаджанян Э.А., Авалян Р.Э., Атоянц А.Л., Арутюнян Р.М. БИОТЕСТИРОВАНИЕ ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДЕЛЬНОГО ТЕСТ-ОБЪЕКТА 82

Alyoshina A.V., Velichko M.S., Glyzin L.A., Yakhnenko V.M., Sapozhnikova Yu.P., Tyagun M.L., Sukhanova L.V., Glyzina O.Yu. BREEDING OF WHITEFISH AND THEIR HYBRIDS IN SMALL RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEMS 83

Алешина А.В., Величко М.С., Глызин Л.А., Яхненко В.М., Сапожникова Ю.П., Тягун М.Л., Суханова Л.В., Глызина О.Ю. ВОЗМОЖНОСТИ СОДЕРЖАНИЯ СИГОВЫХ РЫБ И ИХ ГИБРИДОВ В МИНИУСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ 84

Andrianova A.V., Yakubaylik O.E. GEOINFORMATIONAL WEB SYSTEM FOR THE ANALYSIS OF THE SPATIAL DATA ON THE DISTRIBUTION OF BAIKAL AMPHIPODES IN THE ENISEY RIVER 85

Annenkova N.V., Rengefors K. DINOFLAGELLATES FROM BAIKAL AND NORDIC MARINE AREA AS AN EXAMPLE OF RECENT DIVERGENCE 86

Анненкова Н.В., Ренгефорс К. ДИНОФЛАГЕЛЛЯТЫ ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ И СЕВЕРНЫХ МОРЕЙ КАК ПРИМЕР НЕДАВНЕЙ ДИВЕРГЕНЦИИ 86

Antokhina O.Yu., Belan B.D., Buryak G.A., Generalov V.M., Golobokova L.P., Ivlev G.A., Kozlov A.V., Laptev N.A., Olkin S.E., Otmakhov V.I., Pestunov D.A., Petrova E.V., Rasskazchikova T.M., Safatov A.S., Simonenkov D.V., Tolmachev G.N., Fofonov A.V. ASSESSMENT OF THE EXTENT OF BAIKAL LAKE POLLUTION FROM THE ATMOSPHERE ON THE AIRCRAFT SAMPLING RESULTS 87

Антохина О.Ю., Белан Б.Д., Буряк Г.А., Генералов В.М., Голобокова Л.П., Ивлев Г.А., Козлов А.В., Лаптева Н.А., Олькин С.Е., Отмахов В.И., Пестунов Д.А., Петрова Е.В., Рассказчикова Т.М., Сафатов А.С., Симоненков Д.В., Толмачев Г.Н., Фофонов А.В. ОЦЕНКА МАСШТАБОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОЗ. БАЙКАЛ ЧЕРЕЗ АТМОСФЕРНЫЙ КАНАЛ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ САМОЛЁТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ 87

Axenov-Gribanov D.V., Protasov E.S., Kostka D.V., Krasnova M.E., Dmitriev I.A., Rzhechitsky Ya.A., Lubyaga Yu.A., Timofeyev M.A. DIVERSITY ASSESSMENT OF ACTINOBACTERIA ASSOCIATED WITH BAIKAL ENDEMIC ALGAE 88

Аксенов-Грибанов Д.В., Протасов Е.С., Костка Д.В., Краснова М.Е., Дмитриев И.А., Ржечицкий Я.А., Лубяга Ю.А., Тимофеев М.А. ОЦЕНКА РАЗНООБРАЗИЯ АКТИНОБАКТЕРИЙ, АССОЦИИРОВАННЫХ С БАЙКАЛЬСКИМИ ЭНДЕМИЧНЫМИ ВОДОРОСЛЯМИ 89

Andrianova A.V., Yakubaylik O.E., Shan'ko Yu.V. FEATURES OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF BAIKAL AMPHIPODS IN THE ENISEIY RIVER AND DATA VISUALIZATION IN THE GEOINFORMATIONAL WEB-SYSTEM 89

Андрианова А.В., Якубайлик О.Э., Шанько Ю.В. ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД В Р. ЕНИСЕЙ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ ВЕБ-СИСТЕМЕ 90

Anikienko I.V., Ryadinskaya N.I., Iljina O.P. ANATOMICAL PECULIARITIES OF BRUSH ARTERIUM ARCHERY ARCTICS OF BAIKAL SEAL 91

Аникиенко И.В., Рядинская Н.И., Ильина О.П. АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕТВЛЕНИЯ АРТЕРИЙ ДУГИ АОРТЫ БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ 91

Anoshko P.N., Makarov M.M., Kirilchik S.V., Smolin I.N., Dzyuba E.V. RESEARCH PERSPECTIVES OF WINTER DISTRIBUTION OF BAIKAL OMUL AND MONITORING OF ITS RESERVES 92

Аношко П.Н., Макаров М.М., Кирильчик С.В., Смолин И.Н., Дзюба Е.В. ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ ЗИМНЕГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЕГО ЗАПАСОВ 93

Antokhina O.Yu., Antokhin P.N., Devyatova E.V., Mordvinov V. SCENARIOS OF BLOCKING EVENTS DEVELOPMENT OVER EURASIA AND ANALYSIS OF THEIR EFFECT ON TOTAL AMOUNT OF PRECIPITATION IN THE SELENGA RIVER BASIN 93

Антохина О.Ю., Антохин П.Н., Девятова Е.В., Мордвинов В.И. ТИПИЗАЦИЯ БЛОКИРУЮЩИХ СОБЫТИЙ НАД ЕВРАЗИЕЙ И АНАЛИЗ ИХ ВЛИЯНИЯ НА СУММАРНОЕ КОЛИЧЕСТВО ОСАДКОВ В БАССЕЙНЕ Р. СЕЛЕНГИ В ИЮЛЕ 94

Aslamov I.A., Kirillin G., Kozlov V.V., Zdorovennov R.E., Granin N.G. THE RESULTS OF THE HEAT FLUX STUDIES AT THE WATER-ICE BOUNDARY LAYER OF LAKE BAIKAL 94

Babenko T.A., Shishlyannikov S.M., Gorshkov A.G. PHYTOPLANKTON AS A BIOGENIC SOURCE OF DI-(2-ETHYLHEXYL) PHTHALATE IN THE WATER ECOSYSTEM OF THE LAKE BAIKAL 95

Бабенко Т.А., Шишлянников С.М., Горшков А.Г. ФИТОПЛАНКТОН КАК БИОГЕННЫЙ ИСТОЧНИК ДИ-(2-ЭТИЛГЕКСИЛ) ФТАЛАТА В ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ 96

Baigal-Amar T., Ayushsuren Ch., Khishigjagal M., Oyuntuya Sh., Ariunsuren P., Tumenbayar P., Dambadarjaa N., Enkhtur A., Buyanbaatar A. ECOSYSTEM RESEARCH ON A DRYING LAKE IN KHUVSGUL MONGOLIA 96

Balin Yu.S., Klemashova M.G., Kokhanenko G.P., Nasonov S.V., Novoselov M.M., Penner I.E. LIDAR STUDIES OF FORMATION OF VERTICAL STRUCTURE OF TROPOSPHERIC AEROSOL FIELDS OVER LAKE BAIKAL IN BACKGROUND CONDITIONS AND DURING FOREST FIRES 97

Балин Ю.С., Клемашева М.Г., Коханенко Г.П., Насонов С.В., Новоселов М.М., Пеннер И.Э. ЛИДАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АЭРОЗОЛЬНЫХ ПОЛЕЙ ТРОПОСФЕРЫ НАД ОЗЕРОМ БАЙКАЛ В ФОНОВЫХ УСЛОВИЯХ И В ПЕРИОД ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ 98

Bashenkhaeva M.V., Zakharova Yu.R., Galachyants Yu.P., Sakirko M.V., Likhoshway Ye.V. COMPARATIVE ANALYSIS OF FREE-LIVING AND PARTICLE-ATTACHED BACTERIAL COMMUNITIES OF LAKE BAIKAL 98

Башенхаева М.В., Захарова Ю.Р., Галачьянц Ю.П., Сакирко М.В., Лихошвай Е.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВОБОДНОЖИВУЩИХ И ПРИКРЕПЛЕННЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕРА БАЙКАЛ 99

Baturina M.A. TO THE STUDY OF OLIGOCHAETA FAUNA OF LAKES OF BOL'SHEZEMEL'SKAYA TUNDRA 100

Батурина М.А. К ИССЛЕДОВАНИЯМ ФАУНЫ ОЛИГОХЕТ ОЗЕР БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ ... 100

Baturina N. MACROZOOBENTHOS COMMUNITIES OF RIVERS AND STREAMS AT SOUTH SIBERIA MTS 101

Батурина Н.С. СООБЩЕСТВА МАКРОЗООБЕНТОСА ГОРНЫХ ВОДОТОКОВ ЮЖНОЙ СИБИРИ 101

Bazarsadueva S.V., Taraskin V.V., Radnaeva L.D. FATTY ACID COMPOSITION OF DEEPWATER BAIKAL SPONGES FROM HYDROTHERMAL DISCHARGE AREA 102

Базарсадуева С.В., Тараскин В.В., Раднаева Л.Д. ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ГЛУБОКОВОДНЫХ БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК ИЗ ЗОНЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ 102

Bazhenova O.P. TO THE QUESTION OF THE CRITERIA FOR IDENTIFYING A RARE SPECIES OF ALGAE ON THE EXAMPLE OF WATER BODIES OF OMSK PRIIRTYSHYE 103

Баженова О.П. К ВОПРОСУ О КРИТЕРИЯХ ВЫДЕЛЕНИЯ РЕДКИХ ВИДОВ ВОДОРОСЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ 103

Bazova N.V., Bazov A.V., Borisova N.G. LONG-TERM HYDROBIOLOGICAL MONITORING (1919-2017) AS A BASIS OF ECOLOGICAL SECTURITY OF CATCHMENT AREA OF THE SELENGA RIVER (MAIN TRUBUTARY OF LAKE BAIKAL) 104

Базова Н.В., Базов А.В., Борисова Н.Г. ДОЛГОВРЕМЕННЫЙ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ (1919-2017 ГГ.) – ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДНОГО БАССЕЙНА РЕКИ СЕЛЕНГИ (ГЛАВНОГО ПРИТОКА ОЗ. БАЙКАЛ). 104

Belkina N.A., Strahovenko V.D., Kulik N.V., Efremenko N.A., Subetto D.A. FORMATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF MODERN LACUSTRINE DEPOSITS OF ONEGO LAKE 104

Белкина Н.А., Страховенко В.Д., Кулик Н.В., Ефременко Н.А., Субетто Д.А. ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СОВРЕМЕННЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА 105

Belov S.Yu. DEVELOPMENT OF APPROACHES AND METHODS FOR MONITORING THE STATUS OF ECOSYSTEMS BY REMOTE SENSING IN THE SHORT-WAVE RANGE OF RADIO WAVES. 105

Белов С.Ю. РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ И МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ ДИСТАНЦИОННЫМ ЗОНДИРОВАНИЕМ В КОРОТКОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ РАДИОВОЛН. 105

Bessudova A.Yu., Firsova A.D. SCALED CHRYSOPHYTES AND THEIR STOMATOCYSTS IN THE MOUTHS OF THE KICHERA AND THE UPPER ANGARA RIVERS AND IN THE CHANNELS OF THE NORTH BAIKAL SOR 106

Бессудова А.Ю., Фирсова А.Д. ЧЕШУЙЧАТЫЕ ХРИЗОФИТОВЫЕ И ИХ СТОМАТОЦИСТЫ В РАЙОНЕ УСТЬЕВ РЕК КИЧЕРА, ВЕРХНЯЯ АНГАРА И ПРОРВАХ СЕВЕРО-БАЙКАЛЬСКОГО СОРА 107

Blinov V.V., Granin N.G., Mizandrontsev I.B., Tomberg I.V., Sinyukovich V.N., Gnatovsky R.Yu., Zhdanov A.A. THE INCREASE OF mineralization IN UNDER-ICE LAYER OF WATER IN SOUTHERN BAIKAL, ION BALANCE. 108

Блинов В.В., Гранин Н.Г., Мизандронцев И.Б., Томберг И.В., Синюкович В.Н., Гнатовский Р.Ю., Жданов А.А. ПОВЫШЕНИЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ПОДЛЕДНОМ СЛОЕ ВОД ЮЖНОГО БАЙКАЛА, ИОННЫЙ БАЛАНС 108

Bobrov V.A., Budashkina V.V., Shcherbov B.L. USE OF THE ELEMENT COMPOSITION OF MADACULAR DUST AS A NATURAL ARCHIVE OF THE LONGTERM ATMOSPHERIC EMISSIONS OF HEAVY METALS OF ANTHROPOGENE ORIGIN 108

Бобров В.А., Будашкина В.В., Щербов Б.Л. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ЧЕРДАЧНОЙ ПЫЛИ В КАЧЕСТВЕ ПРИРОДНОГО АРХИВА ДОЛГОВРЕМЕННЫХ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ АНТРОПОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ 109

Bogdanov B.E. ICHTHYOFAUNA OF THE BAIKAL WATER SYSTEM: MODERN STRUCTURE AND HISTORY OF FORMATION 110

Богданов Б.Э. ИХТИОФАУНА СИСТЕМЫ ВОД БАЙКАЛА: СОВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА И ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ 111

Bogdanov B.E., Teterina V.I., Kirilchik S.V. ECOLOGICAL FORMS OR YOUNG SPECIES: THE PHENOMENON OF MODERN SPECIATION IN LAKE BAIKAL USING THE EXAMPLE OF COTTOID FISH OF GENERA *CYPHOCOTTUS* AND *BATRACHOCOTTUS* 111

Богданов Б.Э., Тетерина В.И., Кирильчик С.В. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМЫ ИЛИ МОЛОДЫЕ ВИДЫ: ФЕНОМЕН СОВРЕМЕННОГО ВИДООБРАЗОВАНИЯ В БАЙКАЛЕ НА ПРИМЕРЕ КОТТОИДНЫХ РЫБ РОДОВ *BATRACHOCOTTUS* И *CYPHOCOTTUS* 112

Bolgov M.V. ABOUT THE PROBLEM OF LEVEL CONTROL OF LAKE BAIKAL 112

Болгов М.В. О ПРОБЛЕМЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ 113

Bolotova N.L. PECULIARITIES OF ANTHROPOGENIC SUCCESSIONS OF THE DIFFERENT TYPE LAKE ECOSYSTEMS 113

Болотова Н.Л. ОСОБЕННОСТИ АНТРОПОГЕННЫХ СУКЦЕССИЙ РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ 114

Bondarenko N., Vorobyova S., Zhuchenko N., Golobokova L. A CURRENT STATE OF LAKE BAIKAL SHALLOW PHYTOPLANKTON, SPRING 2017 114

Бондаренко Н.А., Воробьева С.С., Жученко Н.А., Голобокова Л.П. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИБРЕЖНОГО ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕРА БАЙКАЛ, ВЕСНА 2017 115

Bukhchuluun Ts., Baigal-Amar T. DIATOM STUDY IN KHARA RIVER BASIN, MONGOLIA 116

Bukin S.V., Pavlova O.N., Kalmychkov G.V., Ivanov V.G., Pogodaeva T.V., Galach'yants Yu.P., Bukin Yu.S., Khabuev A.V., Zemskaya T.I. SUBSTRATE SPECIFICITY OF METHANOGENIC COMMUNITIES FROM LAKE BAIKAL BOTTOM SEDIMENTS ASSOCIATED WITH HYDROCARBON GAS DISCHARGE 116

Букин С.В., Павлова О.Н., Калмычков Г.В., Иванов В.Г., Погодаева Т.В., Галачьянц Ю.П., Букин Ю.С., Хабуев А.В., Земская Т.И. ПРОЦЕССЫ БИОГЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕРА БАЙКАЛ 117

Bukin Yu.S., Voylo M.A., Kravtsova L.S. BARCODE DNA TO IDENTIFY SPECIES OF NONBITING MIDGES OF *CRICOTOPUS* (DIPTERA: CHIRONOMIDAE) 117

Букин Ю.С., Войло М.А., Кравцова Л.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДНК БАРКОДА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВИДОВ ЛИЧИНОК ХИРОНОМИД РОДА *CRICOTOPUS* 118

Burdiyan N.V., Borovkov A.B., Tihonova E.A., Alemov S.V. MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF BOTTOM SEDIMENTS FROM SIVASH BAY (CRIMEAN) 118

Бурдиян Н.В., Боровков А.Б., Тихонова Е.А., Алемов С.В. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАЛИВА СИВАШ (КРЫМ) 118

Butina T.V., Bukin Y.S., Tupikin A.E., Kabilov M.R., Belikov S.I. METAGENOMIC ANALYSIS OF VIRAL DIVERSITY IN LAKE BAIKAL 119

Бутина Т.В., Букин Ю.С., Тупикин А.Е., Кабилов М.Р., Беликов С.И. МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ РАЗНООБРАЗИЯ ВИРУСОВ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ 120

Bystrova K.A., Murzina S.A., Nefedova Z.A., Pekkoeva S.N., Ruokolainen T.R., Nemova N.N. LIPIDS AND FATTY ACID PROFILES OF MUSCLES AND LIVER OF SMOLTS OF THE BROWN TROUT (*SALMO TRUTTA* L.) (KOLA PENINSULA) 120

Быстрова К.А., Мурзина С.А., Нефедова З.А., Пеккоева С.Н., Руоколайнен Т.Р., Немова Н.Н. ЛИПИДНЫЙ И ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МЫШЦ И ПЕЧЕНИ СМОЛТОВ КУМЖИ (*SALMO TRUTTA* L.) (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ) 121

Chekmareva E.A. THERMOVISION SURVEY ON WATER OBJECTS: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES 121

Чекмарева Е.А. ТЕПЛОВИЗЕРНАЯ СЪЕМКА НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ: ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ 122

Cherniaev G.A. ON THE TRYNITY FUNCTION OF THE BIOCHIMICAL MARKER FOR THE EGGS OF COREGONID FISHES (COREGONIDAE) – CYTOCHROME B 560 IN EMBRIOGENESIS 122

Черняев Ж.А. О ТРИЕДИНОЙ ФУНКЦИИ БИОХИМИЧЕСКОГО МАРКЕРА ИКРЫ РЫБ СЕМЕЙСТВА СИГОВЫХ (COREGONIDAE) ЦИТОХРОМА β -560 В ЭМБРИОГЕНЕЗЕ 122

Chernyshov M.S., Sinyukovich V.N. PARAMETERS OF THE WATER LEVEL REGIME IN LAKE BAIKAL BASED ON THE DATA OF PRE-INSTRUMENTAL PERIOD 123

Чернышов М.С., Синюкович В.Н. ПАРАМЕТРЫ УРОВЕННОГО РЕЖИМА ОЗ. БАЙКАЛ С УЧЕТОМ ДАННЫХ ДОИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПЕРИОДА 124

Chernogor L.I., Feranchuk S.I., Belkova N.L., Klimenkova E.S., Khanaev I.V., Belikov S.I. APPLICATION OF THE MODEL CELL CULTURE OF PRIMMORPHS IN THE CONDITIONS OF MASS DEATH OF BAIKAL SPONGES 124

Черногор Л.И., Феранчук С.И., Белькова Н.Л., Клименко Е.С., Ханаев И.В., Беликов С.И. ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЬНОЙ КЛЕТОЧНОЙ КУЛЬТУРЫ ПРИММОРФ В УСЛОВИЯХ МАССОВОЙ ГИБЕЛИ БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК 125

Chuiko G.M. MODERN APPROACH FOR THE DETERMINATION OF AREAS OF WATER BODIES CONTAMINATED WITH POPs (PCB, DDT AND ITS METABOLITES, HCCH ISOMERS) FROM ORGANIZED LOCAL SOURCES AND DIFFUSIVE RUNOFF 125

Чуйко Г.М. СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЙОНОВ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ СОЗ (ПХБ, ДДТ И ЕГО МЕТАБОЛИТЫ, ИЗОМЕРЫ ГХЦГ) ИЗ ОРГАНИЗОВАННЫХ ЛОКАЛЬНЫХ СТОКОВ И НЕОРГАНИЗОВАННЫХ ДИФФУЗНЫХ ИСТОЧНИКОВ 125

Chuparina E.V., Azovsky M.G. ACCUMULATION OF METALS BY MACROPHYTES IN THE BRATSK WATER RESERVOIR 126

Чупарина Е.В., Азовский М.Г. НАКОПЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ МАКРОФИТАМИ БРАТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА 126

Churilova T., Moiseeva N., Latushkin A., Usoltseva M., Titova L., Gnatovsky R., Blinov V., Suslin V. DEVELOPMENT OF OPERATIVE ECOLOGICAL MONITORING BASED ON REMOTE SENSING DATA: PRELIMINARY RESULTS OF INVESTIGATION OF BIOOPTICAL PROPERTIES OF LAKE BAIKAL IN JULY 2018 127

Чурилова Т.Я., Моисеева Н.А., Латушкин А.А., Усольцева М.В., Титова Л.А., Гнатовский Р. Ю., Блинов В.В., Суслин В.В. РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПО СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗВЕНЧИВОСТИ БИООПТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЗЕРА БАЙКАЛ В ИЮЛЕ 2018 127

Darkazanli M., Kiseleva I. DETECTION OF PATHOGENIC *E. COLI* AND *E. COLI O157:H7* FROM ALEPPO RIVER WATER USING RAPD METHOD 128

Datsenko Y.S., Puklakov V.V., Edelstein K.K. LONG-TERM ASSESSMENT OF THE SYNOPTIC CONDITIONS INFLUENCE ON THE PHYTOPLANKTON GROWTH INTENSITY IN THE MOZHAISK RESERVOIR 129

Даценко Ю.С., Пуклаков В.В., Эдельштейн К.К. МНОГОЛЕТНЯЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СИНОПТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В МОЖАЙСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ 129

Denisov D.B., Terentev P.M., Valkova S.A. BIODIVERSITY DYNAMIC OF THE LARGE ARCTIC LAKES (ON THE EXAMPLE OF IMANDRA LAKE) 130

Денисов Д.Б., Терентьев П.М., Валькова С.А. ДИНАМИКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ КРУПНЫХ ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЕМОВ АРКТИКИ (НА ПРИМЕРЕ ОЗ. ИМАНДРА) 130

Diaz-de-Quijano D., Ivanova E.A., Anischenko O.V. ATMOSPHERIC NITROGEN DEPOSITION AND ITS EFFECTS ON ERGAKI MOUNTAIN LAKES (WEST SAYAN MOUNTAINS) 131

Dmitrieva D.A. GROWTH AND DIET OF ASP (*ASPIUS ASPIUS* L.) IN THE RYBINSK RESERVOIR 132

Дмитриева Д.А. РОСТ И ПИТАНИЕ ЖЕРЕХА (*ASPIUS ASPIUS* L.) В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ 132

Domysheva V.M., Sakirko M.V., Usoltseva M.V., Khodzher T.V. DYNAMICS OF MINERAL FORMS OF NITROGEN IN THE WATER OF LAKE BAIKAL 133

Домышева В.М., Сакирко М.В., Усольцева М.В., Ходжер Т.В. ДИНАМИКА МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ АЗОТА В ВОДЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ 133

Drozdova P., Bedulina D., Saranchina A., Timofeyev M. SEARCH FOR MOLECULAR MECHANISMS OF THE BODY COLORATION BEHIND OF *EULIMNOGAMMARUS CYANEUS* (DYBOWSKY, 1874) 134

Дроздова П.Б., Бедулина Д.С., Саранчина А.Е., Тимофеев М.А. ПОИСК МОЛЕКУЛЯРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ОКРАСКИ ТЕЛА *EULIMNOGAMMARUS CYANEUS* (DYBOWSKY, 1874) 134

Dulmaa A., Urgamal M. BIODIVERSITY OF WATER VASCULAR PLANTS OF MONGOLIA AND CONSERVATION STATUS 134

Dyomin V.V., Davydova A.Yu., Morgalev Yu. N., Olshukov A.S., Polovtsev I.G. MONITORING OF PLANKTON MOTOR ACTIVITY WITH THE USE OF DIGITAL HOLOGRAPHY AS A TECHIQUE FOR BIOINDICATION OF WATER ECOSYSTEMS POLLUTION 135

Дёмин В.В., Давыдова А.Ю., Моргалев Ю. Н., Ольшуков А.С., Половцев И.Г. МОНИТОРИНГ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПЛАНКТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОЙ ГОЛОГРАФИИ, КАК СПОСОБ БИОИНДИКАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ 135

Dyomin V.V., Davydova A.Yu., Olshukov A.S., Polovtsev I.G. PLANKTON BIODIVERSITY MONITORING WITH THE USE OF DIGITAL HOLOGRAPHIC CAMERA 136

Дёмин В.В., Давыдова А.Ю., Ольшуков А.С., Половцев И.Г. МОНИТОРИНГ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ПЛАНКТОНА С ПОМОЩЬЮ ПОГРУЖАЕМОЙ ЦИФРОВОЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ 137

Dyomin V.V., Suslayev V.I., Polovtsev I.G., Olshukov A.S., Davydova A.Yu., Zhuravlev V.A., Korovin E.Yu., Tretiakov A.S., Dotsenko O.A., Kochetkova T.D., Pavlova A.A. SET OF HARDWARE-SOFWARE COMPLEXES FOR INVESTIGATION OF AQUATIC ENVIRONMENT IN EVALUATION OF BIORESOURCES AND ECOLOGICAL SITUATION 137

Дёмин В.В., Сусляев В.И., Половцев И.Г., Ольшуков А.С., Давыдова А.Ю., Журавлев В.А., Коровин Е.Ю., Третьяков А.С., Доценко О.А., Кочеткова Т.Д., Павлова А.А. ЛИНЕЙКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ БИОРЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ 138

Efimova L., Sharapova E., Efimov V., Chalov S. BIOGENIC ELEMENTS IN THE WATER OF MONGOLIAN PART OF SELENGA RIVER BASIN 138

Ефимова Л.Е., Шарапова Е.О., Ефимов В.А., Чалов С.Р. БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В РЕЧНЫХ ВОДАХ МОНГОЛЬСКОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА СЕЛЕНГИ 139

Eropova I.O., Takhteev V.V. MACROZOOBENTHOS OF THE SOME THERMAL SPRINGS OF NORTHERN BAIKAL AND BARGUZIN VALLEY IN EARLY SPRING 139

Еропова И.О., Тахтеев В.В. МАКРОЗООБЕНТОС НЕКОТОРЫХ ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ СЕВЕРНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ И БАРГУЗИНСКОЙ ДОЛИНЫ В РАННЕВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 140

Fedorov Yu.A., Dmitrik L.Yu., Nazarenko O.V., Predeina L.M., Dotsenko I.V. IRON: FORMS OF MIGRATION AND STAY IN THE WATER FOR MEGAPROFIL “MINE WATER – THE RIVER DON AND AZOV SEA” 140

Федоров Ю.А., Дмитрик Л.Ю., Назаренко О.В., Предеина Л.М., Доценко И.В. ЖЕЛЕЗО: ФОРМЫ МИГРАЦИИ И НАХОЖДЕНИЯ В ВОДЕ ПО МЕГАПРОФИЛЮ «ШАХТНЫЕ ВОДЫ – РЕКА ДОН – АЗОВСКОЕ МОРЕ» 141

Fedorova G.A., Glyzina O.Yu., Avezova T.N., Belikova A.S., Medvezhonkova O.V., Timoshkin O.A. PIGMENT COMPOSITION OF BAIKAL SPONGE ALGOSYMBIONTS AS IDENTIFICATION OF SPONGE SYMBIOTIC COMMUNITY STATE 142

Федорова Г.А., Глызина О.Ю., Авезова Т.Н., Беликова А.С., Медвежонкова О.В., Тимошкин О.А. ПИГМЕНТНЫЙ СОСТАВ АЛЬГОСИМБИОНТОВ БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК КАК ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ СИМБИОТИЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА 142

Fefilova E.B., Evstigneeva T.D., Mayor T.Yu. BAIKAL HARPACTICOIDS (CRUSTACEA: COPEPODA: HARPACTICOIDA): RESEARCH PROMISES 143

Фефилова Е.Б., Евстигнеева Т.Д., Майор Т.Ю. ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАРПАКТИЦИД (CRUSTACEA: COPEPODA: HARPACTICOIDA) БАЙКАЛА 143

Flerova E.A. FEATURES OF THE CELL MESONEPHROS ANADROMOUS SALMONID SPECIES 144

Флёрова Е.А. ОСОБЕННОСТИ КЛЕТОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МЕЗОНЕФРОСА АНАДРОМНЫХ ВИДОВ ЛОСОСЕВЫХ 144

Fokina N.N., Nemova N.N. CHANGES IN PHOSPHOLIPID FATTY ACID COMPOSITION OF *ANODONTA* SPP. GILLS UNDER CADMIUM AND NICKEL EFFECTS 145

Фокина Н.Н., Немова Н.Н. ИЗМЕНЕНИЯ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СПЕКТРА ФОСФОЛИПИДОВ ЖАБР *ANODONTA* SPP. ПОД ДЕЙСТВИЕМ КАДМИЯ И НИКЕЛЯ 145

Frolova L.A., Nigamatzyanova G.R. ZOOPLANKTON COMMUNITIES OF ARCTIC TUNDRA WATER BODIES IN THE LENA RIVER DELTA 146

Фролова Л.А., Нигаматзянова Г.Р. ЗООПЛАНКТОННЫЕ СООБЩЕСТВА АРКТИЧЕСКИХ ТУНДРОВЫХ ВОДОЕМОВ В ДЕЛЬТЕ РЕКИ ЛЕНЫ 146

Frolova L.A., Andreev A.A., Palagushkina O.V., Zinnatova E.A., Nurgaliev D.K. A MULTIPROXY RECORD OF HOLOCENE ENVIRONMENTAL CHANGES FROM THE LAKE PLESHCHEYEVO SEDIMENTS (CENTRAL RUSSIA) 147

Фролова Л.А., Андреев А.А., Палагушкина О.В., Зиннатова Э. А., Нургалиев Д.К. ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА ПЛЕЩЕЕВО (ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛАСТЬ) 147

Gaevski N.A., Belykh O.I., Gorbaneva T.B., Andronov K.Yu. VERTICAL DISTRIBUTION OF PHYTOPLANKTON`S fLUORESCENCE AND EFFICIENCY OF THE PHOTOSYSTEM II IN THE SOUTHERN AND CENTRAL PARTS OF BAIKAL LAKE 148

Гаевский Н.А., Белых О.И., Горбанева Т.Б., Андронов К.Ю. ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОТОСИСТЕМЫ II В ЮЖНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТЯХ ОЗЕРА БАЙКАЛ 148

Gagarinova O.V., Orlova I.I. WATER PROTECTION ZONE OF THE LAKE BAIKAL - SCIENTIFIC, LEGAL AND ENVIRONMENTAL ASPECTS 149

Гагаринова О.В., Орлова И.И. ВОДООХРАННАЯ ЗОНА ОЗЕРА БАЙКАЛ – НАУЧНЫЕ, ПРАВОВЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ 150

Galach'yants A.D., Sukhanova E.V., Galach'yants Yu.P., Suslova M.Yu., Shtykova Yu.R., Zimens E.A., Belykh O.I. DIVERSITY AND ABUNDANCE OF THE LAKE BAIKAL BACTERIONEUSTON IN SUMMER PERIOD 150

Галачьянц А.Д., Суханова Е.В., Галачьянц Ю.П., Суслова М.Ю., Штыкова Ю.Р., Зименс Е.А., Белых О.И. РАЗНООБРАЗИЕ И ЧИСЛЕННОСТЬ БАКТЕРИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО МИКРОСЛОЯ ВОДЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 151

Galakhina N.E., Lozovik P.A. POLLUTION OF WATER BODIES AND RATIONING THE PERMISSIBLE ANTHROPOGENIC LOAD ON THEM TAKING INTO ACCOUNT REGIONAL PECULIARITIES OF SURFACE WATER 152

Галахина Н.Е., Лозовик П.А. ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И НОРМИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НИХ С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД 152

Gasarov P.V., Tyagun M.L., Makarov M.M., Vornholt M.A., Kulikov V.A., Glyzina O.Yu., Yakhnenko V.M., Belkova N.L., Wanzenböck Jo., Sukhanova L.V., Sapozhnikova Yu.P. EFFECTS OF INTENSIVE TECHNOGENIC SOUND ON ACOUSTIC BEHAVIOR AND SENSORY EPITHELIUM OF OF PELED (*COREGONUS PELED*) 153

Hambaryan L.R., Mamyan A.S., Khachikyan T.G., Stepanyan L.G. STUDIES OF THE HORIZONTAL DISTRIBUTION OF PHYTOPLANKTON IN LAKE SEVAN (ARMENIA) 153

Гамбарян Л.Р., Мамян А.С., Хачикян Т.Г., Степанян Л.Г. ИССЛЕДОВАНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕРА СЕВАН (АРМЕНИЯ) 153

Gerasimov Yu.V., Krylov A.V., Airapetyan A.O., Kosolapov D.B., Ovsepyan A.A., Gabrielyan B.K. TRANSFORMATION OF THE ECOSYSTEM OF A LARGE MOUNTAINOUS LAKE (SEVAN, ARMENIA) UNDER DIFFERENT ANTHROPOGENIC LOAD 154

Герасимов Ю.В., Крылов А.В., Айрапетян А.О., Косолапов Д.Б., Овсепян А.А., Габриелян Б.К. ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОСИСТЕМЫ КРУПНОГО ГОРНОГО ОЗЕРА (СЕВАН, АРМЕНИЯ) ПРИ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ 154

Glyzina O.Yu., Sapozhnikova Yu.P., Yakhnenko V.M., Glyzin L.A., Tyagun M.L., Belkova N.L., Fedorova G.A., Adamovich S.N., Itskovich V.B., Sullip Kumar Majhi, Avezova T.N., Sukhanova L.V. USE OF COLD WATER RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM IN MULTIDISCIPLINARY RESEARCH OF FRESHWATER ORGANISMS 155

Глызина О.Ю., Сапожникова Ю.П., Яхненко В.М., Глызин Л.А., Тягун М.Л., Белькова Н.Л., Федорова Г.А., Адамович С.Н., Ицкович В.Б., Sullip Kumar Majhi, Авезова Т.Н., Суханова Л.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХОЛОДНОВОДНЫХ УСТАНОВОК ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРЕСНОВОДНЫХ ГИДРОБИОНТОВ 156

Golobokova L.P., Khuriganova O.I., Onischuk N.A., Khodzher T.V. LONG-TERM RESEARCHES OF NEAR-WATER AEROSOL OVER BAIKAL AQUATORIES (2010-2017) 157

Голобокова Л.П., Хуриганова О.И., Онищук Н.А., Ходжер Т.В. МНОГОЛЕТНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИВОДНОГО АЭРОЗОЛЯ НАД АКВАТОРИЕЙ БАЙКАЛА (2010-2017 гг.) 157

Golova V.G., Mikhailova L.V., Bondar' M.S. DEPENDENCE OF TAXONOMIC COMPOSITION AND QUANTITATIVE INDICATORS OF MACROZOOBENTOS ON TYPE AND POLLUTION OF BOTTOM SEDIMENTS IN INTRA-BOG LAKES IN MIDDLE OB REGION 158

Голова В.Г., Михайлова Л.В., Бондарь М.С. ЗАВИСИМОСТЬ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАКРОЗООБЕНТОСА ОТ ТИПА И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВНУТРИБОЛОТНЫХ ОЗЕР СРЕДНЕГО ПРИОБЪЯ 158

Gomboev B.O., Batomunkuev V.S., Ulzetueva I.D., Zhamyanov D.Ts.-D. CRITICAL PARAMETERS OF NEGATIVE NATURAL AND ANTHROPOGENIC IMPACT ON LAKE BAIKAL ECOSYSTEM 159

Гомбоев Б.О., Батомункуев В.С., Ульзетуева И.Д., Жамьянов Д.Ц-Д. КРИТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФАКТОРОВ НЕГАТИВНОГО ПРИРОДНОГО И АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОСИСТЕМУ ОЗ. БАЙКАЛ 159

Goncharov A.V., Marynskiy V.V., Chalov S.R. BIOLOGICAL INDICATION OF POLLUTION OF SELENGA RIVER IN THE AREA OF ULAN-UDE AND MODONKUL RIVER IN ZAKAMENSK FROM THE STATE OF BOTTOM BIOCENOSES. 160

Гончаров А.В., Марьинский В.В. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ Р. СЕЛЕНГИ В РАЙОНЕ Г. УЛАН-УДЭ И Р. МОДОНКУЛЬ В Г. ЗАКАМЕНСКЕ – ПО СОСТОЯНИЮ ДОННЫХ БИОЦЕНОЗОВ. 160

Goncharov A.V., Marynskiy V.V., Chalov S.R. FEATURES OF ZOOBENTHOS DISTRIBUTION IN THE DELTA OF THE SELENGA RIVER 161

Гончаров А.В., Марьинский В.В., Чалов С.Р. ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗООБЕНТОСА В ДЕЛЬТЕ Р. СЕЛЕНГИ 162

Goncharov A.V., Grechushnikova M. G., Kremenetskaya E. R. EVALUATION OF THE PRODUCTIVE AND DESTRUCTIVE CHARACTERISTICS OF THE WATER RESERVOIR BY OXYGEN METHOD USING AN AUTOMATED DEVICE. 162

Гончаров А.В., Гречушникова М.Г., Кременецкая Е.Р. ОЦЕНКА ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОЕМА КИСЛОРОДНЫМ МЕТОДОМ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА. 163

Gorin S.L., Koval M.V., Popryadukhin A.A., Stepanenko V.M. COASTAL LAKES OF THE KAMCHATKA PENINSULA: VARIETY OF THE HYDROLOGICAL CONDITIONS CREATED BY RIVERS, TIDES, LOCAL CLIMATE AND COASTAL PROCESSES 163

Горин С.Л., Коваль М.В., Попрядухин А.А., Степаненко В.М. ЛАГУННЫЕ ОЗЕРА НА БЕРЕГАХ КАМЧАТКИ: РАЗНООБРАЗИЕ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РЕЧНОГО СТОКА, МОРСКИХ ПРИЛИВОВ, ХОЛОДНОГО КЛИМАТА И АКТИВНОЙ МОРФОДИНАМИКИ 163

Grechushnikova M.G., Repina I.A., Stepanenko V.M., Kazantsev V.S., Artamonov A.Yu., Lomov V.A. METHANE EMISSION FROM THE SURFACE OF VALLEY TYPE RESERVOIR.....164

Гречушникова М.Г., Репина И.А., Степаненко В.М., Казанцев В.С., Артамонов А.Ю., Ломов В.А. ЭМИССИЯ МЕТАНА С ПОВЕРХНОСТИ ДОЛИННОГО ВОДОХРАНИЛИЩА 165

Grigoriev A.G., Kolka V.V. USING OF BROMINE AS AN INDICATOR OF PALEOSALINITY BASED ON RESEARCH OF ONE OF THE LAKES OF KARELIAN COAST OF THE WHITE SEA.....166

Григорьев А.Г., Колька В.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BR КАК ИНДИКАТОРА ИЗМЕНЕНИЯ ПАЛЕОСОЛЁНОСТИ ВОДОЁМОВ НА ПРИМЕРЕ ОДНОГО ИЗ ОЗЕР КАРЕЛЬСКОГО БЕРЕГА БЕЛОГО МОРЯ. 166

Grigorieva I.L., Komissarov A.B., Kuzovlev V.V., Chekmariova E.A. THE CHANGING OF HYDROECOLOGICAL CONDITION OF WATER OBJECTS UNDER THE THERMAL POLLUTION 167

Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Кузовлев В.В., Чекмарёва Е.А. ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ТЕПЛОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ 167

Gorbatov E.S., Rasskazov A.A. PROBLEMS AND PERSPECTIVES OF LIMNOGEOLOGY 168

Горбатов Е.С., Рассказов А.А. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЛИМНОГЕОЛОГИИ 169

Gurkov A.N., Borvinskaya E.V., Shchapova E.P., Rzhechitskiy Y.A., Meglisnki I.V., Timofeyev M.A. *IN VIVO* PH MONITORING IN THE CIRCULATORY SYSTEM OF FISHES AND CRUSTACEANS USING A MICROENCAPSULATED FLUORESCENT PROBE 169

Гурков А.Н., Борвинская Е.В., Щапова Е.П., Ржечицкий Я.А., Меглинский И.В., Тимофеев М.А. ПРИЖИЗНЕННЫЙ МОНИТОРИНГ PH В КРОВЕНОСНОЙ СИСТЕМЕ РЫБ И РАКООБРАЗНЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОИНКАПСУЛИРОВАННОГО ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО СЕНСОРА.....170

Ibragimova A.G., Frolova L.A., Kosareva L.R., Nurgaliev D.K. RECONSTRUCTION OF THE PAST CONDITIONS OF IVANOVO REGION USING SUBFOSSIL CLADOCERA ANALYSIS OF LAKE RUBSKOYE 170

Ieshko E.P., Murzina S.A., Shchurov I.L., Shirokov V.A., Zotin A.A. FRESHWATER PEARL MUSSEL *MARGARITIFERA MARGARITIFERA* L. IN THE MUTKAJOKI RIVER (PAANAJARVI NATIONAL PARK) 171

Иешко Е.П., Мурзина С.А., Щуров И.Л., Широков В.А., Зотин А.А. ПРЕСНОВОДНАЯ ЖЕМЧУЖНИЦА *MARGARITIFERA MARGARITIFERA* L. В РЕКЕ МУТКАЙОКИ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК ПААНОЯРВИ).....171

Itskovich V.B., Yakhnenko A.S., Sokolova A.M., Erpenbeck D. SPECIES IDENTIFICATION OF FRESHWATER SPONGES (PORIFERA) BASED ON MULTILOCUS ANALYSIS 171

Ivacheva M.A., Tikhonova I.V., Kuzmin A.V., Nikonova A.A., Potapov S.A., Zimens E.A., Belykh O.I. BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES PRODUCED BY A BENTHIC BACTERIUM *SYNECHOCOCCUS* SP. BF2.....172

Ивачева М.А., Тихонова И.В., Кузьмин А.В., Никонова А.А., Потапов С.А., Зименс Е. А., Белых О.И. БИОЛОГИЧЕСКИЕ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА, ПРОДУЦИРУЕМЫЕ БЕНТОСНОЙ ЦИАНОБАКТЕРИЕЙ *SYNECHOCOCCUS* SP. BF2.....172

Izimetova M.F. HYDROCHEMICAL REGIME OF SOME BRACKISH AND SALINE LAKES OF THE CHELYABINSK REGION 173

Изиметова М.Ф. ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ НЕКОТОРЫХ СОЛОНОВАТЫХ И СОЛЁНЫХ ОЗЕР ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ.....173

Izosimova O.N. A METHOD FOR CONTROL OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS IN THE LAKE BAIKAL WATER 174

Изосимова О.Н. МЕТОД КОНТРОЛЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОДЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ.....174

Kalinkina N.M., Sidorova A.I. INVASION OF BAIKALIAN AMPHIPOD *GMELINOIDES FASCIATUS* STEBBING INTO LAKE ONEGO: ADAPTATION AND FUNCTIONING.....175

Калинкина Н.М., Сидорова А.И. ВСЕЛЕНИЕ В ОНЕЖСКОЕ ОЗЕРО БАЙКАЛЬСКОЙ АМФИПОДЫ *GMELINOIDES FASCIATUS* STEBBING: АДАПТАЦИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ 175

Kalitina E.G., Kharitonova N.A. MICROBIAL COMMUNITY OF THE KULDUR HOT SPRINGS AND THEIR ROLE IN THE ACCUMULATION OF TRACE ELEMENTS AND MINERAL FORMATION 176

Калитина Е.Г., Харитонова Н.А. МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА КУЛЬДУРСКИХ ГОРЯЧИХ ИСТОЧНИКОВ И ИХ РОЛЬ В НАКОПЛЕНИИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИИ 176

Kanaya G., Yadrenkina E.N., Okano J., Shikano S., Yurlova N.I. INTERANNUAL CHANGES IN δ^{15}N-BASELINE AND TROPHIC STRUCTURE IN A WEST SIBERIAN FOREST-STEPPE LAKE-SWAMP-STREAM FOOD WEB: COMPARISON BETWEEN DROUGHT AND FLOOD YEARS 177

Karnaukhova G.A. MANAGED LEVEL MODE AS A LEADING FACTOR OF THE CYCLICITY OF TRANSGRESSIVE-REGGRESSIVE SEDIMENTATION IN THE WATER RESERVOIRS OF THE ANGARA CASCADE 178

Карнаухова Г.А. УПРАВЛЯЕМЫЙ УРОВЕННЫЙ РЕЖИМ КАК ВЕДУЩИЙ ФАКТОР ЦИКЛИЧНОСТИ ТРАНСГРЕССИВНО-РЕГРЕССИВНОГО ОСАДКООБРАЗОВАНИЯ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ АНГАРСКОГО КАСКАДА 179

Karnaukhov D.Yu., Dolinskaya E.M., Biritskaya S.A., Silow E.A. SOME FEATURES OF THE HORIZONTAL MIGRATORY ACTIVITY OF THE PELAGIC AMPHIPOD *MACROHECTOPUS BRANICKII* (DYB.) IN THE LITTORAL ZONE OF LAKE BAIKAL 180

Карнаухов Д.Ю., Долинская Е.М., Бирицкая С.А., Зилов Е.А. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ МИГРАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ПЕЛАГИЧЕСКОЙ АМФИПОДЫ *MACROHECTOPUS BRANICKII* (DYB.) В ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЕ ОЗ. БАЙКАЛ 180

Karnaukhov D.Yu., Rusanovskaya O.O., Shimaraeva S.V., Silow E.A. DYNAMICS OF THE PELAGIC AMPHIPOD *MACROHECTOPUS BRANICKII* (DYB.) NUMBERS AT THE PELAGIC STATIONARY POINT OF LAKE BAIKAL 180

Карнаухов Д.Ю., Русановская О.О., Шимараева С.В., Зилов Е.А. ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ПЕЛАГИЧЕСКОЙ АМФИПОДЫ *MACROHECTOPUS BRANICKII* (DYB.) НА ПЕЛАГИЧЕСКОЙ СТАЦИОНАРНОЙ ТОЧКЕ В ОЗ. БАЙКАЛ 181

Kazakov A.V., Kononov E.E., Khlystov O.M., Khabuev A.V. GEOINFORMATION MAPPING OF THE BOTTOM RELIEF OF LAKE BAIKAL 181

Казаков А.В., Кононов Е.Е., Хлыстов О.М., Хабуев А.В. ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ДНА ОЗЕРА БАЙКАЛ 182

Khabuev A.V., Poort J., Kazakov A.V., Pogodaeva T.V., Khlystov O.M. ASSESSMENT OF GAS HYDRATE RESOURCES: CASE STUDY OF THE SEEP “KRASNY YAR”, LAKE BAIKAL 183

Хабуев А.В., Поорт Дж., Казаков А.В., Погодаева Т.В., Хлыстов О.М. РАСЧЕТ РЕСУРСОВ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ НА ПРИМЕРЕ СИПА «КРАСНЫЙ ЯР», ОЗЕРО БАЙКАЛ 183

Khalzov I.A., Mekhanikova I.V., Sitnikova T.Ya. ECTOSYMBIOTIC CONSORTIA OF INFUSORIA AND PROKARYOTES ASSOCIATED WITH AMPHIPODS INHABITING THE UNDERWATER HYDROTHERMAL VENT FROLIKHA (LAKE BAIKAL) 184

Хальзов И.А., Механикова И.В., Ситникова Т.Я. ЭКТОСИМБИОТИЧЕСКИЕ КОНСОРЦИУМЫ ИНФУЗОРИЙ И ПРОКАРИОТ, АССОЦИИРОВАННЫЕ С АМФИПОДАМИ ПОДВОДНОГО ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ВЕНТА ФРОЛИХА (ОЗ. БАЙКАЛ) 184

Khludnev G.B., Yuriev A.L. BIOLOGY OF NORTHERN PIKE IN THE IRKUTSK RESERVOIR 185

Хлуднев Г.Б., Юрьев А.Л. БИОЛОГИЯ ЩУКИ ИРКУТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА 185

Khlystov O.M., Khabuev A.V., Minami H., Hachikubo A. STUDY OF HYDRATE-BEARING STRUCTURES OF LAKE BAIKAL 186

Хлыстов О.М., Хабуев А.В., Минами Х., Хачикубо А. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГИДРАТОНОСТНЫХ СТРУКТУР ОЗЕРА БАЙКАЛ 186

Kholmogorova N.V. INFLUENCE OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE STRUCTURE OF THE MACROZOOBENTHOS IN THE IZHEVSK WATER RESERVOIR....187

Холмогорова Н.В. ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА СТРУКТУРУ МАКРОЗООБЕНТОСА ИЖЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА....188

Khuriganova O.I., Obolkin V.A., Golobokova L.P., Khodzher T.V. SURFACE OZONE, SO2, NOx AT MONITORING STATIONS OF THE BAIKAL NATURAL TERRITORY....188

Хуриганова О.И., Оболкин В.А., Голобокова Л.П., Ходжер Т.В. ДИНАМИКА ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА, SO_2, NO_x НА СТАНЦИЯХ МОНИТОРИНГА БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ....189

Kirillov V.V. SPATIAL AND TEMPORAL ORGANIZATION OF BAIKAL ECOSYSTEM....190

Кириллов В.В. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОСИСТЕМЫ БАЙКАЛА....190

Klimova Y.S., Chuiko G.M. EFFECTS OF ANAXIA ON THE PARAMETERS OF OXIDATIVE STRESS OF *DREISSENA POLYMORPHA* AND *D. BUGENSIS*....190

Климова Я.С., Чуйко Г.М. ВЛИЯНИЕ АНОКСИИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА *DREISSENA POLYMORPHA* И *D. BUGENSIS*....191

Kokryatskaya N.M., Titova X.V., Shevchenko V.P., Vakhrameeva E.A. DIAGENESIS OF BOTTOM SEDIMENTS OF LAKES OF THE VAIGACH ISLAND....191

Кокрятская Н.М., Титова К.В., Шевченко В.П., Вахрамеева Е.А. ДИАГЕНЕЗ ДОННЫХ ОСАДКОВ ОЗЕР ОСТРОВА ВАЙГАЧ....191

Kondratyeva L.M., Andreeva D.V., Utkina A.N. EFFECT OF FLOOD ON THE CONTENT OF ORGANIC MATTER IN THE AMUR RIVER....192

Кондратьева Л.М., Андреева Д.В., Уткина А.С. ВЛИЯНИЕ НАВОДНЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В РЕКЕ АМУР....193

Kondratyeva L.M., Golubeva E.M. RISK FACTORS OF MERCURY METHYLATION IN RIVER ECOSYSTEMS DURING FREEZE-UP....193

Кондратьева Л.М., Голубева Е.М. ФАКТОРЫ РИСКА МЕТИЛИРОВАНИЯ РТУТИ В РЕЧНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ В ПЕРИОД ЛЕДОСТАВА....194

Konstantinova E.A., Shishkina V.P., Glyzin L.A., Glyzina O.Yu. THE CULTIVATION OF LUBOMIRSKIA BAICALENSIS IN TERMS OF COLD-WATER AQUASTEAM....194

Константинова Е.А., Шишкина В.П., Глызин Л.А., Глызина О.Ю. КУЛЬТИВИРОВАНИЕ *LUBOMIRSKIA BAICALENSIS* В УСЛОВИЯХ ХОЛОДНОВОДНЫХ АКВАУСТАНОВОК....194

Kolpakova E., Shvetsova N. CHLOROPHENOL COMPOUNDS IN FRESHWATER LAKES OF THE EUROPEAN FAR NORTH....195

Колпакова Е.С., Швецова Н.В. ХЛОРФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ В ПРЕСНОВОДНЫХ ОЗЕРАХ ЕРОПЕЙСКОГО КРАЙНЕГО СЕВЕРА....195

Kononov E.E., Khlystov O.M., Kazakov A.V., Khabuev A.V. RIFTOGENIC RELIEF OF SOUTHERN BAIKAL AND ITS MODELING WITH MODERN SEISMOGENIC AND UNDERWATER GRAVITATIONAL PROCESSES....196

Кононов Е.Е., Хлыстов О.М., Казаков А.В., Хабуев А.В. РИФТОГЕННЫЙ РЕЛЬЕФ КОТЛОВИНЫ ЮЖНОГО БАЙКАЛА И ЕГО МОДЕЛИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫМИ СЕЙСМОГЕННЫМИ И ПОДВОДНО-ГРАВИТАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ....197

Kopyrina L.I. ALGAL FLORA OF TIT-ARA ISLANDS (SUBARTIC TUNDRA, YAKUTIA)....198

Копырина Л.И. АЛЬГОФЛОРА ВОДОРОСЛЕЙ ОСТРОВА ТИТ-АРЫ (СУБАРКТИЧЕСКАЯ ТУНДРА, ЯКУТИЯ)....198

Koroleva A.G., Zaytseva E.P., Porfiriev A.G., Kirilchik S.V., Timoshkin O.A. MORPHOLOGY AND MOLECULAR BIOLOGY OF THE ENDEMIC BAIKAL PLANARIA *BAIKALOBIA RADDEI* (PLATHELMINTHES, TRICLADIDA)....199

Королева А.Г., Зайцева Е.П., Порфирьев А.Г., Кирильчик С.В., Тимошкин О.А. МОРФОЛОГИЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ ЭНДЕМИЧНОЙ БАЙКАЛЬСКОЙ ПЛАНАРИИ *BAIKALOBIA RADDEI* (PLATHELMINTHES, TRICLADIDA) 200

Koroleva I.M., Terentjev P.M. THE FISH COMMUNITY OF LAKE IMANDRA: PAST AND PRESENT 201

Королева И.М., Терентьев П.М. РЫБНОЕ СООБЩЕСТВО ОЗЕРА ИМАНДРА: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ 201

Kotovshchikov A.V. ANALYSIS OF SPATIAL DISTRIBUTION OF PHYTOPLANKTON (BY CHLOROPHYLL CONTENT) IN THE NOVOSIBIRSK RESERVOIR 202

Котовщиков А.В. АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА (ПО СОДЕРЖАНИЮ ХЛОРОФИЛЛА) В НОВОСИБИРСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ 202

Kotovshchikov A.V., Dolmatova L.A., D'iyachenko A.V., Ovcharenko E.A., Eyrikh A.N. TYPIFICATION OF LAKE TELETSKOYE TRIBUTARIES (ALTAY) BY LANDSCAPE-GEOGRAPHICAL FEATURES, PHYSICAL AND CHEMICAL WATER PARAMETERS AND ALGOCENOSIS DEVELOPMENT 203

Котовщиков А.В., Долматова Л.А., Дьяченко А.В., Овчаренко Е.А., Эйрих А.Н. ТИПИЗАЦИЯ ПРИТОКОВ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА (АЛТАЙ) ПО ЛАНДШАФТНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ, ФИЗИЧЕСКИМ И ХИМИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ ВОДЫ И РАЗВИТИЮ АЛЬГОЦЕНОЗОВ 203

Kouřil J., Podhorec P. ARTIFICIAL PROPAGATION OF ASP (*ASPIUS ASPIUS*) FROM ZELIVKA DAM WITH USING HORMONAL STIMULATION 204

Коуржил Я., Подгорец П. ИСКУССТВЕННОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ЖЕРЕХА (*ASPIUS ASPIUS*) ИЗ ВОДОХРАНИЛИЩА ЖЕЛИВКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОРМОНАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ 204

Kosova A.L., Denisov D.B., Nikolaeva S.B. SPECIFICS OF DEVELOPMENT OF THE LAKE TRIDZATKA (KARELIAN COAST OF THE WHITE SEA) IN THE HOLOCENE 205

Косова А.Л., Денисов Д.Б., Николаева С.Б. ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ОЗЕРА ТРИДЦАТКА (КАРЕЛЬСКИЙ БЕРЕГ БЕЛОГО МОРЯ) В ГОЛОЦЕНЕ 205

Kovalenko A.I., Knyazeva N.S., Kudryavtsev A.A. THE CHEMICAL COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS FROM TAIGA LAKES IN THE AREAS OF INTENSIVE OIL MINING IN THE KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS OKRUG – UGRA (KhMAO) 206

Коваленко А.И., Князева Н.С., Кудрявцев А.А. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТАЕЖНЫХ ОЗЕР В РАЙОНАХ ИНТЕНСИВНОЙ ДОБЫЧИ НЕФТИ В ХАНТЫ-МАНСИЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ – ЮГРЕ (ХМАО) 206

Krasnopeev A.Yu., Bukin Yu.S., Potapov S.A., Belykh O.I. AN ALGORITHM FOR DETERMINING THE STATISTICAL REPRESENTATIVENESS OF DATA IN METAGENOMIC STUDIES 207

Краснопеев А.Ю., Букин Ю.С., Потапов С.А., Белых О.И. АЛГОРИТМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТИ ДАННЫХ МЕТАГЕНОМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 207

Ksenofontova M.I. INTERACTION OF MICROELEMENTS IN THE SYSTEM OF SOIL – BOTTOM SEDIMENTS - LAKE WATERS IN THE CLOSED ALAS ECOSYSTEMS OF CENTRAL YAKUTIA 208

Ксенофонтова М.И. ВЗАИМОСВЯЗЬ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ-ОЗЕРНЫЕ ВОДЫ В ЗАМКНУТЫХ АЛАСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ 209

Kudryavtsev A.A. PECULIARITIES OF QUANTITATIVE DETERMINATION OF HYDROCARBON CONTAMINATIONS IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF INTRA-BOG LAKES IN KHANTY-MANSIISK AUTONOMOUS AREA 210

Кудрявцев А.А. ОСОБЕННОСТИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВНУТРИБОЛОТНЫХ ОЗЕР ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АО 210

Kulakova N.V., Bukin Yu.S., Kashin S.A. THE STUDY OF GENETIC DIVERSITY OF MEMBERS OF TREBOUXIOPHYCEAE BY USING NUCLEAR AND CHLOROPLAST MOLECULAR MARKERS 211

Кулакова Н.В., Букин Ю.С., Кашин С.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ КЛАССА TREBOUXIOPHYCEAE С ПОМОЩЬЮ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МАРКЕРОВ ЯДЕРНОГО И ХЛОРОПЛАСТНОГО ГЕНОМОВ....211

Kulikova N.N., Chebykin E.P., Timoshkin O.A., Zhuchenko N.A., Volkova E.A., Suturin A.N. ANTHROPOGENIC POLLUTION OF LAKE BAIKAL NEAR-SHORE ZONE WITH CHEMICAL ELEMENTS AS A MAIN FACTOR OF EXPANSION OF ALGA OF THE GENUS *SPIROGYRA* SPP. 212

Куликова Н.Н., Чебыкин Е.П., Тимошкин О.А., Жученко Н.А., Волкова Е.А., Сутурин А.Н. АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ БАЙКАЛА ХИМИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ – ОСНОВНОЙ ФАКТОР РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОДОРОСЛЕЙ РОДА *SPIROGYRA* SPP. 212

Kustova O.V., Gorshkov A.G. METHODS OF ORGANOCHLORINE POLLUTANTS MONITORING IN WATER OF LAKE BAIKAL 213

Кустова О.В., Горшков А.Г. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В ВОДЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ....214

Kuzmina L.I., Kirillov A.F. SOME DATA ON ZOOPLANKTON STATUS IN THE TIMKINSKAYA RIVER (KOLYMA WATERSHED)....214

Кузьмина Л.И., Кириллов А.Ф. НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О СОСТОЯНИИ ЗООПЛАНКТОНА РЕКИ ТИМКИНСКОЙ (БАССЕЙН РЕКИ КОЛЫМА) 215

Leonova G.A., Maltsev A.E., Bobrov V.A., Melenevsky V.N., Kondratyeva L.M. TRANSFORMATIONS OF THE MODERN AND FOSSILIZED ORGANIC MATERIALS OF SAPROPELS IN THE EARLY DIAGENESIS (AN EXAMPLE OF SMALL LAKES IN SOUTHERN WEST SIBERIA AND EASTERN PRIBAYKALYA)....215

Леонова Г.А., Мальцев А.Е., Бобров В.А., Меленевский В.Н., Кондратьева Л.М. ТРАНСФОРМАЦИЯ СОВРЕМЕННОГО И ЗАХОРОНЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА САПРОПЕЛЕЙ В РАННЕМ ДИАГЕНЕЗЕ (НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ ОЗЕР 217

Lipko I.A., Krasnopeev A.Yu., Tikhonova I.V., Belykh O.I. PHYLOGENETIC DIVERSITY OF ACTINOBACTERIA IN LAKE BAIKAL: COMPARISON BETWEEN WATER AND SPONGES....217

Липко И.А., Краснопеев А.Ю., Тихонова И.В., Белых О.И. ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ АКТИНОБАКТЕРИЙ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ: СРАВНЕНИЕ МЕЖДУ ГУБКАМИ И ВОДОЙ....218

Litasova A.S., Pavlova Yu.A., Maksimov A.Yu., Titov N.I., Klyachman V.V. MICROBIOLOGICAL AND METAGENOMIC ANALYSIS OF WATER USED FOR GROWING YOUNG AT FISHING FACTORIES OF THE REPUBLIC OF BURYATIA....218

Литасова А.С., Павлова Ю.А., Максимов А.Ю., Титов Н.И., Клячман В.В. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ И МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ ВОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ НА РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДАХ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ....219

Lomakina A.V., Pogodaeva T.V., Ivanov V.G., Khal'zov I.A., Zemskaya T.I. ANAEROBIC OXIDATION OF METHANE AND MICROBIAL CONSORTIA IN DEEP SEDIMENTS OF LAKE BAIKAL....219

Ломакина А.В., Погодаева Т.В., Иванов В.Г., Хальзов И.А., Земская Т.И. АНАЭРОБНОЕ ОКИСЛЕНИЕ МЕТАНА И МИКРОБНЫЕ КОНСОРЦИУМЫ В ОСАДКАХ ОЗЕРА БАЙКАЛ....219

Lubyaga Y.A., Trifonova M.S., Vereshchagina K.P., Madyarova E.V., Shatilina Zh.M, , Gurkov A.N. , Kondrateva E.S., Axenov – Gribanov D.V., Timofeyev M.A. COMPARATIVE STUDY OF NONSPECIFIC MECHANISMS OF STRESS ADAPTATION IN *GMELINOIDES FASCIATUS* AND *GAMMARUS LACUSTRIS* FROM REMOTE POPULATIONS UNDER HYPERTHERMIC CONDITIONS....220

Лубяга Ю.А., Трифонова М.С., Верещагина К.П., Мадьярова Е.В., Шатилина Ж.М., Гурков А.Н., Кондратьева Е.С., Аксенов-Грибанов Д.В., Тимофеев М.А. СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСПЕЦИФИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ СТРЕСС-АДАПТАЦИИ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ОТДАЛЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ *GMELINOIDES FASCIATUS* И *GAMMARUS LACUSTRIS* В УСЛОВИЯХ ГИПЕРТЕРМИИ....220

Lukhnev A.G., Timoshkin O.A. BAIKALIAN PROSERIATA: MORPHOLOGY, TAXONOMY, PHYLOGENY....221

Лухнёв А.Г., Тимошкин О.А. БАЙКАЛЬСКИЕ TURBELLARIA PROSERIATA: МОРФОЛОГИЯ, СИСТЕМАТИКА И ФИЛОГЕНИЯ 221

Lukerin A.Yu., Kukharenko G.V., Romanenko G.A., Vesnin Yu.A. MODERN STATE OF LITTORAL CROSS OF THE LAKE TELETSK REPUBLIC OF ALTAI AND INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS ON RESERVES OF WATER BIOLOGICAL RESOURCES 222

Лукерин А.Ю., Кухаренко Г.В., Романенко Г.А., Веснин Ю.А. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛИТОРАЛЬНЫХ ЧАСТКОВ ОЗ. ТЕЛЕЦКОЕ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ И ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ЗАПАСЫ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ 222

Madyarova E.V., Shirokova Y.A., Axenov-Gribanov D.V., Bedulina D.S., Baduev B.K., Vereshchagina K.P., Emshanova V.A., Lubyaga Y.A., Protasov E.S., Shatilina Z.M., Timofeyev M.A. STABLE INDICATORS OF ENERGY METABOLISM AND NON-SPECIFIC STRESS-RESPONSE AS A STRATEGY OF BIOCHEMICAL ADAPTATION TO HABITATION IN WIDE RANGE OF DEPTHS IN EURYBATHIC BAIKAL AMPHIPODA OF GENUS *OMMATOGAMMARUS* 223

Мадьярова Е.В., Широкова Ю.А., Аксенов-Грибанов Д.В., Бедулина Д.С., Бадуев Б.К., Верещагина К.П. , Емшанова В.А., Лубяга Ю.А., Протасов Е.С., Шатилина Ж.М., Тимофеев М.А. СТАБИЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТАБОЛИЗМА И НЕСПЕЦИФИЧЕСКОГО СТРЕСС-ОТВЕТА КАК СТРАТЕГИЯ БИОХИМИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ К ОБИТАНИЮ В ШИРОКОМ ДИАПОЗОНЕ ГЛУБИН У ЭВРИБАТНЫХ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД РОДА *OMMATOGAMMARUS* 223

Mayor T.Yu., Zaydykov I.Yu., Galimova Yu.A., Sukhanova L.V., Kirilchik S.V. MOLECULAR PHYLOGENY OF *DIACYCLOPS VERSUTUS* (MAZEPOVA, 1961), *D. IMPROCERUS* (MAZEPOVA, 1950) AND *D. GALBINUS* (MAZEPOVA, 1961) (COPEPODA: CYCLOPOIDA) FROM LAKE BAIKAL 224

Майор Т.Ю., Зайдыков И.Ю., Галимова Ю.А., Суханова Л.В., Кирильчик С.В. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЛОГЕНИЯ ЦИКЛОПОВ *DIACYCLOPS VERSUTUS* (MAZEPOVA, 1961), *D. IMPROCERUS* (MAZEPOVA, 1950) И *D. GALBINUS* (MAZEPOVA, 1961) (COPEPODA: CYCLOPOIDA) ИЗ ОЗ. БАЙКАЛ 224

Makarevich T.A. HOW THE PERIPHYTON HAS CHANGED AFTER INTRODUCTION OF EXOTIC MOLLUSC *DREISSENA POLYMORPHA* PALLAS IN THE LAKE? 225

Макаревич Т.А. КАК ИЗМЕНИЛСЯ ПЕРИФИТОН ПОСЛЕ ВСЕЛЕНИЯ В ОЗЕРО ЧУЖЕРОДНОГО МОЛЛЮСКА *DREISSENA POLYMORPHA* PALLAS? 225

Magritskiy D.V., Eldarov E.M. HYDROLOGICAL AND MORPHOLOGICAL DEGRADATION OF UNIQUE LAKE SOUTH AGRAKHAN ANS WAYS OF ITS RESCUE 226

Магрицкий Д.В., Эльдаров Э.М. ГИДРОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕГРАДАЦИЯ УНИКАЛЬНОГО ОЗЕРА ЮЖНЫЙ АГРАХАН И ПУТИ ЕГО СПАСЕНИЯ 227

Mamontov A.M., Rozhkova N.A. BAIKAL OMUL (*COREGONUS MIGRATORIUS* GEORGI) DIET UNDER DECLINING POPULATION IN 2012-2016 228

Мамонтов А.М., Рожкова Н.А. ПИТАНИЕ БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ (*COREGONUS MIGRATORIUS* GEORGI) ПРИ ЕГО СНИЖЕННОЙ ЧИСЛЕННОСТИ В 2012-2016 ГГ 228

Man’kovsky V.I., Sherstyankin P.P. USE OF HYDROOPTIC CHARACTERISTICS FOR CONTROL OF THE STATE OF WATER BODIES ECOSYSTEMS 229

Marchenkov A.M., Bedoshvili Ye.D. VALVE MORPHOGENESIS OF *SYNEDRA ULNA* SUBSP. *DANICA* IN THE SYNCHRONIZED CULTURE 229

Марченков А.М., Бедошвили Е.Д. МОРФОГЕНЕЗ СТВОРКИ *SYNEDRA ULNA* SUBSP. *DANICA* В СИНХРОНИЗИРОВАННОЙ КУЛЬТУРЕ 230

Marinaite I.I., Semyonov O.V., Molozhnikova E.V. SEASONAL VARIABILITY AND SOURCES OF PAHS IN AEROSOLS OF IRKUTSK AND BAIKAL SHORE 230

Маринайте И.И., Семенов О.В., Моложникова Е.В. СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ИСТОЧНИКИ ПАУ В АЭРОЗОЛЯХ Г. ИРКУТСКА И ПОБЕРЕЖЬЕ ОЗ. БАЙКАЛ 231

Maslikova O.Ya., Gritsuk I.I., Dolgopolova Ye.N., Ionov D.N. INFLUENCE OF HYDROPHYSIC FACTORS ON EROSION OF RESERVOIR'S FROZEN SLOPES 232

Масликова О.Я., Грицук И.И., Долгополова Е.Н., Ионов Д.Н. ВЛИЯНИЕ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАЗРУШЕНИЕ МЕРЗЛЫХ СКЛОНОВ ВОДОЕМОВ 232

Matafonov D.V., Bazova N.V., Kolpakova E.S. THE STATION GRID FOR MONITORING OF WATER BODIES OF BURYATIA REPUBLIC (RUSSIA) ON BENTHIC MACROINVERTEBRATES....233

Матафонов Д.В., Базова Н.В., Колпакова Е.С. РАЗРАБОТКА СЕТИ СТАНЦИЙ МОНИТОРИНГА ВОДОЕМОВ БУРЯТИИ ПО ОРГАНИЗМАМ МАКРОЗООБЕНТОСА....234

Matafonov P.V., Itigilova M.Ts., Tashlykova N.A. ELEMENTS OF FUNCTIONING AND LONG-TERM DYNAMICS OF THE AQUATIC ECOSYSTEM OF SELENGA RIVER DELTA....234

Матафонов П.В., Итигилова М.Ц., Ташлыкова Н.А. ЭЛЕМЕНТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ГИДРОЭКОСИСТЕМЫ ДЕЛЬТЫ РЕКИ СЕЛЕНГИ....235

Maximova E.N., Denisova T. P., Lopatovskaya O.G. MICROORGANISMS AND ALGAE IN THE SOILS OF THE ISLAND OLKHON (LAKE BAIKAL)....235

Максимова Е.Н., Денисова Т.П., Лопатовская О.Г. МИКРООРГАНИЗМЫ И ВОДОРОСЛИ В ПОЧВАХ ОСТРОВА ОЛЬХОН (ОЗ. БАЙКАЛ) 235

Maximova O.B. PHOTOSYNTHESIS PIGMENTS FROM THE LADOGA LAKE 236

Максимова О.Б. ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПИГМЕНТЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА 236

Medvezhonkova O.V., Zvereva Yu.M., Poberezhnaya A.E., Tomberg I.V., Timoshkin O.A. IMPACT OF BEACHED ALGAE ON PSAMMON DEVELOPMENT IN THE NORTH BASIN OF LAKE BAIKAL 237

Медвежонкова О.В., Зверева Ю.М., Побережная А.Е., Томберг И.В., Тимошкин О.А. ВЛИЯНИЕ ВЫБРОШЕННЫХ НА БЕРЕГ ВОДОРОСЛЕЙ НА РАЗВИТИЕ ПСАММОНА В СЕВЕРНОЙ КОТЛОВИНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ 238

Medvinsky A.B., Adamovich B.V., Aliev R.R., Chakraborti A., Lukyanova E.V., Mikheeva T.M., Nikitina L.V., Nurieva N.I., Rusakova A.V., Zhukova T.V. TEMPERATURE VARIATIONS AND LAKE PLANKTON ABUNDANCE FLUCTUATIONS: DIRECT AND INDIRECT TEMPREATURE IMPACT ON PLANKTON DYNAMICS....239

Медвинский А.Б., Адамович Б.В., Алиев Р.Р., Чакраборти А., Лукьянова Е.В., Михеева Т.М., Никитина Л.В., Нуриева Н.И., Русаков А.В., Жукова Т.В. ВАРИАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ФЛУКТУАЦИИ ОБИЛИЯ ОЗЁРНОГО ПЛАНКТОНА: ПРЯМОЕ И ОПОСРЕДОВАННОЕ ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ДИНАМИКУ ПЛАНКТОНА 239

Mikhailov I.S., Bukin Y.S., Zakharova Y.R., Usoltseva M.V., Galachyants Y.P., Sakirko M.V., Blinov V.V., Likhoshway Y.V. CO-OCCURRENCE PATTERNS AMONG BACTERIOPLANKTON AND PHYTOPLANKTON IN PELAGIC ZONE OF LAKE BAIKAL DURING A SPRING PHYTOPLANKTON BLOOM 240

Михайлов И.С., Букин Ю.С., Захарова Ю.Р., Усольцева М.В., Галачьянц Ю.П., Сакирко М.В., Блинов В.В., Лихошвай Е.В. ЗАКОНОМЕРНОСТИ КОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА И ФИТОПЛАНКТОНА В ПЕЛАГИАЛИ ОЗЕРА БАЙКАЛ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 240

Mikhailova L.V. STANDARTIZATION OF OIL-PRODUCTS CONTENT IN DIFFERENT BOTTOM SEDIMENTS OF SURFACE WATER OBJECTS KHANTY-MANSIISK AUTONOMOUS AREA 241

Михайлова Л.В. НОРМИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В РАЗНОТИПНЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АО 241

Mincheva E.V., Volkova E.A., Peretolchina T.E., Triboy T.I., Enuschenko I.V., Romanova E.V., Bukin Yu.S., Scherbakov D.Yu., Fedotov A.P. GENETIC DIVERSITY OF *SPIROGYRA* IN LAKE BAIKAL 242

Mitrofanova E.Yu. ALGAE AS ONE OF THE ELEMENTS OF ECOSYSTEM STABILITY IN DEEP OLIGOTROPHIC RESERVOIR (LAKE TELETSKOYE, ALTAI, AS A CASE OF STUDY)....242

Митрофанова Е.Ю. ВОДОРОСЛИ КАК ОДИН ИЗ ЭЛЕМЕНТОВ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОСИСТЕМЫ ГЛУБОКОГО ОЛИГОТРОФНОГО ВОДОЕМА (НА ПРИМЕРЕ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА, АЛТАЙ)....243

Mitrofanova E.Yu. MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF *AULACOSEIRA GRANULATA* (EHR.) SIM. (BACILLARIOPHYTA) IN VARIOUS WATERBODIES OF WESTERN SIBERIA....243

Митрофанова Е.Ю. МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ *AULACOSEIRA GRANULATA* (EHR.) SIM. (BACILLARIOPHYTA) В РАЗЛИЧНЫХ ВОДОЕМАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ 244

Mizandrontsev I.B., Kozlov V.V., Ivanov V.G., Kucher K.M., Granin N.G. MEASURING OF THE DISSOLVED METHANE NANOCONCENTRATION IN WATER COLUMN OF LAKE BAIKAL 244

Мизандронцев И.Б., Козлов В.В., Иванов В.Г., Кучер К.М., Гранин Н.Г. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАНОКОНЦЕНТРАЦИЙ РАСТВОРЕННОГО МЕТАНА В ВОДНОЙ ТОЛЩЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ 245

Molkova A.A., Ryadinskaya N.I. EXTRAORGANIC ARTERIAL NETWORK OF THE ADRENAL GLANDS IN THE BAIKAL SEAL 246

Молькова А.А., Рядинская Н.И. ЭКСТРАОРГАННОЕ АРТЕРИАЛЬНОЕ РУСЛО НАДПОЧЕЧНИКОВ БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ 246

Molozhnikova Ye.V., Netsvetaeva O.G., Golobokova L.P., Khodzher T.V. ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS IN THE TERRITORY OF THE BAIKAL STATE NATURAL BIOSPHERE RESERVE 247

Моложникова Е.В., Нецветаева О.Г., Голобокова Л.П., Ходжер Т.В. АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БАЙКАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА 247

Morozko A.V., Kolesov N.A. COMPARATIVE CHARACTERISTICS FAUNA OF PARASITES OF UKLEYKA (*ALBURNUS ALBURNUS* (L, 1758) AND DACE (*LEUCISCUS LEUCISCUS BAICALENSIS* (DYB) FROM TOM RIVER OF KEMEROVO REGION 248

Морозко А.В., Колесов Н.А. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРАЗИТОФАУНЫ УКЛЕЙКИ (*ALBURNUS ALBURNUS* (L, 1758) И ЕЛЬЦА (*LEUCISCUS LEUCISCUS BAICALENSIS* (DYB) Р. ТОМЬ В ПРЕДЕЛАХ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ 248

Morozov A.A. INTRAGENIC DUPLICATIONS IN DIATOM *SYNEDRA ACUS* SUBSP. *RADIANS* 249

Морозов А.А. ВНУТРИГЕННЫЕ ДУПЛИКАЦИИ У ДИАТОМЕИ *SYNEDRA ACUS* SUBSP. *RADIANS* 249

Morozov A.A., Galachyants Yu.P. THE SEARCH FOR INCORRECTLY ASSEMBLED REPEATS IN *SYNEDRA ACUS* SUBSP. *RADIANS* GENOME 250

Морозов А.А., Галачьянц Ю.П. ПОИСК НЕКОРРЕКТНО СОБРАННЫХ ПОВТОРОВ В ГЕНОМЕ *SYNEDRA ACUS* SUBSP. *RADIANS* 250

Naganawa H. GENETIC ANALYSIS OF MITOCHONDRIAL CYTOCHROME OXIDASE I (COI) SUPPORTS TWO AQUATIC FAUNAS OF OLKHON ISLAND (LAKE BAIKAL) AND MONGOLIAN GOBI STEPPE REGION HAVE A COMMON ORIGIN 250

Nalugwa A. AN ASSESSMENT OF THE RISKS OF OIL PRODUCTION ON BIODIVERSITY OF THE ALBERTINE RIFT AQUATIC ECOSYSTEMS, UGANDA 251

Natyaganova A.V., Mincheva E.V., Kravtsova L.S., Peretolchina T.E., Bukin Yu.S., Triboy T.I. ON CHROMOSOME NUMBER (2N) OF AN AQUATIC PLANT *ELODÉA CANADÉNSIS* MICHX. FROM THE SIBERIAN WATER BODIES 251

Натяганова А.В., Минчева Е. В., Кравцова Л.С., Перетолчина Т. Е., Букин Ю.С. Трибой Т.И. О ЧИСЛЕ ХРОМОСОМ (2N) ВОДНОГО РАСТЕНИЯ *ELODÉA CANADÉNSIS* MICHX. ИЗ ВОДОЁМОВ СИБИРИ 252

Naumkina D.I., Egorov E.V., Suknev D.L. USING SOFTWARE MAECOS FOR DEVELOPMENT OF THE MODEL OF BIOLOGICAL RESOURCE POPULATION UNDER DIFFERENT FACTORS 252

Наумкина Д.И., Егоров Е.В., Сукнев Д.Л. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ MAECOS ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ПОПУЛЯЦИИ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРАХ 252

Naumova T.V., Gagarin V.G. ECOLOGY OF FREE-LIVING NEMATODES (NEMATODA) OF LAKE BAIKAL 253

Наумова Т.В., Гагарин В.Г. ЭКОЛОГИЯ СВОБОДНОЖИВУЩИХ НЕМАТОД (NEMATODA) ОЗЕРА БАЙКАЛ 254

Naumova T.V., Sitnikova T.Ya., Gagarin V.G., Zemskaya T.I., Pogodaeva T.V., Khabuev A.V., Kalmychkov G.V. MEIOZOOBENTHOS OF POSOLSKY BAY METANE SEEPING (LAKE BAIKAL) 254

Наумова Т.В., Ситникова Т.Я., Гагарин В.Г., Земская Т.И., Погодаева Т.В., Хабуев А.В., Калмычков Г.В. МЕЙОЗООБЕНТОС МЕТАНОВОГО СИПА ПОСОЛЬСКАЯ БАНКА (ОЗ. БАЙКАЛ).....254

Naumova E.Yu., Zaidykov I.Yu. THE MODERN QUANTITATIVE INDICATORS OF THE POPULATION OF *MACROHECTOPUS BRANICKII* DYB. FROM BAIKAL LAKE.....255

Наумова Е.Ю., Зайдыков И.Ю. СОВРЕМЕННЫЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОПУЛЯЦИИ *MACROHECTOPUS BRANICKII* DYB. ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ.....255

Naumova E.Yu., Zaidykov I.Yu. CHANGES IN THE COMPOSITION OF THE SPRING ZOOPLANKTON OF LAKE BAIKAL 256

Наумова Е.Ю., Зайдыков И.Ю. ИЗМЕНЕНИЯ В СОСТАВЕ ВЕСЕННЕГО ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕРА БАЙКАЛ 256

Nazarova A.A., Gurkov A.N., Shchapova E.P., Dmitriev I.A., Timofeyev M.A. STUDY OF AMPHIPOD IMMUNE RESPONSE TO IMPLANTABLE OPTICAL MICROSENSORS USING PRIMARY CULTURE OF HEMOCYTES 257

Назарова А.А., Гурков А.Н., Щапова Е.П., Дмитриев И.А., Тимофеев М.А. ИЗУЧЕНИЕ ИММУННОГО ОТВЕТА АМФИПОД НА ИМПЛАНТИРУЕМЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ МИКРОСЕНСОРЫ С ПОМОЩЬЮ ПЕРВИЧНОЙ КУЛЬТУРЫ ГЕМОЦИТОВ.....257

Nefedova Z.A., Murzina S.A., Pekkoeva S.N., Ruokolainen T.R., Veselov A.E., Efremov D.A., Nemova N.N. LIPID PROFILE OF DIFFERENT AGE JUVENILES OF ATLANTIC SALMON *SALMO SALAR* L FROM WATERCOURSES OF THE WHITE SEA.....258

Нефедова З.А., Мурзина С.А., Пеккоева С.Н., Руоколайнен Т.Р., Веселов А.Е., Ефремов Д.А., Немова Н.Н. ЛИПИДНЫЙ ПРОФИЛЬ МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ *SALMO SALAR* L. РАЗНОГО ВОЗРАСТА ИЗ ВОДОТОКОВ БЕЛОГО МОРЯ.....258

Netsvetaeva O.G., Chebunina N.S., Khodzher T.V. ACCUMULATION OF BIOGENIC ELEMENTS IN SNOW COVERING OF SPECIALLY PROTECTED TERRITORIES OF PRIBAIKALYE 258

Нецветаева О.Г., Чебунина Н.С., Ходжер Т.В. НАКОПЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИБАЙКАЛЬЯ 259

Nigmatullin N.M., Frolova L.A. ZOOPLANCTON COMMUNITIES IN TUNDRA LAKES OF THE PECHORA DELTA RIVER.....260

Нигматуллин Н.М., Фролова Л.А. ЗООПЛАНКТОННЫЕ СООБЩЕСТВА ТУНДРОВЫХ ОЗЕР ДЕЛЬТЫ Р. ПЕЧОРЫ 261

Nikulina J.S. GENETIC FEATURES OF CISCO POPULATION (*COREGONUS SARDINELLA*) OF THE YENISEI RIVER.....261

Никулина Ю.С. ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА СИБИРСКОЙ РЯПУШКИ (*COREGONUS SARDINELLA*) Р. ЕНИСЕЙ 262

Obolewski K., Bąkowska M., Burandt P., Kobus Sz., Mrozińska N., Szymańska M., Sidoruk M. PATTERNS OF REGIME SHIFTS IN COASTAL LAKES BASED ON STRUCTURE OF BOTTOM INVERTEBRATES.....262

Obolklin V.A., Bondarenko N.A., Volkova E.A., Netsvetaeva O.G. , Chebunina N.S. , Okane D., Ohira S., Toda K.PECULIARITIES OF BIOLOGY OF DINOPHYTA ALGAE FROM OBSERVATION AT LISTVENNICHNOYE BAY, SOUTH BAIKAL.....263

Оболкин В.А., Бондаренко Н.А., Волкова Е.А., Нецветаева О.Г. , Чебунина Т.С. , Okane D., Ohira S., Toda K. ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ ДИНОФИТОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В ЗАЛИВЕ ЛИСТВЕНИЧНЫЙ, ЮЖНЫЙ БАЙКАЛ 263

Obolkina L.A. INTERANNUAL DYNAMIC OF SPRING CILIATES IN SOUTHERN BAIKAL.....264

Оболкина Л.А. МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА ВЕСЕННИХ ИНФУЗОРИЙ В ЮЖНОМ БАЙКАЛЕ 265

Onishchuk N.A., Marinaite I.I., Khodzher T.V., Ivanov V.G. THE CURRENT HYDROCHEMICAL STATE OF SMALL TRIBUTARIES OF LAKE BAIKAL NEAR LISTVYANKA SETTLEMENT Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia 265

Онищук Н.А., Маринайте И.И., Ходжер Т.В. Иванов В.Г. СОВРЕМЕННОЕ ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ ПРИТОКОВ ОЗЕРА БАЙКАЛА В РАЙОНЕ ПОС. ЛИСТВЯНКА 265

Osipov E.Y. RECONSTRUCTION OF THE LITTLE ICE AGE GLACIERS IN THE KODAR RANGE, SOUTHEAST SIBERIA 266

Осипов Э.Ю. РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛЕДНИКОВ ХРЕБТА КОДАР (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ) ВО ВРЕМЯ МАЛОГО ЛЕДНИКОВОГО ПЕРИОДА 266

Osipov E.Y. SUBMERGED SHORELINES IN SOUTHERN BAIKAL AND LAKE LEVEL CHANGES DURING THE LATE PLEISTOCENE-HOLOCENE 267

Осипов Э.Ю. ПОДВОДНЫЕ БЕРЕГОВЫЕ ЛИНИИ В ЮЖНОМ БАЙКАЛЕ И ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ОЗЕРА В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ-ГОЛОЦЕНЕ 267

Osipova O.P. SUMMER ATMOSPHERIC CIRCULATION PATTERNS OVER THE GLACIARIZED ZONE OF THE BAIKALSKY RIDGE 267

Осипова О.П. ЛЕТНИЕ АТМОСФЕРНЫЕ ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НАД ЛЕДНИКОВОЙ ЗОНОЙ БАЙКАЛЬСКОГО ХРЕБТА 268

Ovdina E.A., Strakhovenko V.D., Solotchina E.P. THE CARBONATES FORMATION ON THE ENVIRONMENT BOUNDARIES IN THE HOLOCENE SEDIMENTS OF SMALL LAKES OF SIBERIA.. 268

Овдина Е.А., Страховенко В.Д., Солотчина Э.П. ОБРАЗОВАНИЕ КАРБОНАТОВ НА ГРАНИЦАХ РАЗДЕЛА СРЕД В ГОЛОЦЕНОВЫХ ОСАДКАХ МАЛЫХ ОЗЕР СИБИРИ 269

Pavlov I.A., Shiretorova V.G., Radnaeva L.D., Tulokhonov A.K. ELEMENTAL COMPOSITION OF WATER AND BOTTOM SEDIMENTS OF THE LAKE GUSINOYE 269

Павлов И.А., Ширеторова В.Г., Раднаева Л.Д., Тулохонов А.К. ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОДЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗ. ГУСИНОЕ 269

Pavlova O.N., Gorshkov A.G., Izosimova O.N., Novikova A.S., Bukin S.V., Khlystov O.M., Zemskaya T.I. NATURAL OIL SEEPAGES IN CENTRAL BAIKAL (CAPE GOREVOY UTES): CURRENT CHANGES SINCE THE DISCOVERY 270

Павлова О.Н., Горшков А.Г., Изосимова О.Н., Новикова А.С., Букин С.В., Хлыстов О.М., Земская Т.И. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НЕФТЕПРОЯВЛЕНИЯ В СРЕДНЕМ БАЙКАЛЕ (М. ГОРЕВОЙ УТЕС): ЧТО ИЗМЕНИЛОСЬ С МОМЕНТА ОТКРЫТИЯ ДО НАСТОЯЩЕГО ВРЕМЕНИ 271

Paradina L.F., Pavlova L.A., Chuparina E.V., Rozhkova N.A., Suturin A.N. ESTIMATION OF ACCUMULATING ABILITY OF BENTHIC INVERTEBRATES IN THE LITTORAL AREA OF SOUTHERN BAIKAL 271

Парадина Л.Ф., Павлова Л.А., Чупарина Е.В., Рожкова Н.А., Сутурин А.Н. ОЦЕНКА АККУМУЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БЕНТОСНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЛИТОРАЛИ ЮЖНОГО БАЙКАЛА 272

Penkova O.G., Makarkina N.V., Evstafeva I.T., Sheveleva N.G. ZOOPLANKTON IN INLAND WATER BODIES OF OLKHON ISLAND (LAKE BAIKAL): TAXONOMIC COMPOSITION, QUANTITATIVE CHARACTERISTICS 272

Пенькова О.Г., Макаркина Н.В., Евстафьева И.Т., Шевелева Н.Г. ЗООПЛАНКТОН ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМОВ ОСТРОВА ОЛЬХОН (БАЙКАЛ): ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ 273

Pestunov D.A., Domysheva V.M., Shmargunov V.P., Panchenko M.V. DISSOLVED CARBON DIOXIDE AND METHANE IN SURFACE WATER OF THE COASTAL ZONE OF LAKE BAIKAL 273

Пестунов Д.А., Домышева В.М., Шмаргунов В.П., Панченко М.В. РАСТВОРЕННЫЕ УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ И МЕТАН В ПОВЕРХНОСТНОЙ ВОДЕ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ 273

Podlesnaya G.V., Galach'yants A.D., Belykh O.I. DENITRIFYING BACTERIA IN CULTURED MICROBIAL COMMUNITY OF SURFACE MICROLAYER OF LAKE BAIKAL 274

Подлесная Г.В., Галачьянц А.Д., Белых О.И. ДЕНИТРИФИЦИРУЮЩИЕ БАКТЕРИИ КУЛЬТИВИРУЕМОГО МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО МИКРОСЛОЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ 274

Podlesnaya G.V., Suslova M.Yu., Shtykova Yu.R., Belykh O.I. CHARACTERIZATION OF DENITRIFYING BACTERIA FROM BIOFILMS OF THE LITTORAL ZONE OF LAKE BAIKAL 275

Подлесная Г.В., Суслова М.Ю., Штыкова Ю.Р., Белых О.И. ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕНИТРИФИЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ ИЗ БИОПЛЁНОК ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ 275

Pogodaeva T.V., Zhuchenko N.A., Khlystov O.M., Egorov A.V., Khodzher T.V. TRANSFORMATION AND DISTRIBUTION OF AN ORGANIC MATTER INTO THE BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE BAIKAL 276

Погодаева Т.В., Жученко Н.А., Хлыстов О.М., Егоров А.В., Ходжер Т.В. ТРАНСФОРМАЦИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕРА БАЙКАЛ 276

Poletaeva V.I., Pastukhov M.V. GEOCHEMICAL ROLE OF THE BRATSK RESERVOIR'S MAIN SEDIMENT BARRIER 277

Полетаева В.И., Пастухов М.В. ГЕОХИМИЧЕСКАЯ РОЛЬ ОСНОВНОГО СЕДИМЕНТАЦИОННОГО БАРЬЕРА БРАТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА 277

Poroshina A.A. MODELING THE INFLUENCE OF VARIOUS SCENARIOS OF GENETIC INTROGRESSION ON THE EVOLUTION OF NEUTRAL MARKERS 277

Порошина А.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРИЕВ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИНТРОГРЕССИИ НА ЭВОЛЮЦИЮ НЕЙТРАЛЬНЫХ МАРКЕРОВ 278

Potapov S.A., Krasnopeev A.Yu., Tikhonova I.V., Belykh O.I. GENETIC DIVERSITY OF T4-LIKE BACTERIOPHAGE OF FAMILY *MYOVIRIDAE* IN BENTHIC BIOFILMS OF LAKE BAIKAL 278

Потапов С.А., Краснопеев А.Ю., Тихонова И.В., Белых О.И. ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ Т4-ПОДОБНЫХ БАКТЕРИОФАГОВ СЕМЕЙСТВА *MYOVIRIDAE* В БЕНТОСНЫХ БИОПЛЁНКАХ ОЗЕРА БАЙКАЛ 278

Potemkina T.G., Fedotov A.P. HYDROMETEOROLOGICAL FACTORS AND ECOLOGY OF THE COASTAL ZONE OF LAKE BAIKAL: RECENT CHANGES 279

Потемкина Т.Г., Федотов А.П. ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И НЕГАТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ: СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ 280

Protasov E.S., Axenov-Gribanov D.V., Krasnova M.E., Timofeyev M.A. COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOSYNTHETIC POTENTIAL OF ACTINOBACTERIA ISOLATED FROM DIFFERENT ECOLOGICAL NICHES OF LAKE BAIKAL 280

Протасов Е.С., Аксенов-Грибанов Д.В., Краснова М.Е., Тимофеев М.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОСИНТЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА АКТИНОБАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НИШЕЙ ОЗЕРА БАЙКАЛ 280

Prusevich L.S., Zaitsev V.F., Egorov E.V., Tsapenkov A.V. ZOOPLANKTON OF LAKE SALTAIM-TENIS IN THE MODERN PERIOD 281

Прусевич Л.С., Зайцев В.Ф., Егоров Е.В., Цапенков А.В. ЗООПЛАНКТОН ОЗЕРА САЛТАИМ-ТЕНИС В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД 281

Radnaeva L.D., Bazarsadueva S.V., Taraskin V.V. LIPIDS OF DEEP WATER BAIKAL HYDROBIONTS 282

Раднаева Л.Д., Базарсадуева С.В., Тараскин В.В. ЛИПИДЫ ГЛУБОКОВОДНЫХ БАЙКАЛЬСКИХ ГИДРОБИОНТОВ 282

Romanov R.E., Yermolaeva N.I., Smolyakov B.S. REMEDIATION OF HEAVY METAL POLLUTION WITH HYBRID SORBENTS: EXPERIMENTAL ESTIMATION OF CONSEQUENCES FROM PLANKTON PERSPECTIVE 283

Rozhkova N.A., Maksimova N.V., Weinberg I.V., Bondarenko N.A., Zvereva Yu.M., Volkova E.A., Sitnikova T.Ya., Nepokrytykh A.V., Timoshkin O.A. MACROZOOBENTHOS OF THE STONY LITTORAL OF THE WESTERN COAST OF SOUTH BAIKAL: CURRENT STATE AND MULTIYEAR DYNAMICS 284

Рожкова Н.А., Максимова Н.В., Вейнберг И.В., Бондаренко Н.А., Зверева Ю.М., Волкова Е.А., Ситникова Т.Я., Непокрытых А.В., Тимошкин О.А. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА МАКРОЗООБЕНТОСА КАМЕНИСТОЙ ЛИТОРАЛИ ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЮЖНОГО БАЙКАЛА 284

Rubtsova M.N., Akulov N.I., Akulova V.V. FERROMANGANESIAN MINERALIZATION IN THE COASTAL ZONE OF LAKE BAIKAL 285

Рубцова М.Н., Акулов Н.И., Акулова В.В. ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ 285

Rudchenko A.E., Yablokov N.O. INFLUENCE OF THE REPRODUCTIVE CYCLE ON THE COMPOSITION AND CONTENT OF FATTY ACIDS IN TISSUES OF MALE AND FEMALE OF PERCH (*PERCA FLUVIATILIS)* FROM THE MESOTROPHIC RESERVOIR 286

Рудченко А.Е., Яблоков Н.О. ВЛИЯНИЕ РЕПРОДУКТИВНОГО ЦИКЛА НА СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В ТКАНЯХ САМЦОВ И САМОК ОКУНЯ РЕЧНОГО (*PERCA FLUVIATILIS)* ИЗ МЕЗОТРОФНОГО ВОДОХРАНИЛИЩА 287

Ryadinskaya N.I. ANATOMIC STUDIES OF ORGANISM OF THE BAIKAL SEAL 287

Рядинская Н.И. АНАТОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЗМА БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ 287

Ryazanov M.M., Akhmedzyanov R.A., Yakhnenko V.M., Avezova T.N., Glyzin L.A., Sapozhnikova Yu.P., Tyagun M.L., Adamovich S.N., Sukhanova L.V., Glyzina O.Yu. STUDY OF THE EFFECT OF PROTATRANS ON THE AQUACULTURE OF WHITEFISH HYBRIDS 288

Рязанов М.М., Ахмедзянов Р.А., Яхненко В.М., Авезова Т.Н., Глызин Л.А., Сапожникова Ю.П., Тягун М.Л., Адамович С.Н., Суханова Л.В., Глызина О.Ю. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОТАТРАНОВ НА РАЗВИТИЕ АКВАКУЛЬТУР ГИБРИДОВ СИГОВЫХ РЫБ 289

Ryzhakov A.V., Kravchenko I.Yu. BIOCHEMICAL TRANSFORMATION OF 4-CHLOROANILINE IN NATURAL WATER 290

Рыжаков А.В., Кравченко И.Ю. БИОХИМИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ 4-ХЛОРАНИЛИНА В ПРИРОДНОЙ ВОДЕ 290

Sabylina A.V., Efremova T.A. CHEMICAL COMPOSITION OF SNOW, ICE AND UNDER-ICE WATER IN THE PETRAZOVODSK BAY AND IN THE CENTRAL PART OF ONEGA LAKE, AS WELL AS OF SNOW COVERING THE BAY SHORE 291

Сабылина А.В., Ефремова Т.А. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СНЕГА НА ЛЬДУ – ЛЬДА - ПОДЛЕДНОЙ ВОДЫ В ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЕ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА И СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ ПОБЕРЕЖЬЯ ГУБЫ 292

Sayvanova S.A., Ryadinsky N.I., Ilina O.P. ARCHITECTONICS OF INTERNAL ORGANS OF THE BLOODSTREAM SPLEEN OF BAIKAL SEAL 293

Сайванова С.А., Рядинская Н.И., Ильина О.П. АРХИТЕКТОНИКА ВНЕОРГАННОГО КРОВЕНОСНОГО РУСЛА СЕЛЕЗЕНКИ БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ 293

Sakirko M.V., Domysheva V.M., Khodzher T.V. SILICON IN LAKE BAIKAL 294

Сакирко М.В., Домышева В.М., Ходжер Т.В. КРЕМНИЙ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ 294

Sandel M.W., Aguilar A., Neely D., Bogdanov B., Kirilchik S. EVOLUTION IN EARTH'S COOLEST HOTSPOT: ADAPTIVE RADIATION OF BAIKAL ENDEMIC SCULPINS 295

Sapelko T., Terekhov A., Gazizova T., Kuznetsov D., Korneenkova N., Ludikova A., Anisimov M. PALAEOLIMNOLOGY OF LUNKULANSAARI ISLAND, LAKE LADOGA: PRELIMINARY RESULTS 295

Сапелко Т.В., Терехов А.В., Газизова Т.Ю., Кузнецов Д.Д., Корнеенкова Н.Ю., Лудикова А.В., Анисимов М.А. ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЯ ОСТРОВА ЛУНКУЛАНСААРИ, ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ 295

Savchenko N.V. MODERN ECOLOGICAL CONDITION OF ASIAN SUB-ARCTIC LAKES BY GEOCHEMISTRY MONITORING RESULTS 296

Савченко Н.В. СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЁР АЗИАТСКОЙ СУБАРКТИКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОХИМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА 296

Savkin V.M., Dvurechenskaya S.Ya., Kondakova O.V. DYNAMICS OF THE HYDROLOGICAL-HYDROCHEMICAL REGIME OF THE UPPER OB UNDER ANTHROPOGENIC IMPACT 297

Савкин В.М., Двуреченская С.Я., Кондакова О.В. ДИНАМИКА ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВЕРХНЕЙ ОБИ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ 297

Saydakova L.A., Savchenko N.V., Markova L.M. GEOCHEMICAL CHANGES IN LAKE ECOSYSTEMS OF SOUTH WEST SIBERIA FOR THE LAST 50 YEARS 298

Сайдакова Л.А., Савченко Н.В., Маркова Л.М. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОЗЁРНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 50 ЛЕТ 298

Selz O.M., Doenz C.J., Seehausen O. DECIPHERING THE SPECIES DIVERSITY OF A PREALPINE WHITEFISH RADIATION 299

Semenov M.Yu., Marinaite I.I., Silaev A.V., Semenov Yu.M. INDICATORS OF POLLUTION OF SURFACE WATERS OF LAKE BAIKAL WATERSHED BY POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS 299

Семенов М.Ю., Маринайте И.И., Силаев А.В., Семенов Ю.М. ПОКАЗАТЕЛИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАССЕЙНА ОЗЕРА БАЙКАЛ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИМИ АРОМАТИЧЕСКИМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ 299

Semenova L.A. PHYTOPLANKTON OF KAMENNAYA BAY (GULF OF OB, KARA SEA) DURING UNDER THE ICE PERIOD 300

Семенова Л.А. ФИТОПЛАНКТОН БУХТЫ КАМЕННОЙ (ОБСКАЯ ГУБА, КАРСКОЕ МОРЕ) В ПОДЛЕДНЫЙ ПЕРИОД 300

Shatsky A., Zuyev Yu., Stratanenko E., Tamulyonis A. DEFINITION OF RESERVES OF *CHIRONOMUS PLUMOSUS* INTO SOME LAKES OF LENINGRAD REGION 301

Шацкий А.В., Зуев Ю.А., Стратаненко Е.А., Тамулёнис А.Ю. СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ МОТЫЛЯ НА НЕКОТОРЫХ ОЗЕРАХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ 301

Shcherbul Z.Z. INFLUENCE OF CLIMATIC AND ANTHROPOGENIC FACTORS ON THE ECOSYSTEM OF THE NORTH DAGESTAN ARTESIAN BASIN 302

Щербуль З.З. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ЭКОСИСТЕМУ СЕВЕРО-ДАГЕСТАНСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА 302

Shchapova E.P., Borvinskaya E.V., Gurkov A.N., Baduev B.K., Timofeyev M.A. BEHAVIOR OF NON-BIODEGRADABLE POLYELECTROLYTE MICROCAPSULES IN THE ORGANISM OF AMPHIPODS *E. VERRUCOSUS* AND FISHES *D. RERIO* 303

Щапова Е.П., Борвинская Е.В., Гурков А.Н., Бадуев Б.К., Тимофеев М.А. ПОВЕДЕНИЕ НЕБИОДЕГРАДИРУЕМЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫХ МИКРОКАПСУЛ В ОРГАНИЗМЕ АМФИПОД *E. VERRUCOSUS* И РЫБ *D. RERIO* 303

Sherstyankin P.P., Shimarayev M.N., Potemkin V.L., Kuimova L.N. EQUATIONS OF DEEP WATER STATUS, VERTICAL STABILITY AND BRUNT–VÄISÄLÄ FREQUENCY: A CASE STUDY FOR LAKE BAIKAL 303

Шерстянкин П.П., Шимараев М.Н., Потемкин В.Л., Куимова Л.Н. УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ВОДЫ, ВЕРТИКАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И ЧАСТОТЫ ВЯЙСЯЛЯ-БРЕНТА ДЛЯ ГЛУБОКИХ ВОД НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ 304

Sherstyankin P.P., Shimarayev M.N., Potemkin V.L., Kuimova L.N. SIMILARITIES AND DISSIMILARITIES OF TEMPERATURE REGIME OF LAKE BAIKAL AND THE SUBGLACIAL OCEAN OF EUROPA – ONE OF THE JUPITER'S MOON 304

Шерстянкин П.П., Шимараев М.Н., Потемкин В.Л., Куимова Л.Н. О СХОДСТВЕ И РАЗЛИЧИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ОЗЕРА БАЙКАЛ И ПОДЛЕДНОГО ОКЕАНА ЕВРОПЫ – СПУТНИКА ЮПИТЕРА 304

Sheveleva N.G., Penkova O.G. CHANGES OF THE ZOOPLANKTON COMMUNITY IN MALOE MORE STRAIT DURING 20 YEARS 305

Шевелева Н.Г., Пенькова О.Г. ИЗМЕНЕНИЯ В СООБЩЕСТВЕ ЗООПЛАНКТОНА ПРОЛИВА МАЛОЕ МОРЕ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 20 ЛЕТ 305

Shikano S., Kanaya G., Urabe M., Ponomareva N. M., Yurlova N. TREMATODE PARASITE LARVAE AS A POTENTIAL FOOD SOURCE FOR AQUATIC ANIMALS IN AN ESTUARINE ECOSYSTEM 306

Shiretorova V.G., Pavlov I.A., Radnaeva L.D., Tulokhonov A.K. CHEMICAL COMPOSITION OF WATER AND SEDIMENTS OF THE BARGUZIN RIVER AND ITS TRIBUTARIES 307

Ширеторова В.Г., Павлов И.А., Раднаева Л.Д., Тулохонов А.К. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕКИ БАРГУЗИН И ЕГО ПРИТОКОВ 307

Shirokova Yu.A., Madyarova E.V., Vereshchagina K.P., Shatilina Zh.M., Timofeyev M.A. THE INFLUENCE OF GRADUAL CHANGE IN AMBIENT TEMPERATURE ON THE LIPID PEROXIDATION PROCESS OF BAIKAL DEEPWATER AMPHIPODS OMMATOGAMMARUS FLAVUS 308

Широкова Ю.А., Мадьярова Е.В., Верещагина К.П., Шатилина Ж.М., Тимофеев М.А. ВЛИЯНИЕ ГРАДИЕНТНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СРЕДЫ НА ПРОЦЕССЫ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ У БАЙКАЛЬСКИХ ГЛУБОКОВОДНЫХ АМФИПОД OMMATOGAMMARUS FLAVUS 308

Shishlova M.A., Bykovskaya N.V. CHEMICAL-GENETIC ASSESSMENT OF WATERCOURSES WITH THE CONTENT OF HEAVY METALS IN RIVER WATER 309

Шишлова М.А., Быковская Н.В. ХИМИКО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДОТОКОВ ПО СОДЕРЖАНИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РЕЧНОЙ ВОДЕ 309

Shishlyannikova T.A., Lipko I.A., Shtykova Y.R., Fedorova G.A., Belyh O.I. SCREENING OF NACTIN-PRODUCING ACTINOMYCES STRAINS ISOLATED FROM LAKE BAIKAL 309

Шишлянникова Т.А., Липко И.А., Штыкова Ю.Р., Фёдорова Г.А., Белых О.И. СКРИНИНГ НАКТИН-ПРОДУЦИРУЮЩИХ ШТАММОВ АКТИНОМИЦЕТ ОЗЕРА БАЙКАЛ 310

Shitova M.V., Nikiforova F.I., Rubtsova G.A., Afanasyev K.I., Malinina T.V., Prokhorovskaya V.D., Rakitskaya T.A., Zhivotovskiy L.A. POPULATION GENETIC PATTERN OF CHUM SALMON *(ONCORHYNCHUS KETA)* IN THE NORTHERN PART OF ITS HABITAT 310

Шитова М.В., Никифоров А.И., Рубцова Г.А., Афанасьев К.И., Малинина Т.В., Прохоровская В.Д., Ракицкая Т.А., Животовский Л.А. ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КЕТЫ (*ONCORHYNCHUS KETA*) СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ АРЕАЛА 311

Shkiria M., Tereshkin S., Davidenko Y., Petrischev M. THE USE OF THE COMPLEX ELECTROMAGNETIC SOUNDINGS FOR SEARCH OF DEPOSITS OF HYDROCARBONS IN LANDFALL WET SECTION OF THE SHIELD 311

Шкиря М.С., Терёшкин С.А., Давыденко Ю.А., Петрищев М.С. ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ ДЛЯ ПОИСКА ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ШЕЛЬФА 312

Shorina N.V., Klimov S.I., Haipova A.H. DYNAMICS OF IRON DISTRIBUTION IN THE BOREAL ARCTIC RIVER SEVERNAYA DVINA 313

Шорина Н.В., Климов С.И., Каипова А.Х. ДИНАМИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА В БОРЕАЛЬНОЙ АРКТИЧЕСКОЙ РЕКЕ СЕВЕРНОЙ ДВИНЕ 313

Shtykova Yu.R., Gladkikh A.S., Mironova L.V., Ponomareva A.S., Balakhonov S.V., Sukhanova E.V., Podlesnaya G.V., Zimens E.A, Potapov S.A., Suslova M.Yu., Tikhonova I.V., Belykh O.I. MALDI-TOF-MS ANALYSIS IN ACCELERATED IDENTIFICATION OF OPPORTUNISTIC BACTERIA IN DIFFERENT ECOTOPES OF THE COASTAL ZONE OF LAKE BAIKAL 314

Штыкова Ю.Р., Гладких А.С., Миронова Л.В., Пономарева А.С., Балахонов С.В., Суханова Е.В., Подлесная Г.В, Зименс Е.А, Потапов С.А., Суслова М.Ю., Тихонова И.В., Белых О.И. MALDI-TOF-MS АНАЛИЗ В УСКОРЕННОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ УСЛОВНО-ПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОТОПАХ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ 314

Shtykova Yu.R., Krasnopeev A.Yu., Potapov S.A., Sitnikova T.Ya., Belykh O.I. METAGENOMIC ANALYSIS OF THE BACTERIAL COMMUNITY OF THE DIGESTIVE SYSTEM OF ENDEMIC BAIKAL GASTROPODS *BENEDICTIA BAICALENSIS* 315

Штыкова Ю.Р., Краснопеев А.Ю., Потапов С.А., Ситникова Т.Я., Белых О.И. МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА ЭНДЕМИЧНЫХ БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ *BENEDICTIA BAICALENSIS* ОЗЕРА БАЙКАЛ 315

Shul'ga T.Ya., Suslin V.V. SIMULATION OF SUSPENDED MATTER IN THE SEA OF AZOV IN A HYDRODYNAMIC MODEL WITH ASSIMILATION SATELLITE DATA 316

Шульга Т.Я., Суслин В.В. ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗВЕШЕННОГО ВЕЩЕСТВА В АЗОВСКОМ МОРЕ ПО ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ С УСВОЕНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ....316

Sidorova T.V., Smirnov V.V., Fedotov A.P., Kirilchik S.V., Teterina V.I., Sukhanova L.V. IS THE OMUL OF THE UPPER KICHERA LAKES A RELIC OF THE GLACIAL EPOCH IN THE BASIN OF LAKE BAIKAL?....317

Silow E.A., Krashchuk L.S., Pislegina E.V., Rusanovskaya O.O., Shimaraeva S.V., Timofeyev M.A. THE PRESENT STATE OF THE LAKE BAIKAL PLANKTON ACCORDING TO LONG-TERM MONITORING OBSERVATIONS....317

Sinyukovich V.N., Latysheva I.V., Makukhin V.L. AIR CIRCULATION AND CURRENT LOW-FLOW PERIOD IN THE BAIKAL CATCHMENT AREA 318

Синюкович В.Н., Латышева И.В., Макухин В.Л. СОВРЕМЕННОЕ МАЛОВОДЬЕ В БАССЕЙНЕ ОЗ. БАЙКАЛ И ЦИРКУЛЯЦИЯ АТМОСФЕРЫ....319

Slukovskyii Z.I., Novitsky D.G., Medvedev A.S. CONTENT OF HEAVY METALS IN SEDIMENTS OF SMALL AND LARGE WATERBODIES OF KARELIA AS THE INDICATOR OF LONG-RANGE ATMOSPHERIC TRANSPORT OF POLLUTANTS....319

Слуковский З.И., Новицкий Д.Г., Медведев А.С. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СОВРЕМЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МАЛЫХ И КРУПНЫХ ВОДОЕМОВ КАРЕЛИИ КАК ИНДИКАТОР АТМОСФЕРНОГО ПЕРЕНОСА ПОЛЮТАНТОВ 320

Smeshlivaya N., Semenchenko S., Prilipko N. THE SURVIVAL RATE IN EMBRYOGENESIS OF WHITE FISH HYBRIDS....320

Смешливая Н.В., Семенченко С. М., Прилипко Н.И. К ВОПРОСУ О ВЫЖИВАЕМОСТИ ГИБРИДОВ СИГОВЫХ РЫБ В ЭМБРИОГЕНЕЗЕ 321

Solovyev M.M., Kashinskaya E.N., Golovaneva O.V., Bochkarev N.A., Rogozhin E.A., Gisbert E. COMPARATIVE ANALYSIS OF DIGESTIVE ENZYMES OF SYMPATRIC PAIR OF WHITEFISHES FROM TELETSKOYE LAKE (ALTAI REGION, RUSSIA) 322

Соловьев М.М., Кашинская Е.Н., Голованева О.В., Бочкарев Н.А., Рогожин Е.А., Жизберт Э. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ СИМПАТРИЧЕСКОЙ ПАРЫ СИГОВ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА (АЛТАЙСКИЙ РЕГИОН, РОССИЯ) 322

Sorokovikova L.M., Onishchuk N.A., Bashenkhayeva N.V., Sakirko M.V., Tomberg I.V., Pogodaeva T.V., Sezko N.P., Marinaite I.I., Zhuchenko N.A. CHEMICAL COMPOSITION AND WATER QUALITY OF THE BOGUCHANSK RESERVOIR IN THE FIRST YEARS OF FILLING 323

Сороковикова Л.М., Онищук Н.А., Башенхаева Н.В., Сакирко М.В., Томберг И.В., Погодаева Т.В., Сезько Н.П., Маринайте И.И., Жученко Н.А. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КАЧЕСТВО ВОДЫ БОГУЧАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ПЕРВЫЕ ГОДЫ НАПОЛНЕНИЯ 323

Sorokovikova L.M., Tomberg I.V., Sinyukovich V.N., Ivanov V.G. SILICA INPUT WITH WATERS OF THE SELENGA RIVER AND ITS TRANSFORMATION IN THE WATER AREA OF THE SELENGA SHOAL 324

Сороковикова Л.М., Томберг И.В., Синюкович В.Н., Иванов В.Г. ПОСТУПЛЕНИЕ КРЕМНИЯ С ВОДАМИ Р. СЕЛЕНГИ И ЕГО ТРАНСФОРМАЦИЯ НА АКВАТОРИИ СЕЛЕНГИНСКОГО МЕЛКОВОДЬЯ 325

Stepanova V.B. MACROZOOBENTHOS OF YAMAL LAKES IN THE BUILDING AREA OF THE SEA PORT. 325

Степанова В.Б. МАКРОЗООБЕНТОС ОЗЕР ЯМАЛА В РАЙОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА МОРСКОГО ПОРТА....325

Stepanova O.G., Trunova V.A., Vorobyeva S.S., Osipov E.Yu., Melgunov M.S., Petrovskii S.K., Krapivina S.M., Zheleznyakova T.O., Enushchenko I.V., Vershinin K.E., Parhomchuk E.V., Rastigeev S.A., Petrozhitsky A.V., Fedotov A.P. PALEOCLIMATE RECORDS OF THE HOLOCENE INFERRED FROM PROGLACIAL LAKE BOTTOM SEDIMENTS OF EAST SIBERIA 326

Strakhovenko V.D., Subetto D.A., Ovdina E.A., Danilenko I.V., Belkina N.A., Efremenko N.A., Maslov A.V. MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL STUDIES OF LATE HOLOCENE BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE ONEGA 327

Страховенко В.Д., Субетто Д.А., Овдина Е.А., Даниленко И.В., Белкина Н.А., Ефременко Н.А., Маслов А.В. МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПОЗДНЕГО ГОЛОЦЕНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА 327

Sukhanova E.V., Zimens E.A., Belykh O.I. SEARCHING FOR MICROBIAL PRODUCERS OF BIOACTIVE METABOLITES FROM EPILITHIC BIOFILMS OF LAKE BAIKAL 328

Суханова Е.В., Зименс Е.А., Белых О.И. ПОИСК МИКРОБНЫХ ПРОДУЦЕНТОВ БИОАКТИВНЫХ МЕТАБОЛИТОВ ИЗ ЭПИЛИТИЧЕСКИХ БИОПЛЕНОК ОЗЕРА БАЙКАЛ 328

Suslin V.V., Belykh O.I., Sherstyankin P.P., Glyzina O.Yu., Churilova T.Ya. SOUTHERN BAIKAL: JOINT ANALYSIS OF SATELLITE DATA IN VISUAL SPECTRAL RANGE AND *IN SITU* CHLOROPHYLL *A* MEASUREMENTS 329

Суслин В.В., Белых О.И., Шерстянкин П.П., Глызина О.Ю., Чурилова Т.Я. ЮЖНЫЙ БАЙКАЛ: СОВМЕСТНЫЙ АНАЛИЗ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ В ВИДИМОМ ДИАПАЗОНЕ СПЕКТРА И *IN SITU* ИЗМЕРЕНИЙ ХЛОРОФИЛЛА А 329

Suslayev V.I., Zhuravlev V.A., Korovin E.Yu., Tretiakov A.S., Suslayev V.V., Pavlova A.A. MICROWAVE ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF WATER OBJECTS OF WESTERN SIBERIA 330

Сусляев В.И., Журавлев В.А., Коровин Е.Ю., Третьяков А.С., Сусляев В.В., Павлова А.А. СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ 330

Suslova M.Yu., Tsydypova S.B., Grebenshchikova V.I. CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL COMPOSITION OF WATER SOURCE OF ANGARA IN 2017 331

Суслова М.Ю., Цыдыпова С.Б., Гребенщикова В.И. ХИМИЧЕСКИЙ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ В ИСТОКЕ АНГАРЫ В 2017 Г. 331

Sutorikhin I.A., Kolomeytsev A.A., Litvinenko S.A., Frolenkov I.M. HYDROOPTICAL PARAMETERS OF LAKE TELETSKOYE IN THE SUMMER AND WINTER PERIODS 2017-2018 332

Суторихин И.А., Коломейцев А.А., Литвиненко С.А., Фроленков И.М. ГИДРООПТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА В ЛЕТНИЙ И ЗИМНИЙ ПЕРИОДЫ 2017-2018 ГГ. 332

Sutyrina E.N. LONG-TERM VARIATION OF ICE-THERMAL CONDITIONS OF LAKE HOVSGOL ACCORDING TO SATELLITE DATA 333

Сутырина Е.Н. МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕДОВО-ТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОЗ. ХУБСУГУЛ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ 333

Tabakova M.A., Ryadinskaya N.I. THE HEPATIC TRIAD OF THE BAIKAL SEAL 334

Табакова М.А., Рядинская Н.И. ПЕЧЕНОЧНАЯ ТРИАДА БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ 334

Tanabe Yu., Kokubun N., Hayashi K., Fujitake N., Kida M., Kudoh S. SEASONAL CHANGE OF PHOTOSYNTHESIS OF PHYTOBENTHIC COMMUNITIES IN ANTARCTIC LAKES 335

Teryaeva I.Yu., Surkov DA, Romanenko G.A. BIODIVERSITY OF PARASITOFAUNA IN THE RIVERHEAD OF THE OB (ALTAI TERRITORY) 335

Теряева И.Ю., Сурков Д.А., Романенко Г.А. БИОРАЗНООБРАЗИЕ ПАРАЗИТОФАУНЫ В ВЕРХОВЬЯХ РЕКИ ОБЬ АЛТАЙСКОГО КРАЯ 335

Tikhonova I.V., Zabortseva T.I., Evstropyeva O.V., Tsvetkova A.V., Sorokovikova E.G., Gevorgyan G., Potapov S.A. Ivacheva M.A., Krasnopeev A.Yu., Belykh O.I. COMBINED APPROACH WITH AN EMPHASIS ON TOXIC CYANOBACTERIA FOR ESTIMATION OF ECOLOGICAL STATE OF THE MUHOR BAY (LAKE BAIKAL, RUSSIA) 336

Тихонова И.В., Заборцева Т.И., Евстропьева О.В., Цветкова А.В., Сороковикова Е.Г., Геворгян Г., Потапов С.А., Ивачева М.А., Краснопеев А.Ю., Белых О.И. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗАЛИВА МУХОР ОЗЕРА БАЙКАЛ (С АКЦЕНТОМ НА ТОКСИЧНЫХ ЦИАНОБАКТЕРИИ) ВО ВРЕМЯ ИНТЕНСИВНОГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ....336

Titova L.A., Usoltseva M.V. SEASONAL DYNAMICS OF BAIKAL PHYTOPLANKTON IN 2017....337

Титова Л.А, Усольцева М.В. СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ФИТОПЛАНКТОНА ПЕЛАГИАЛИ ОЗ. БАЙКАЛ В 2017 Г. 337

Titova L.A., Usoltseva M.V. SPRING PHYTOPLANKTON OF PELAGIC ZONE OF BAIKAL LAKE IN 2013-2016....338

Титова Л.А, Усольцева М.В. ВЕСЕННИЙ ФИТОПЛАНКТОН ПЕЛАГИАЛИ ОЗ. БАЙКАЛ 2013-2016 ГОДЫ....338

Trifonov A., Vorobiev D., Noskov Yu., Branevsky Ya., Kulizhsky S., Merzlyakov O., Sokolenko V. MOBILE HARDWARE-PROGRAM COMPLEX FOR EXPRESS ASSESSMENT OF OIL AND PETROLEUM CONTAMINATION IN BOTTOM SEDIMENTS OF A CONTINENTAL WATER BODIES – “AEROSCHUP”....339

Трифонов А.А., Воробьев Д.С., Носков Ю.А., Браневский Я.В., Кулижский С.П., Мерзляков О.Э., Соколенко В.В. МОБИЛЬНЫЙ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ – «АЭРОЩУП» 340

Troitskaya E.S., Lovtsov S.V., Shimaraev M.N., Portyanskaya I.A., Budnev N.M. DESCRIPTION OF SHORT-TERM OSCILLATIONS OF WATER TEMPERATURE IN SOUTHERN BAIKAL IN DIFFERENT PERIODS BY RESULTS OF SPECTRAL ANALYSIS 340

Троицкая Е.С., Ловцов С.В., Шимараев М.Н., Портянская И.А., Буднев Н.М. ХАРАКТЕРИСТИКА КОРОТКОПЕРИОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ В ЮЖНОМ БАЙКАЛЕ В РАЗНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА 341

Tsegmid N., Malovichko L.V. ORNITOCOMPLEX WATER AND MARSH CENTRAL AND SOUTHERN MONGOLIA....341

Цэгмид Н., Маловичко Л.В. ОКОЛОВОДНЫЙ ОРНИТОКОМПЛЕКС ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЮЖНОЙ МОНГОЛИИ....342

Tyagun M. MORPHES OF THE OTOLITES OF STONE AND SAND SCULPINS, *PARACOTTUS KNERII* AND *LEOCOTTUS KESSLERII*, (FAMILY COTTIDAE) AS A RESULT OF GENERAL ADAPTIVE VARIABILITY....342

Тягун М.Л. МОРФЫ ОТОЛИТОВ КАМЕННОЙ И ПЕСЧАНОЙ ШИРОКОЛОБОК, *PARACOTTUS KNERII* И *LEOCOTTUS KESSLERII*, (СЕМ. COTTIDAE), КАК РЕЗУЛЬТАТ ОБЩЕЙ АДАПТИВНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ 343

Tyagun M.L., Tolmacheva Yu.P. VARIABILITY OF THE SCALE ARMORS OF RIVER PERCH (*PERCA FLUVIATILIS LINNAEUS*, 1758) IN RESERVOIRS WITH VARIOUS VOLUMES OF OPEN SPACE 343

Тягун М.Л., Толмачёва Ю.П. ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВООРУЖЕНИЙ РЕЧНОГО ОКУНЯ (*PERCA FLUVIATILIS LINNAEUS*, 1758) В ВОДОЁМАХ С РАЗНЫМ ОБЪЁМОМ ОТКРЫТОГО ПРОСТРАНСТВА....344

Tyagun M.L., Sapozhnikova Yu.P., Sukhanova L.V., Glyzina O.Yu., Yakhnenko V.M. ABERRATION OF FISH OTOLITHS AS ADAPTATION FOR DIFFERENT DEPTHS....344

Тягун М.Л., Сапожникова Ю.П., Суханова Л.В., Глызина О.Ю., Яхненко В.М. АБЕРРАЦИЯ ОТОЛИТОВ РЫБ КАК АДАПТАЦИЯ ПРИ ОСВОЕНИИ РАЗНЫХ ГЛУБИН....345

Ulzetueva I.D., Gomboev B.O., Batomunkuev V.S., Zhamyanov D.Ts.-D. MAIN DIRECTIONS OF THE ECOLOGICAL STATE IMPROVEMENT OF WATER OBJECTS OF THE BAIKAL NATURAL TERRITORY (BNT) 346

Ульзетуева И.Д., Гомбоев Б.О., Батомункуев В.С., Жамьянов Д.Ц-Д. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БПТ 347

Urabe M., Kanaya G., Shikano S., Haneda T., Uesaka M., Sako Y., Kadowaki Y., Ponomareva N.M., Yurlova N.I. EMERGENCE PATTERN OF FREE-CERCARIAE ALONG THE COAST OF LAKE CHANY, WESTERN SIBERIA: RELATIONSHIPS WITH WATER TEMPERATURE AND LIGHT CONDITIONS.. 347

Ushakov M.V. CLIMATIC CHANGES OF THE MINIMUM DAY FLOW FOR A SUMMER-AUTUMN PERIOD ON THE RIVERS OF THE NORTH PRIOKHOTOMORIE 348

Ушаков М.В. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МИНИМАЛЬНОГО СУТОЧНОГО СТОКА ЗА ЛЕТНЕ-ОСЕННИЙ ПЕРИОД НА РЕКАХ СЕВЕРНОГО ПРИОХОТОМОРЬЯ 349

Uskova S.S., Martynova A.V., Generalov M.A., Adilgireev N.A., Hasbolatov R.I. INDICATION OF ENTEROCOCCI STRAINS IN SANITARY MICROBIOLOGY STUDY OF WATER OF VLADIVOSTOK350

Ускова С.С., Мартынова А.В., Генералов М.А., Адильгереев Н.А., Хасболатов Р.И. ОПЫТ ИДЕНТИФИКАЦИИ ШТАММОВ ЭНТЕРОКОККОВ ПРИ САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЯХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ Г.ВЛАДИВОСТОКА..... 350

Usoltseva M.V., Titova L.A., Chuvashova I.S., Hassan A., Rasskazov S.V. FOSSIL DIATOMS IN NEOGENE PALEOLAKES OF THE BAIKAL RIFT 351

Усольцева М.В., Титова Л.А., Чувашова И.С., Хассан А., Рассказов С.В. ИСКОПАЕМЫЕ ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ В НЕОГЕНОВЫХ ПАЛЕОВОДОЕМАХ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ 352

Vandysh O.I., Koroleva I.M., Postnova S.V. ZOOPLANKTON OF LAKE IMANDRA AND ITS ROLE IN FISH NUTRITION..... 353

Вандыш О.И., Королева И.М., Постнова С.В. ЗООПЛАНКТОН ОЗЕРА ИМАНДРА И ЕГО РОЛЬ В ПИТАНИИ РЫБ..... 353

Vakhrameeva E.A., Kokryatskaya N.M. GRANULOMETRIC COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS OF LAKES..... 354

Вахрамеева Е.А., Кокрятская Н.М. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР..... 354

Vereshchagina K.P., Kondrateva E.S., Axenov-Gribanov D.V., Timofeyev M.A. ADAPTATION TO LOW TEMPERATURE AS A POSSIBLE KEY TO THE UNIQUENESS OF LAKE BAIKAL ENDEMIC AMPHIPODS 354

Верещагина К.П., Кондратьева Е.С., Аксенов-Грибанов Д.В., Тимофеев М.А. УСТОЙЧИВОСТЬ К ХОЛОДУ КАК КЛЮЧЕВОЙ МЕХАНИЗМ УНИКАЛЬНОСТИ БАЙКАЛЬСКИХ ЭНДЕМИЧНЫХ АМФИПОД 355

Vesnina L.V. SUSTAINABILITY OF HYPERHYLENE LAKE HYDROSYSTEMS OF RUSSIAN FEDERATION..... 355

Веснина Л.В. УСТОЙЧИВОСТЬ ГИДРОСИСТЕМЫ ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 356

Vesnina L.V., Ronzhina T.O. BIODIVERSITY OF HYPERGAL LAKES IN THE TRANSGREATIVE PHASE OF WATER CONTENT..... 356

Веснина Л.В., Ронжина Т.О. БИОРАЗНООБРАЗИЕ ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕР В ТРАНСГРЕССИВНУЮ ФАЗУ ВОДНОСТИ..... 357

Vesnina L.V., Savos'kin A.V. MAIN APPROACHES AND METHODS OF IDENTIFICATION OF CYST *ARTEMIA* IN HYPERGALINE LAKES OF RUSSIAN FEDERATION..... 357

Веснина Л.В., Савоськин А.В. ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЦИСТ АРТЕМИИ В ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕРАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 358

Vitkovskaya I.A., Borisova E.V., Sushchik N.N. DISTRIBUTION OF MIDGES (CHIRONOMIDAE, DIPTERA) ON TERRESTRIAL AREA AFTER THEIR EMERGENCE FROM SALINE LAKE SHIRA..... 358

Витковская И.А., Борисова Е.В., Сущик Н.Н. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БИОМАССЫ КОМАРОВ-ЗВОНЦОВ (CHIRONOMIDAE, DIPTERA) НА СУШЕ ПРИ ВЫЛЕТЕ ИМАГО ИЗ СОЛЕНОГО ОЗЕРА ШИРА..... 358

Vologina E.G., Sturm M., Astakhov A.S., Shi Xuefa IMPACT OF ANTHROPOGENIC INFLUENCE AND CLIMATE CHANGES ON RECENT BOTTOM SEDIMENTS....359

Вологина Е.Г., Штурм М., Астахов А.С., Ши Сюефа ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА СОВРЕМЕННЫЕ ДОННЫЕ ОСАДКИ....359

Vorobyov D., Noskov Yu., Frank Yu., Trifonov A., Kulizhsky S., Merzlyakov O., Sokolenko V. NEW TECHNOLOGY OF FLOTATION OF OIL FROM THE BOTTOM OF WATER BODIES....360

Воробьев Д.С., Носков Ю.А., Франк Ю.А., Трифонов А.А., Кулижский С.П., Мерзляков О.Э., Соколенко В.В. НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ФЛОТАЦИОННОГО СБОРА НЕФТИ СО ДНА ВОДОЕМОВ....360

Vorobyova I.B., Belozertseva I.A., Vlasova N.Oh., Gagarinova O.V., Yanchuk M.S. MODERN STATE OF SMALL TRIBUTARIES OF LAKE BAIKAL....360

Воробьева И.Б., Белозерцева И.А., Власова Н.В., Гагаринова О.В., Янчук М.С. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ ПРИТОКОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ....361

Vorobyova S.S., Fedotov A.P. DIATOM RECORDS OF THE HOLOCENE SEDIMENTS FROM THE LAKES OF EAST SIBERIA AS INDICATORS OF ENVIRONMENTAL CHANGES....361

Voronin V.P., Murzina S.A, Nefedova Z.A., Pekkoeva S.N., Nemova N.N. LIPIDS AND FATTY ACID PROFILES OF FORAGE OBJECTS OF JUVENILES OF SALMONIDS IN RIVERS OF LAKE LADOGA AND WHITE SEA BASIN....362

Воронин В.П., Мурзина С.А., Нефедова З.А., Пеккоева С.Н., Немова Н.Н. ЛИПИДНЫЙ И ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ КОРМОВОЙ БАЗЫ МОЛОДИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ РЕК БАССЕЙНА ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА И БЕЛОГО МОРЯ....362

Vornholt M.A., Gasarov P.V., Makarov M.M., Kulikov V.A., Tyagun M.L., Glyzina O.Yu., Yakhnenko V.M., Belkova N.L., Sukhanova L.V., Sapozhnikova Yu.P. STUDY OF ULTRASTRUCTURAL CORRELATES OF DIFFERENT LEVEL OF SENSITIVITY IN BAIKAL FISH IN THEIR NATURAL ENVIRONMENT AND UNDER CONDITIONS OF COMMON GARDEN EXPERIMENTS....363

Wiezer L.S. A HUNDRED YEARS DYNAMICS OF ZOOPLANKTON COMMUNITIES IN CHANY LAKE...363

Визер Л.С. ВЕКОВАЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕРА ЧАНЫ....364

Yakhnenko A.S., Itskovich V.B. COMPARATIVE VARIABILITY ANALYSIS OF THE STANDARD 5'END PARTITION AND I3-M11 PARTITION OF THE COI GEN IN CLOSELY RELATED SPECIES OF BAIKALIAN SPONGES....364

Яхненко А.С., Ицкович В.Б. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СТАНДАРТНОГО 5' КОНЦЕВОГО УЧАСТКА И УЧАСТКА I3-M11 ГЕНА COI ДЛЯ БЛИЗКОРОДСТВЕННЫХ БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК....365

Yakhnenko V.M., Klimenkov I.V., Kondratov I., Kupchinsky A.B., Batudaeva A.K., Yakhnenko A.S. MORPHOFUNCTIONAL FEATURES OF ERYTHROCYTES IN SOME COTTOID FISH OF BAIKAL....365

Яхненко В.М., Клименков И.В., Кондратов И., Купчинский А.Б., Батудаева А.К., Яхненко А.С. МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭРИТРОЦИТОВ НЕКОТОРЫХ КОТТОИДНЫХ РЫБ БАЙКАЛА....366

Yakhnenko V.M., Klimenkov I.V., Sudakov N.P., Glyzina O.Yu., Sapozhnikova Yu.P., Tyagun M.L., Avezova T.N., Kondratov I.G., Batudaeva A.K., Sukhanova L.V. MORPHOFUNCTIONAL FEATURES OF OXYGEN TRANSPORT SYSTEM IN PELED (*COREGONUS PELED*), OMUL (*C. MIGRATORIUS*) AND THEIR HYBRIDS IN THE BELAYA RIVER....367

Яхненко В.М., Клименков И.В., Судаков Н.П., Глызина О.Ю., Сапожникова Ю.П., Тягун М.Л., Авезова Т.Н., Кондратов И.Г., Батудаева А.К. , Суханова Л.В. МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТА КИСЛОРОДА ПЕЛЯДИ, ОМУЛЯ И ИХ ГИБРИДОВ Р. БЕЛАЯ....368

Yadrenkina E.N. FACTORS THAT DETERMINE THE SUCCESS OF DISTRIBUTION OF ALIEN SPECIES OF FISH IN WESTERN SIBERIA....369

Yanygina L.V., Vizer A.M. LONG-TERM DYNAMICS OF RIVER SNAIL (*VIVIPARUS VIVIPARUS*) DISTRIBUTION IN THE NOVOSIBIRSK RESERVOIR....370

Яныгина Л.В., Визер А.М. МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ РЕЧНОЙ ЖИВОРОДКИ (*VIVIPARUS VIVIPARUS*) В НОВОСИБИРСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ 370

Yeletskaya E.V., Titova L.A., Bashenkhaeva M.V. SPATIAL DISTRIBUTION OF OXYGEN, NUTRIENTS, PHYTOPLANKTON AND BACTERIA IN SOUTHERN BAIKAL DURING ICE COVER PERIOD 370

Елецкая Е.В., Титова Л.А., Башенхаева М.В. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОРОДА, БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ФИТОПЛАНКТОНА И БАКТЕРИЙ В ЛЕДОВЫЙ ПЕРИОД В ЮЖНОМ БАЙКАЛЕ 371

Yermolaeva N.I., Zarubina E.Yu., Bezmaternykh D.M., Strakhovenko V.D., Taran O.P., Romanov R.E., Ovdina E.A. THE ROLE OF AQUATIC ORGANISMS IN THE FORMATION OF THE PHYSICO-CHEMICAL ENVIRONMENT IN AQUATIC ECOSYSTEMS (ON THE EXAMPLE OF THE SMALL LAKES OF THE NOVOSIBIRSK REGION) 372

Ермолаева Н.И., Зарубина Е.Ю., Безматерных Д.М., Страховенко В.Д., Таран О.П., Романов Р.Е., Овдина Е.А. РОЛЬ ГИДРОБИОНТОВ В ФОРМИРОВАНИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ (НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ ОЗЕР НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ) 372

Yurlova N.I., Ponomareva N.M., Kanaya G., Urabe M., Shikano S. BIOMASS OF FRESHWATER TREMATODE CERCARIAE: A POTENTIAL PART OF ENERGY FLOW IN ESTUARINE ECOSYSTEM 373

Zabelina S.A., Klimov S.Iv., Chupakov A.V., Pokrovsky O.S., Egorov A.V., Guérin F., Shirokova L.S. METHANE EMISSION FROM THE SURFACE OF CONTRAST BOREAL LAKES 374

Забелина С.А., Климов С.И., Чупаков А.В., Покровский О.С., Егоров А.В., Guérin F., Широкова Л.С. ЭМИССИЯ МЕТАНА С ПОВЕРХНОСТИ КОНТРАСТНЫХ БОРЕАЛЬНЫХ ОЗЕР 374

Zaidykov I.Yu., Bukin Yu.S., Naumova E.Yu., Kirilchik S.V., Sukhanova L.V. PHYLOGENETIC RELATIONSHIPS AND RECONSTRUCTION OF THE POPULATION HISTORY OF ASIAN REPRESENTATIVES OF THE GENUS *EPISCHURA* (COPEPODA, CALANOIDA) 375

Зайдыков И.Ю., Букин Ю.С., Наумова Е.Ю., Кирильчик С.В., Суханова Л.В. ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ИСТОРИИ АЗИАТСКИХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *EPISCHURA* (COPEPODA, CALANOIDA) 375

Zayakina S.B., Shavekin A.S., Leonova G.A., Maltsev A.V. POSSIBILITIES OF A MULTICOMPONENT METHOD OF HIGH-TIME RESOLUTION EMISSION SPECTROMETRY ON THE EXAMPLE OF BOTTOM SEDIMENT ANALYSIS OF LAKE KOTOKEL 376

Заякина С.Б., Шавекин А.С., Леонова Г.А., Мальцев А.В. ВОЗМОЖНОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО МЕТОДА ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ ВЫСОКОГО ВРЕМЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗОВ ДОННЫХ ОСАДКОВ ОЗЕРА КОТОКЕЛЬ 377

Zinnatova E.A., Frolova L.A. PALEOLIMNOLOGICAL RESEARCHS OF THERMOKARST WATER BODIES IN THE NORTH OF THE KRASNOYARSK REGION ON THE BASIS OF ANALYSIS OF RECENT CLADOCERA COMMUNITIES 377

Зиннатова Э.А., Фролова Л.А. ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ВОДОЕМОВ СЕВЕРА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕЦЕНТНЫХ СООБЩЕСТВ CLADOCERA 378

Zuyev Y. DISTRIBUTION OF ZOOBENTHOS OF LADOGA LAKE ON THE ROCKY LITTORAL 378

Зуев Ю.А. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООБЕНТОСА ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА НА КАМЕНИСТОЙ ЛИТОРАЛИ 379

Zvereva Yu.M., Medvezhonkova O.V., Naumova T.V., Sheveleva N.G., Sorokovikova E.G., Timoshkin O.A. INFAUNA ASSOCIATED WITH THE ENDEMIC SPONGE *LUBOMIRSKIA BAICALENSIS* (PALLAS, 1771) IN A PERIOD OF ECOLOGICAL CRISIS IN LAKE BAIKAL 379

Зверева Ю.М., Медвежонкова О.В., Наумова Т.В., Шевелева Н.Г., Сороковикова Е.Г., Тимошкин О.А. ИНФАУНА, АССОЦИИРОВАННАЯ С ЭНДЕМИЧНОЙ ГУБКОЙ *LUBOMIRSKIA BAICALENSIS* (PALLAS, 1771) В ПЕРИОД ЕЕ МАССОВОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ 380

Zhdanov A.A., Gnatovsky R.Yu., Blinov V.V., Granin N.G. METHODICAL JUSTIFICATION OF GEOSTROPHIC CURRENTS ESTIMATION FOR THE PURE BAIKAL WATER CONDITIONS. 380

Жданов А.А., Гнатовский Р.Ю., Блинов В.В., Гранин Н.Г. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЕТА ГЕОСТРОФИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЙ ДЛЯ УСЛОВИЙ ПРЕСНЫХ БАЙКАЛЬСКИХ ВОД. 381

Zhdanova A.N., Krivonogov S.K., Solotchina E.P., Solotchin P.A. BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE MALYE CHANY: MINERALOGY AND GEOCHEMISTRY 382

Жданова А.Н., Кривоногов С.К., Солотчина Э.П., Солотчин П.А. ДОННЫЕ ОСАДКИ ОЗЕРА МАЛЫЕ ЧАНЫ: МИНЕРАЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ 382

Zhukova T.V. NUTRIENT DYNAMICS AS INDICATOR OF THE PRESENT-DAY EVOLUTION OF THE NAROCHANSKIE LAKES (BELARUS) 383

Жукова Т.В. РЕЖИМ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СОВРЕМЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР (БЕЛАРУСЬ) 383

Zimens E.A., Sukhanova E.V. ENZYMIC ACTIVITY AND ANTIBIOTIC RESISTANCE OF BACTERIA ISOLATED FROM WATER AND BIOFILMS OF LAKE BAIKAL 384

Зименс Е.А., Суханова Е.В. ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ И АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТЬ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ВОДЫ И БИОПЛЕНОК ОЗЕРА БАЙКАЛ 384

Zinnatova E.A., Frolova L.A. PALEOLIMNOLOGICAL RESEARCHS OF THERMOKARST WATER BODIES IN THE NORTH OF THE KRASNOYARSK REGION ON THE BASIS OF ANALYSIS OF RECENT CLADOCERA COMMUNITIES 385

Зиннатова Э.А., Фролова Л.А. ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ВОДОЕМОВ СЕВЕРА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕЦЕНТНЫХ СООБЩЕСТВ CLADOCERA 386

Zobkova M.V. CONCENTRATION OF HUMIC SUBSTANCES IN SURFACE WATERS OF HUMID ZONE..386

Зобкова М.В. СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ГУМИДНОЙ ЗОНЫ 387

Zolnikova I.F., Silkin I.I., Anikiyenko I.V. USE OF MORPHOLOGICAL METHODS IN GEOECOLOGICAL RESEARCHES OF THE BAIKAL REGION 387

Зольникова И.Ф., Силкин И.И., Аникиенко И.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА 387

Zubkov I.N., Fedorova G.A., Kuzmin A.V., Belykh O.I. SAXITOXIN DETERMINATION IN BIOTA OF EASTERN SIBERIA AND LAKE HOVSGOL 388

Зубков И.Н., Фёдорова Г.А., Кузьмин А.В., Белых О.И. ОПРЕДЕЛЕНИЕ САКСИТОКСИНА В БИОТЕ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И ХУБСУГУЛА 389

Zuyeva N., Zuyev Yu., Voyakina E., Babin A., Kulichenko A., Stepanova A. THE TROUT FARM INFLUENCE ON A BAY OF VALAAM ARCHIPELAGO (LADOGA LAKE) 389

Зуева Н.В., Зуев Ю.А., Воякина Е.Ю., Бабин А.В., Куличенко А.Ю. Степанова А.Б. ВЛИЯНИЕ ФОРЕЛЕВОГО ХОЗЯЙСТВА НА ЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУХТЫ ВАЛААМСКОГО АРХИПЕЛАГА (ОЗ. ЛАДОЖСКОЕ) 389

Zyryanov V.N. EDDIES UNDER THE ICE IN THE EKMAN BOUNDARY LAYER WITH THE APPLICATION TO GIANT ICE RINGS ON LAKE BAIKAL 390

PLENARY TALKS
ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Annenkov V.V., Zelinskiy S.N., Pal'shin V.A., Danilovtseva E.N.

HOW LIVING SILICIFYING ORGANISMS BUILD SILICA CONSTRUCTIONS AT MODERATE CONDITIONS?

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
annenkov@lin.irk.ru

Diatom algae and siliceous sponges are the most known organisms which use silica to build their skeleton. Diatoms live in bivalve siliceous frustules and sponge bodies consist of siliceous needle-like spicules fastened together with organic matter. Understanding of the biosilicification mechanism at molecular level is a large challenge to biologists, chemists and specialists in material science. This report describes some unsolved issues in this area and our results in study of diatoms and sponges with specially developed chemical substances.

The first stage of silica biosynthesis is capture of silicon from the environment. Natural waters contain silicon in the form of monomeric silicic acid which concentration is not more several mg *per* liter. Initial stage of formation of silica valves was studied with a new coumarin based fluorescent dye Q-N2 which contains amine fragment. This dye changes fluorescence from blue to cyan under aggregation with siliceous materials. Cultivation of diatom *Ulnaria ferefusiformis* (Kulikovskiy, Lange-Bertalot, 2016) in the presence of Q-N2 reveals siliceous particles in the cell cytoplasm in several seconds after beginning of silicic acid consumption from the cultural medium. The fast appearance of condensed forms of silicic acid supposes oligomerization of $Si(OH)_4$ just after crossing the cell membrane or during this process. The ability of silicic acid to condense below saturation level (2-3 mM) was demonstrated in the presence of poly(vinyl amine) - zinc complex. Poly(acrylic acid) was applied as a model of oligosilicate nanoparticles and this polymer was accumulated in frustules of *U. ferefusiformis* during cultivation. These findings allow us to hypothesize oligomerization of silicic acid on the outer surface of the cell membrane following with capturing of the siliceous nanoparticles under a pinocytosis mechanism.

Vital fluorescence dyes and spin probes are a powerful tool for study diatoms and siliceous sponges. Cultivation of fresh-water sponge *Lubomirskia baicalensis* (Pallas, 1773) in the presence of Q-N2 and NBD-N2 (green fluorescence) dyes allows to study spiculogenesis with the use of fluorescent microscopy. We visualized main stages of spicule growth: silicon accumulation in sclerocytes; formation of an organic filament protruding from the cell; further elongation of the filament and growth of the spicule in a spindle-like form with enlargement in the center; merger with new sclerocytes and formation of the mature spicule. The spicule growth proceeds by two ways: silicic acid capture from the extracellular space and by spicule merging with new silicon-enriched cells. This observation allows us to overcome the virtual differentiation between intra- and extracellular mechanisms of spicule growth. Visualization of the growing spicules with the fluorescent dye is useful in monitoring sponge viability in ecological or toxicological experiments.

Polyamine-based spin probe was applied with the objective to estimate localization of biogenic polyamines in diatoms. These polyamines were found inside siliceous frustules and our data show presence of these compounds in cytoplasm and on the surface of biosilica in comparable amount.

This work was supported by the Russian Federal Agency for Scientific Organizations (project no. AAAA-A16-116122110059-3)

Анненков В.В., Зелинский С.Н., Пальшин В.А., Даниловцева Е.Н.

КАК ЖИВЫЕ СИЛИСИФИЦИРУЮЩИЕ ОРГАНИЗМЫ СТРОЯТ КРЕМНИСТЫЕ КОНСТРУКЦИИ В ОБЫЧНЫХ УСЛОВИЯХ?

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
annenkov@lin.irk.ru

Диатомовые водоросли и кремнистые губки являются наиболее известными организмами, которые используют кремнезём для построения своих скелетов. Диатомеи живут в двустворчатых кремнистых фрустулах, а тела губок состоят из кремнистых игольчатых спикул, скреплённых органическим веществом. Понимание механизма биосилисификации на молекулярном уровне является большим вызовом для биологов, химиков и специалистов в области наук о материалах. В данной работе описаны некоторые нерешённые вопросы в этой области и наши результаты в изучении диатомей и губок с использованием специально разработанных химических соединений.

Первая стадия биосинтеза кремнезёма заключается в захвате кремния из окружающей среды. Природные воды содержат кремний в форме мономерной кремниевой кислоты в концентрации несколько мг на литр. Начальная стадия формирования кремнистых створок изучена с помощью нового кумаринового красителя Q-N2, содержащего аминный фрагмент. Этот краситель изменяет флуоресценцию с синего на голубой при агрегации с кремнистыми материалами. Культивирование диатомеи *Ulnaria ferefusiformis* (Kulikovskiy, Lange-Bertalot, 2016) в присутствии Q-N2 показало присутствие кремнистых частиц в цитоплазме клеток через несколько секунд после начала усвоения кремниевой кислоты из культуральной среды. Быстрое появление конденсированных форм кремниевой кислоты предполагает олигомеризацию $Si(OH)_4$ сразу после пересечения клеточной мембраны или в ходе этого процесса. Способность кремниевой кислоты конденсироваться при концентрации ниже уровня насы-

щения (2-3 мМ) продемонстрировано в присутствии комплекса поливиниламина с цинком. Полиакриловая кислота использовалась в качестве модели олигосиликатных частиц и этот полимер оказался способен накапливаться в панцирях *U. ferefusiformis* при культивировании. Данные наблюдения позволяют нам предположить, что олигомеризация кремниевой кислоты происходит на внешней стороне клеточной мембраны с последующим захватом кремнистых наночастиц по механизму пиноцитоза.

Прижизненные красители и спиновые метки являются важными средствами для изучения диатомей и кремнистых губок. Культивирование пресноводной губки *Lubomirskia baicalensis* (Pallas, 1773) в присутствии красителей Q-N2 и NBD-N2 (зелёная флуоресценция) позволило изучить спикулогенез с помощью флуоресцентной микроскопии. Мы визуализировали основные стадии роста спикулы: накопление кремния в склероцитах; формирование органического филамента, выступающего из клетки; дальнейшее удлинение филамента и рост спикулы в веретенообразной форме с утолщением в центре; слияние с новыми склероцитами и образование зрелой спикулы. Рост спикул происходит двумя путями: кремниевая кислота захватывается из межклеточного пространства и при слиянии спикул с новыми обогащёнными кремнием клетками. Это наблюдение позволяет преодолеть мнимое противоречие между внутри- и внеклеточными механизмами роста спикул. Визуализация растущих спикул с помощью флуоресцентного красителя полезно для мониторинга выживаемости губок при экологических или токсикологических экспериментах.

Спиновые метки на основе полиамина использовались с целью оценки локализации биогенных полиаминов в диатомеях. Данные полиамины обнаружены внутри кремнистых створок, а наши данные показывают присутствие этих соединений в цитоплазме и на поверхности биогенного кремнезёма в сопоставимых количествах.

Работа поддержана ФАНО России (проект АААА-А16-116122110059-3).

Astel A.[1], Obolewski K.[2], Bigus K.[1], Osadowski Z.[1], Astel K.[1]

AQUATIC CHEMISTRY OF SEVERAL COASTAL LAKES IN THE SOUTHERN BALTIC AREA

[1]Institute of Biology and Environmental Protection, Faculty of Mathematics and Environmental Sciences, Pomeranian University in Słupsk, 22a Arciszewskiego Str., 76-200 Słupsk
[2]Department of Hydrobiology, University of Kazimierz Wielki in Bydgoszcz, 30 Chodkiewicz Str., 85-064 Bydgoszcz
aleksander.astel@apsl.edu.pl

The northern part of Polish coast is home to numerous coastal lakes of various connectivity with an open sea. Despite the fact these lakes display a wide range of ion composition, salinities, stratification patterns, and ecosystems they have been rarely studied in a complex and long-term way. Few of lakes are located on ecologically protected area or are habitats for migratory birds. A two-year seasonal survey of the physical characteristics and chemistry of 11 lakes was carried out to assess their resistance on local pollution sources or impact of sea water intrusions. Moreover, due to limited information regarding the concentration of metals in water and bottom sediments current study aims to complement the knowledge concerning water-bottom sediment interface of coastal lakes in Poland. Moreover, one of the minor aims was to assess water quality of the coastal lakes basing on physiochemical parameters which is unique in Poland, since classification rules being in force mainly concerns brackish water reservoirs and are based on biological monitoring. Within the framework of the study more than 350 water and sediment samples were collected seasonally (spring, summer and autumn) in 2014 and 2015 from intermittently closed and open lakes and lagoons (ICOLLs) spread through Polish coastline. The following coastal lakes were investigated: Ptasi Raj, Łebsko, Jamno, Gardno, Dołgie Wielkie, Kopań, Wicko, Sarbsko, Resko Przymorskie and Liwia Łuża. pH and electrolytic conductivity (EC) were measured in the field and double-checked in the laboratory. Full ionic characteristic of water samples consisted of major cations (Na^+, K^+, Li^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, NH_4^+) and anions (F^-, Cl^-, NO_2^-, Br^-, NO_3^- and SO_4^{2-}) was determined using ion chromatography while the inductively coupled plasma optical emission spectrometry has been used in multielemental determination (Al, B, Ba, Bi, Cr, Cu, Fe, Ho, In, Ir, Mn, Nd, Ni, Pb, Pr, Sm, Sr, Ti, Tl, V, Yb and Zn). Moreover, dissolved oxygen (DO), total dissolved solids (TDS) and hardness (HD) were determined. Relationship between electrolytic conductivity and concentration of ions for coastal lakes with corresponding regression lines and equations was assessed and some seasonal fluctuations were discovered according to the level of lake's isolation. Water quality assessment was based on two commonly used indexes: Water Quality Index (WQI) in two variants, Heavy Metal Pollution Index (HPI) and Contamination Index (C_d). Several water parameters were considered for calculation of WQI_1 (pH, EC, DO, TDS, HD, NO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-} and Ca^{2+}), WQI_2 (DO, COD, TDS, pH and NH_4^+), HPI (Cd, Cr, Cu, Mn, Pb, Zn, Fe) and C_d (Cd, Cu, Mn, Pb, Zn, Fe, Ni). Analysis of the data revealed that the WQI_1 values ranged from a minimum 31.6 to a maximum of 75.0 indicating that 71% of seasonally studied waters were of good quality. WQI_2 values ranged from a minimum 17.6 to a maximum of 1298 which was out of scale due to β-oligohaline characteristic of lakes. It classified 61% of coastal waters as excellent. HPI values ranged from a minimum 27.1 to a maximum of 65.9 indicating significant domination of waters of good quality over those of poor quality. The contamination index varied between -6.7 and 83.6 revealing high contamination of Jamno, Gardno, Koprowo, Dołgie and Resko Przymorskie lakes in Spring, 2014 which was an effect of almost eight times higher than usual inflow of heavy metals to the Baltic Sea in 2012-2013 reported by official, regional monitoring reports. Our study reveals that: (i) the water quality of the studied lakes is good according their physiochemical characteristic; (ii) physiochemical water quality

depends on connectivity with the Baltic Sea; (iii) not all the indexes were well correlated with each other; (iv) discussed indexes assess the possibility of industrial water use (consumption, irrigation) and do not express the degree of water pollution.

Bedoshvili Ye.D., Gneusheva K.V., Popova M.C., Likhoshway Ye.V.

CELL MECHANISMS OF DIATOM VALVE MORPHOGENESIS

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
bedoshvilied@list.ru

There are quite a few organisms capable of producing silica structures, but diatoms have the most varied of micro- and nano-scale silica structures on their shells. The silica frustule structures – valve and girdle bands – are synthesized inside the cell in specialized organelles, silica deposition vesicles, surrounded by a special membrane, silicalemma. Diatom valve symmetry (radial or bilateral) is determined at the earliest stage of the morphogenesis, and the valve morphogenesis takes place according to a single scheme. The valve of centric diatoms initiate as silica ring (annulus) with ribs radiating from the center. The hole of the annulus is subsequently filled out with silica; areolae and processes are formed between ribs. The pennate diatom valve morphogenesis begins with sternum, longitudinal silica backbone, which is a base for the first-order branches named subsidiary ribs or virgae. After general valve structures have been outlined the openings of areolae and other thon valve structures are formed.

The valve morphogenesis occurs under influence of the cytoskeleton. It was shown that inhibitors of microtubules and actin filaments cause various valve abnormalities – change the valve shape and the localization of processes and large structures on the valve, and areolae arrangement. The investigations of several centric species showed that despite the mitosis blocked with colchicine the valve morphogenesis had not been blocked but changed. Normally, morphogenesis begins at the site of the cleavage furrow simultaneously in two sister cells, but after colchicine treatment it was formed the one “lateral” valve with face part relocated on the mantle. Such valves have one clearly distinguishable center of symmetry. The lateral valves in *Aulacoseira islandica* can also be formed by the action of cytochalasin D, an inhibitor of the polymerization of actin microfilaments, and have two centers of symmetry. It is assumed that source and location of the SDV do not depend on cytoskeleton unlike valve morphogenesis process. The SDV location under the plasmalemma and their close interconnection during morphogenesis is controlled by unknown yet mechanisms.

The relationship between plasmalemma and silicalemma can result from the fact that the initial source of silicalemma is plasmalemma. The deep plasmalemma invaginations revealed on ultrathin sections of *Encyonema ventricosum* in the late stages of valve morphogenesis allow to suggest that they can be the initial SDV of the first girdle band. Such a vesicle can remain “on the dock” near the plasmalemma during morphogenesis, and grow with coalescing vesicles, originating from the Golgi or ER, which is observed in many studies of the morphogenesis of the valve.

There is a noticeable ontogenetic connection between plasmalemma and silicalemma – eventually a part of silicalemma joins plasmalemma during excretion of a mature valve from cell (and, obviously, from SDV). There are observations of silicalemma and plasmalemma fusing near the mantles of new valve; in such cases the fragments of upper silicalemma and old plasmalemma get caught between the two daughter cells. Later they either degrade or, by some unknown mechanism, become a part of the valve organic coating and diatotepum, polysaccharide layer between the valve and the plasmalemma.

The origin of SDV in the cell remains a controversial issue, but its relation with the microtubule center appears to play a key role in the onset of morphogenesis. Silicalemma and the environment within the SDV control micromorphogenesis – biochemical silicification processes. Changes in the work of these cellular mechanisms lead to the formation of a variety of silica structures in experiments, and in the process of evolution can provide a variety of forms of diatoms.

The work was supported by the state task of the FASO No. 0135-2016-0001.

Belykh O.I., Tikhonova I.V., Sorokovikova E.G., Potapov S.A., Kuzmin A.V., Fedorova G.A.

TOXIC CYANOBACTERIA IN LAKE BAIKAL AND WATERS OF BAIKAL REGION

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
belykh@lin.irk.ru

Cyanobacteria are one of the most ancient and successful microorganisms widespread in the aquatic environment. Many species of cyanobacteria are able to produce toxins. The most dangerous of the toxins produced are saxitoxin (SXT) and its derivatives commonly called paralytic shellfish toxins (PST). Microcystins (MC) are the most widespread cyanotoxins in the freshwater ecosystems. PSTs are sodium channel blockers leading to muscle, including respiratory muscles, paralysis. MC inhibits enzymes in hepatocytes causing a massive hemorrhage in the liver; a long exposure of low doses can have an oncogenic effect. The noxious blooms are well known to be the most sensitive indicator of trophic status (Chorus, Bartram, 1989).

Complex research of toxic cyanobacteria started in Lake Baikal and waters of the Baikal Region in 2005. There were no data on toxic cyanobacteria in Lake Baikal before our studies. Search and identification of the cyanobacteria containing genes of microcystin synthesis were performed with the primers detecting microcystin synthetase (*mcy*) gene cluster. The genes encoding saxitoxin and its derivatives were detected with

primers specific to polyketide synthase entering to multienzyme *stx* complex. Concentration of cyanotoxins in water and cyanobacteria was measured by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) with Abraxis LLC kits (USA). Variants of cyanotoxins were identified by tandem time-of-flight mass spectrometer with matrix laser desorption/ionization (MALDI-TOF/TOF).

MC producing cyanobacteria were for the first time identified in the Angara (Bratsk and Ust-Ilimsk) reservoirs in 2005. In subsequent years, the toxic cyanobacteria were regularly found in these reservoirs. Concentration of MC and PST in the plankton was 0.25±0.02 μg/L and 1.37-3.23 μg/L respectively. Toxic cyanobacteria and cyanotoxins were found in the Irkutsk and Boguchany reservoirs in 2016-2017. Analysis of plankton in the lake Kotokel located two km eastward of the eastern shore of Lake Baikal and linked to the latter by brooks showed the presence of the genera *Microcystis* и *Dolichospermum*, some species of which are able to synthetize MC.

Since 2010, MC and PST producing cyanobacteria have been found in Lake Baikal in the littoral plankton of the Turka, Barguzin and Chivurkuy gulf, Maloye More and Olkhon Gate straits. The main planktonic MC and PST producers were species of the genera *Microcystis*, *Anabaena/Dolichospermum* and *Anabaena/Dolichospermum/Aphanizomenon* respectively. MC concentration in water of the areas studied was 0.17±0.01 μg/L, i.e. under the threshold values adopted by WHO for drinking water; its concentration in phytoplankton was 0.052-6.11 μg/g of dry weight. Concentration of PST in water varied widely being 1.93±0.64 μg/L in the Turka gulf to 7.23±0.5 μg/L in the Kurkut bay where the values obtained exceeded the maximum concentration limit of 3 μg/L adopted in some countries for drinking water.

Microscopic and genetic analysis of biofouling samples taken from different substrates (ill and dead sponges, stones, rocks, macrophyte) in 2014-2017 showed a massive bloom of benthic cyanobacteria represented mainly by the species *Symplocastrum* sp., *Tychonema* sp., *Tolypothrix distorta*, *Pseudanabaena* spp. not observed in Lake Baikal previously. Genetic markers in biofouling of various substrates, including sponges, allowed identifying cyanobacteria containing genes of MC and PST synthesis. The maximum concentration of microcystin and saxitoxin and its derivatives in biofilms was 1165 μg/g and 294 μg/g of dry weight respectively.

More than 15 MC and 10 PST variants were identified in planktonic and benthic cyanobacteria in the lakes Baikal and Kotokel and the Angara reservoirs by MALDI-TOF technique.

The results show that the toxic cyanobacteria found in the littoral of the above mentioned waterbodies bloom in the areas, which could be characterized as mesotrophic and partly eutrophic by phytoplankton biomass and chlorophyll content. The bloom of toxic cyanobacteria potentially noxious for humans and animals requires careful attention from the part of scientific community and state agencies, which have to recognize necessity of continuous monitoring of water for cyanotoxins, especially in recreational areas with an intensive anthropogenic stress.

The work is done within the State tasks 0345-2016-0003 and 0345-2016-0005.

Белых О.И., Тихонова И.В., Сороковикова Е.Г., Потапов С.А., Кузьмин А.В., Федорова Г.А.

ТОКСИЧНЫЕ ЦИАНОБАКТЕРИИ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ И ВОДОЕМАХ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
belykh@lin.irk.ru

Цианобактерии – одни из самых древних и успешных микроорганизмов – широко распространены в водных экосистемах. Многие виды цианобактерий способны продуцировать токсины. Самыми опасными среди них являются сакситоксин (SXT) и его производные, совместно называемые паралитическими токсинами моллюсков (PST). Микроцистины (МС) – наиболее распространенные цианотоксины в пресноводных экосистемах. PST блокируют поры натриевых каналов мембран нервных и мышечных клеток, вызывая параличи мышц, включая дыхательную мускулатуру. МС ингибируют активность ферментов в гепатоцитах, приводя к обширным кровоизлияниям в печени, а при воздействии низких доз – к злокачественным новообразованиям. Как известно, вредоносные «цветения» являются наиболее чутким индикатором эвтрофирования водоемов (Chorus, Bartram, 1989).

На оз. Байкал и водоемах Байкальского региона комплексные исследования токсинпродуцирующих цианобактерий впервые начаты в 2005 г. До наших исследований сведений о токсичных видах цианобактерий в оз. Байкал не было. Поиск и идентификацию цианобактерий, содержащих гены синтеза микроцистинов, проводили с использованием праймеров, детектирующих кластер генов, кодирующих микроцистин-синтетазу (*mcy*). Гены, ответственные за синтез сакситоксина и его производных, выявляли с помощью праймеров специфичных к поликетидсинтазе, входящей в состав мультиферментного комплекса *stx*. Концентрацию цианотоксинов в воде и цианобактериях определяли методом иммуноферментного анализа (ИФА) с использованием китов, производимых «Abraxis LLC» (США). Идентификацию вариантов цианотоксинов выполняли на тандемном времяпролетном масс-спектрометре с матричной лазерной десорбцией/ионизацией MALDI-TOF/TOF.

В водохранилищах ангарского каскада МС-продуцирующие цианобактерии впервые выявлены в 2005 г. в Усть-Илимском и Братском водохранилищах. В последующие годы токсичные цианобактерии регулярно отмечали в этих водоемах. Концентрация МС в планктоне составляла 0,25±0,02 мкг/л,

PST – 1,37-3,23 мкг/л. В 2016-2017 гг. токсиногенные цианобактерии и цианотоксины обнаружены в Иркутском и Богучанском водохранилищах. Анализ планктона оз. Котокельское, расположенного в двух километрах от восточного берега оз. Байкал и связанного с ним посредством рек, показал наличие видов родов *Microcystis* и *Dolichospermum*, способных синтезировать МС.

В оз. Байкал МС- и PST-продуцирующие цианобактерии выявляются с 2010 г. в планктоне литоральной зоны залива Турка, проливов Малое Море и Ольхонские Ворота, Баргузинского и Чивыркуйского заливов. В планктоне основным продуцентом МС являются виды родов *Microcystis, Anabaena/Dolichospermum*; паралитических токсинов моллюсков – представители кластера родов *Anabaena/Dolichospermum/Aphanizomenon*. Концентрация МС в воде исследуемых районов достигала 0,17±0,01 мкг/л, что значительно ниже пороговых значений, установленных ВОЗ для питьевой воды; в фитопланктоне она составляла 0,052-6,11 мкг/г сух. веса. Содержание PST в воде значительно варьировало, от 1,93±0,64 мкг/л в заливе Турка до 7,23±0,5 мкг/л в заливе Куркут, где полученные показатели превышали ПДК для сакситоксина в питьевой воде, принятые в некоторых странах (3 мкг/л).

Микроскопический и генетический анализ обрастаний, отобранных в 2014-2017 гг. с различных субстратов (больные и погибшие губки, камни, выходы коренных пород, макрофиты), показал массовое развитие бентосных цианобактерий с доминированием видов *Symplocastrum* sp., *Tychonema* sp., *Tolypothrix distorta*, *Pseudanabaena* spp., ранее не наблюдавшееся в оз. Байкал. С помощью генетических маркеров в обрастаниях различных субстратов, включая губки, выявлены цианобактерии, содержащие гены синтеза МС и PST. Максимальная концентрация МС в биопленках достигала 1165 мкг/г сух. веса, сакситоксина и его производных – 294 мкг/г сух. веса.

Методом MALDI-TOF в планктонных и бентосных цианобактериях из оз. Байкал, водохранилищ ангарского каскада, оз. Котокельское определены более 15 вариантов МС и 10 вариантов паралитических токсинов моллюсков.

Результаты проведенных исследований показали, что токсичные цианобактерии, обнаруженные в литоральной зоне оз. Байкал, оз. Котокельское, ангарских водохранилищах, развиваются в районах, которые по биомассе фитопланктона и содержанию хлорофилла, а характеризуются как мезотрофные с наличием эвтрофных участков. Массовое развитие токсин-продуцирующих цианобактерий, представляющих угрозу для здоровья человека и животных, требует пристального внимания как со стороны ученых, так и государственных органов, и указывает на необходимость регулярного мониторинга содержания цианотоксинов в воде, особенно в туристско-рекреационных зонах с интенсивной антропогенной нагрузкой.

Работа выполнена в рамках гос. заданий № 0345-2016-0003, № 0345-2016-0005.

Doenz C.J.[1, 2], Seehausen O.[1, 2]

SPECIATION (AND ITS REVERSE) IN ALPINE WHITEFISH AND CHARR

[1]Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Kastanienbaum, Switzerland
[2]Institute of Ecology and Evolution, University of Bern, Bern, Switzerland
carmela.doenz@eawag.ch

Adaptive radiation, the exceptionally rapid evolution of many ecologically diverse species from a single species, is a key generator of biodiversity on earth. Deep lakes provide supreme conditions for that process to occur, and several fish taxa inhabiting such lakes have become important model systems for adaptive radiation research. Focusing on two genera from the rapidly speciating fish family of Salmonids in pre-alpine lakes of Switzerland, *Coregonus* and *Salvelinus*, we will address the following questions: what are the evolutionary mechanisms involved in the rapid buildup of sympatric species diversity? How do humans affect these mechanisms and thereby species diversity? Combining evidence from genomic, ecological and morphological as well as historical data of Alpine whitefish and charr, we discuss how anthropogenic change and management may together influence the evolutionary dynamics and thereby potential loss or gain of species diversity.

Drucker V.V.

AUTOCHTHONOUS BACTERIOPHAGES AND BACTERIOPLANKTON IN WATER BODIES OF KHUVSGUL-BAIKAL-ANGARA-YENISEI HYDROSYSTEM

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
drucker@lin.irk.ru

Since 1972 up to the present time, all large water bodies, reservoirs and watercourses of the most extensive Khuvsgul-Baikal-Angara-Yenisei hydraulic system have been surveyed in order to study the patterns of water quality formation under natural conditions, regulation of runoff in different climates, and forecasts for the future. Total number of bacteria in the water was determined by epifluorescent microscopy, and autochthonous bacteriophages – by transmission electron microscopy.

In Lake Khuvsgul (1645 m above the sea, maximum depth 262 m), during the summer the number of bacterioplankton was $1.2\text{-}1.7 \times 10^6$ cells/mL, heterotrophic microorganisms − 5-90 CFU/mL and bacteriophages − $0.09\text{-}0.11 \times 10^6$ mL^{-1}. According to microbiological indicators, Khuvsgul in different seasons of the year for many years has been regarded as ultraoligotrophic lake.

The long-term study in different seasons of the year has shown that the main tributary of Lake Baikal,

the Selenga River, along the entire length (Mongolian and Russian territories) has a low water quality; the number of bacterterioplankton reached $11.37x10^6$ cells/mL, heterotrophic microorganisms − $7.1x10^3$ CFU/mL, and sanitary indicator bacteria were 10-20 times higher than in Lake Baikal.

Lake Baikal remains an oligotrophic water body with a high water quality at all depths of the pelagic zone. However, in various parts of its coastal part approximately 1 thousand potentially pathogenic microorganisms were allocated due to the long-term constant supply of untreated sewage from settlements and tourist bases. In 1999, we predicted a possible eutrophication of some areas of the lake, which has been fully justified in recent decades. For the first time, at all depths of Lake Baikal we have found nine morphotypes from 10 known DNA containing autochthonous bacteriophages, which allows us to supplement the modern scheme of the microbial loop in the lake with a new trophic link, i.e. virioneuston, virioplankton and viriobenthos.

The main peculiarity of waters in the Angara River and its reservoirs, Irkutsk, Bratsk and Ust-Ilimsk, is the formation of their water masses from the low mineralized and poorly organic Baikal waters. Within the examined cascade of the Angara hydropower stations, there are currently large foci of water and atmosphere pollution: 1. Irkutsk-Angarsk-Usolie-Cheremkhovo site at a distance of 100 km; 2. Bratsk site, where the river Vikhorevka turned into a dead zone; 3. Ust-Ilimsk site extended for 100-200 km. The Irkutsk reservoir founded in 1956 is regarded as oligotrophic-mesotrophic with eutrophic bays. The Bratsk reservoir founded in 1961 is a mesotrophic-eutrophic. The Ust-Ilimsk reservoir founded in 1975 is regarded as mesotrophic with eutrophic sites.

The Yenisei as the most full-flowing river in Russia with a mean annual runoff of 593 km^3/year has not been studied in terms of microbiology before the beginning of our studies in 1973. We have carried out the studies along the whole length of the Yenisei, 3480 km. For the estuaries of 17 main tributaries, we have developed hydroecological classification of the river sections. We have also developed and implemented the forecasts for the formation of water quality in the Sayano-Shushensk, Sredne-Yenisei, Osinovsk, polar Kureysk and arctic Khantai reservoirs. We have given a negative conclusion on the design of the Turukhansk reservoir on the river Nizhnyaya Tunguska approved by the USSR Council of Ministers in 1988.

This work was supported by State Project LIN SB RAS No 0345-2018-0003.

Дрюккер В.В.

АВТОХТОННЫЕ БАКТЕРИОФАГИ И БАКТЕРИОПЛАНКТОН В ВОДОЕМАХ ХУБСУГУЛ-БАЙКАЛ-АНГАРО-ЕНИСЕЙСКОЙ ГИДРОСИСТЕМЫ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
drucker@lin.irk.ru

С 1972 г. по настоящее время обследованы все крупные водоемы, водохранилища и водотоки самой протяженной на Земле Хубсугул-Байкал-Ангаро-Енисейской гидросистемы с целью изучения закономерностей формирования качества воды при естественном режиме и в условиях зарегулирования стока в различных природно-климатических условиях, разработки прогнозов на будущее. Общая численность бактерий в воде определялась эпифлуоресцентной микроскопией, автохтонные бактериофаги изучались на трансмиссионном электронном микроскопе.

В оз. Хубсугул (1645 м над уровнем моря, максимальная глубина 262 м) в летний период численность бактериопланктона (ЧБ) составляла $1.2\text{-}1.7x10^6$ кл/мл, количество гетеротрофных микроорганизмов (ГМ) – 5-90 КОЕ/мл, численность бактериофагов (ЧБФ) – $0.09\text{-}0.11x10^6$ $мл^{-1}$. По микробиологическим показателям оз. Хубсугул в различные сезоны года оценивается как ультраолиготрофное уже на протяжении многих лет.

Главный приток оз. Байкал – р. Селенга на всем протяжении (монгольский и российский участки) при многолетнем исследовании в различные сезоны года имеет низкое качество вод – ЧБ достигает $11.37x10^6$ кл/мл, ГМ – $7.1x10^3$ КОЕ/мл, санитарно-показательные микроорганизмы в 10-20 раз превышают их количество в оз. Байкал.

Оз. Байкал остается олиготрофным водоемом с высоким качеством воды в пелагиали на всех глубинах, но в прибрежной части озера на различных его участках выделено около 1 тыс. условно-патогенных микроорганизмов, что объясняется многолетним постоянным поступлением неочищенных сточных вод от населенных пунктов и туристических баз. В 1999 г. нами был дан прогноз возможного эвтрофирования некоторых районов озера, который полностью оправдался в последние десятилетия. Впервые в Байкале нами на всех глубинах найдены 9-ть морфотипов из 10-ти известных ДНК содержащих автохтонных бактериофагов, что позволяет дополнить современную схему микробной «петли» озера новым трофическим звеном – вирионейстон, вириопланктон, вириобентос.

Главной особенностью вод р. Ангары и ее водохранилищ: Иркутское, Братское, Усть-Илимское является формирование их водных масс из маломинерализованных и бедных органическим веществом вод Байкала. В пределах рассматриваемого каскада ангарских ГЭС в настоящее время существуют крупные очаги загрязнения вод и атмосферы: 1. Иркутско-Ангаро-Усольско-Черемховский, на расстоянии 100 км; 2. Братский, где р. Вихоревка превращена в «мертвую» зону; 3. Усть-Илимский, протяженностью 100-200 км. Иркутское водохранилище, созданное в 1956 г., оценивается как олиготрофно-мезотрофное с эвтрофными заливами. Братское водохранилище, созданное в 1961 г. является мезотрофно-эвтрофным водоемом. Усть-Илимское водохранилище, созданное в 1975 г. оценивается как мезотрофное с эвтрофными участками.

Река Енисей, являющаяся самой полноводной в России – среднемноголетний сток 593 км^3/год, в микробиологическом отношении до начала наших исследований в 1973 г. не изучалась. Проведены исследования на всем протяжении Енисея – 3480 км, на устьевых участках 17-ти основных притоков, разработана гидроэкологическая классификация участков реки, разработаны и внедрены прогнозы формирования качества воды Саяно-Шушенского, Средне-Енисейского, Осиновского, полярного Курейского и заполярного Хантайского водохранилищ. Дано отрицательное заключение по проектированию Туруханского водохранилища на р. Нижняя Тунгуска, принятое СМ СССР в 1988 г.

Работа выполнена в рамках темы госзадания ЛИН СО РАН № 0345-2018-0003.

Dulmaa A.[1], Ayushsuren Ch.[1], Sheveleva N.G.[2]

THE CURRENT STATE OF ZOOPLANKTON IN LAKE ULAAGCHINY KHAR

[1]Institute of General and Experimental Biology, MAS, Zhukov-77, Mongolia
[2]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
adulmaa@yahoo.com, ayushsurench@mas.ac.mn; shevn@lin.irk.ru

Long-term data analysis (2010-2013) of zooplankton in Ulaagchiny Khar Lake is presented in this article. The obtained data was compared with data sets form 1980 and changes of community structure and quantity could be shown. During our research, in the general zooplankton composition 45 species were determined. These were made up of 27 rotifers (60% of the total). There were rare species Mongolian water bodies of rotifers *Synchaeta oblonga*, *S. stylata*, *Polyarthra luminosa*. Fauna taxonomic composition crustaceans, which are identified as rare species in Central Asia were studied. Data on seasonal dynamics of the species composition, structure-forming complex, abundance, biomass, saprobic and diversity indexes of zooplankton are included. The prolonged, more than 30-year impact of the introduced peled has led to a significant restructuring of the structure of zooplankton and its quantitative changes. In September 70% of the biomass of zooplankton was *Bosmina longirostris*. Due to the prevalence of rotifers in the community, the biomass of zooplankton decreased by 35-50 times compared to years before the introduction of peled into the lake. According to the study results, zooplankton of the Lake was characterized as oligo-mesosaprobic and oligotrophic.

Fedorov Yu.A., Dotsenko I.V., Mikhailenko A.V.

MERCURY IN BOTTOM SEDIMENTS OF WATER BODIES WITH DIFFERENT SALINITY IN THE SOUTH OF EUROPEAN TERRITORY OF RUSSIA

Institute of Earth Sciences of Southern Federal University, Rostov-on-Don, Zorge str., 40
mikhailenkoanna@gmail.com

It is expressed an opinion of the possible influence of chloride ions on the transition of mercury from the upper layer of sediments into the bottom layers of water during surges and tides in the estuary regions of rivers. It was interesting to trace the variations of mercury content in the layers of the Azov Sea bottom sediments, the Don River and the muddy hydrogen sulphide lake Pelenkino. In the Don River and its tributaries, the mineralization of water is in the range of 0.5-0.65 g/l, in the Sea of Azov - 1.0-16.5 g/l and Lake Pelenkino - 7.55 g/l. In the desalinated Taganrog bay of the Azov Sea, it varied within 1.0-10 g/l. Thus, in terms of the amount of mineralization, the following sequence can be built: Actually the Sea of Azov>Lake Pelenkino>Taganrog bay>Don River. Between the magnitude of mineralization of water and the content of mercury in the upper layers of bottom sediments of water bodies there is no close connection. The values of pH, Eh and mercury content in the upper layers of bottom sediments showed different connections in the described objects - from direct to reverse and from close to insignificant. With the depth of submersion of bottom sediments, as a rule, in all water bodies, regardless of the mineralization of water, there is a tendency to decrease the content of total mercury. It is known that the Sea of Azov is a reservoir, where during the summer stagnation of water masses, there is a hydrogen sulfide contamination, which can cover the entire thickness of the water. Lake Pelenkino is a reservoir of sulphide muds that are used by unorganized tourists for medicinal purposes. Earlier (Fedorov et al., 2000) it was shown that in the Sea, in most cases, the increased contents of total mercury are confined to muds lying at a depth of 5.0-10.0 cm, with the smell of hydrogen sulfide and the presence of hydrotroilite in them. Our calculations showed a close direct relationship between the total content of mercury and total hydrogen sulfide in the bottom sediments. In conclusion, we note that mineralization is a factor that indirectly affects the processes occurring in the system "water - bottom sediments". On one hand, due to the high concentration of chloride ions, it is possible to intensify the desorption of mercury from the bottom sediments and transfer to water, and on other hand, in the presence of sulfate ions and conditions for the anaerobic decomposition of the organic matter and the course of sulfate reduction, metal is bound to a slightly soluble sulfide, mercury sulfide iron, sorption in the redox layer on elemental sulfur.

The study of mud Lake Pelenkino and Sea of Azov was supported by RSF (project No. 17-17-01229).The study of bottom sediments of the Don River was supported by the RF President grant MK-6548.2018.5.

Федоров Ю.А., Доценко И.В., Михайленко А.В.

РТУТЬ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЮГА ЕТР С РАЗЛИЧНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ

Институт наук о Земле ЮФУ, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40
mikhailenkoanna@gmail.com

Донные отложения могут, как способствовать очищению водной толщи, благодаря своим депонирующим свойствам, так и служить источником ее вторичного загрязнения. Интенсивность перехода сорбированной донными осадками ртути определяется, прежде всего, значениями водородного показателя и окислительно-восстановительного потенциала. Важную роль в накоплении и рассеивании металла в донных осадках играет их литологический и гранулометрический состав, а также внешние факторы, такие как антропогенное влияние, характер и близость источника поступления ртути и гидрометеорологическая обстановка во время отбора проб. Величина минерализации и, как следствие, содержание Cl^- вместе со значениями pH определяют формы нахождения ртути и ее токсичность. Под воздействием хлоридных ионов возможно усиление выщелачивания металла из донных осадков, однако одновременно с этим токсичность Hg должна снижаться, а процесс метилирования подавляться. В связи с этим, некоторыми исследователями высказывается мнение о возможном влиянии ионов хлора на переход ртути из верхнего слоя осадков в придонные слои воды во время нагонов и приливов в устьевых областях рек. В связи с вышеизложенным, было интересно проследить вариации содержания ртути в слоях донных отложений Азовского моря, главной водной артерии его бассейна - р. Дон и грязевом сероводородном озере Пеленкино, имеющих разную степень минерализации. В реке Дон и ее притоках минерализация воды находится в пределах 0,5-0,65 г/л, в целом в Азовском море – от 1.0 до 16.5 г/л и оз. Пеленкино 7.55 г/л. В опресненном Таганрогском заливе Азовского моря она изменялась в пределах 1.0-10 г/л. Таким образом по величине минерализации можно выстроить следующую последовательность: Собственно Азовское море>озеро Пеленкино>Таганрогский залив>р. Дон. Между величиной минерализации воды и содержанием ртути в верхних слоях донных отложений водных объектов тесной связи обнаружено не было. Значения pH, Eh и содержания ртути в верхних слоях донных отложений проявляли в описанных объектах различную связь - от прямой до обратной и от тесной до незначимой. С глубиной погружения донных отложений, как правило, во всех водных объектах вне зависимости от минерализации воды наблюдается тенденция к снижению содержания валовой ртути. Известно, что Азовское море является водоемом, где во время летней стагнации водных масс, имеет место сероводородное заражение, которое может охватывать всю толщу воды. Озеро Пеленкино является водоемом с сульфидными грязями, которые используют неорганизованные туристы в лечебных целях. Ранее (Федоров и др., 2000) было показано, что в море, в большинстве случаев, повышенные содержания валовой ртути приурочены к илам, залегающим на глубине 5.0-10.0 см, с запахом сероводорода и присутствием в них гидротроиллита. Наши расчеты показали тесную прямую зависимость между валовым содержанием ртути и общего сероводорода в донных отложениях. В заключение отметим, что минерализация является фактором, который косвенно влияет на процессы, происходящие в системе «вода - донные отложения». С одной стороны, благодаря высокой концентрации хлоридных ионов возможна усиление десорбции ртути из донных отложений и переходом её в воду, а с другой при наличии сульфатных ионов и условий для анаэробного распада мортмассы органического вещества и протекания сульфатредукции, происходит связывание металла в слабо растворимый сульфид, захват ртути сульфидом железа, сорбция в редокс-слое на элементной сере.

Исследования в Азовском море и озере Пеленкино выполнены за счет гранта РНФ (проект № 17-17-01229). Исследование содержания ртути в донных отложениях реки Дон выполнено при поддержке гранта Президента РФ МК-6548.2018.5.

Filatov N.N.

PRESENT-DAY STATE AND CHANGES OF THE LARGEST LAKES OF EUROPE: PROBLEMS AND SOLUTIONS

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre RAS
50 Al. Nevsky St., Petrozavodsk
nfilatov@rambler.ru

The largest (great) lakes of Europe (Ladoga and Onego) are of strategic importance for the economic development of North European Russia. The need to conserve and restore the resources of lakes Ladoga and Onego was discussed at the Russian Security Council meeting on 20.11.2013. The paper considers changes in the hydrological regime, chemical-biological conditions based on *in situ* measurements, as well as the mathematical models designed to improve long-term forecasts for the ecosystems of these lakes. The factors for the slow recovery of the lake ecosystems after the reduction of human pressure since 1992 are studied. Possible solutions for the establishment of decision-making support systems for Eurasian lakes are discussed. Diagnostic and predictive developments for Ladoga and Onego ecosystems are described, the prevalence of anthropogenic factors over climatic ones in governing ecosystem change is demonstrated. Innovative approaches to the study of lakes are suggested. Approaches based on the application of cellular automata for the simulation of the complex systems of physical-chemical-biological processes in lakes, which are hard to describe by geo-

physical hydrodynamics equations, are considered (Menshutkin, Filatov, 2016). Much attention is given to the study of under-ice processes in the largest lakes. The contributions of climate oscillations and human impacts to changes of aquatic ecosystems are estimated.

The unsolved problems of lake resources management are one of the most acute topics for contemporary limnology, of relevance not only for Ladoga and Onego, but also for lakes Baikal, the Caspian and others, the reasons being the lack of a systemic approach to the study of a lake and its catchment; lack of coordination of the efforts of various scientific organizations; faults of the current monitoring system; absence of integrated water management systems based on data, knowledge, and relevant mathematical models. Thus, the key hindrance to the solution of lake resources management problems is the non-use of the systemic approach and adequate 'lake-catchment' mathematical models of the kind that have been designed and applied to diagnose and predict the ecosystems of lakes Ladoga and Onego (Menshutkin et al., 2014; Rukhovets, Filatov, 2014). There is a need for coordination of studies and practical developments through the federal integrated scientific research programme, permitting to consolidate the efforts of different organizations, eliminate the departmental monopoly to scientific and technical information about the state of lake ecosystem and catchment, and establish an integrated 'lake-catchment' management system.

Among the most pressing issues to be addressed are identification of the reasons for the slow recovery of the ecosystems of large Eurasian lakes after a sharp drop of nutrient loading; assessment of the role of bacterial plankton and water fungi in restoring lake ecosystems (Petrova et al., 2016); study of the role of alien organisms in modifying lake ecosystems; legislative improvements needed to conserve and sustainably use lakes. To this end, various organizations cooperate (Institute of Limnology, St. Petersburg Institute of Economics and Mathematics, Northern Water Problems Institute, Water Problems Institute, Institute of Numerical Mathematics RAS) in developing mathematical models for decision-making support systems (Largest impounded lakes ..., 2015; Rukhovets, Filatov, 2014).

Of great interest is the study of the response of lake ecosystems to global warming, and the understanding of the contribution of ice-covered lakes to greenhouse gas emissions and the global carbon balance. Thus, under-ice processes in great lakes of the World still appear as a 'white spot' in contemporary limnology, and it is only lately that integrated multidisciplinary under-ice surveys have been launched on large lakes (Filatov, Terzhevik, 2015; MacKay et al., 2011).

The task of creating an improved (cf. Rukhovets et al., 2013) 3D model for lake ecosystem prediction remains topical. This task is being addressed within a project funded by the Russian Science Foundation using the THD model previously developed for the Caspian Sea as the basis (Ibraev, 2008; Zverev, Golosov, 2016). After proper testing, the models created for Ladoga and Onego lake ecosystems can be used for diagnosing and predicting changes in the ecosystems of Lake Baikal and other Eurasian lakes.

The study is funded by the Russian Science Foundation grant № 14-17-00740-П.

Филатов Н.Н.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ИЗМЕНЕНИЯ КРУПНЕЙШИХ ОЗЕР ЕВРОПЫ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Институт водных проблем Севера ФИЦ КарНЦ РАН, Петрозаводск, А. Невского 50
nfilatov@rambler.ru

Крупнейшие (великие) озера Европы (Ладожское и Онежское) имеют стратегическое значение для развития экономики Севера Европейской части России. Необходимость сохранения и восстановления ресурсов Ладожского и Онежского озер обсуждалась на Совете Безопасности РФ 20.11.2013 г. Рассматриваются изменения гидрологического режима, химико-биологического режима по данным натурных измерений, а также математические модели, которые разрабатываются для совершенствования долгосрочного прогноза экосистем этих озер. Изучаются вопросы медленного восстановления экосистем озер при уменьшении антропогенной нагрузки после 1992 г. Обсуждаются пути решения проблем создания систем поддержки принятия управленческих решений для озер Евразии. Представлены разработки диагноза и прогноза экосистем Ладожского и Онежского, показана определяющая роль антропогенных факторов по сравнению с климатическими в изменении экосистем. Предлагаются новые инновационные подходы для изучения озер. Рассматриваются подходы на основе моделей конечных автоматов (cellular automata) для моделирования сложных систем физико-химико-биологических процессов в озерах, описание которых с использованием уравнений геофизической гидродинамики затруднено (Меншуткин, Филатов, 2016). Большое внимание уделяется исследованию процессов, происходящих подо льдом крупнейших озер. Оценивается вклад колебаний климата и антропогенных факторов в изменении водных экосистем.

Нерешенные проблемы управления ресурсами озер остается одной из актуальных тем современной лимнологии, актуальной не только для Ладожского и Онежского озер, а также для озер Байкал, Каспия и др., что связано с отсутствием системного подхода по исследованию водоема и водосбора; разрозненности усилий разных научных организаций из-за не достаточной координации работ; несовершенства существующей системы мониторинга, отсутствия интегрированных систем управления водопользованием, основанных на данных и знаниях и соответствующих математических моделях. Таким образом, ключевым фактором в решении проблем управления ресурсами озер является не исполь-

зование системного подхода и соответствующих математических моделей озеро-водосбор, на подобии тех, что были разработаны и использовались для диагноза и прогноза экосистем Ладожского и Онежского озер (Меншуткин и др., 2014; Руховец, Филатов, 2014). Таким образом, необходима координация исследований и практических разработок на основе федеральный комплексной программы научных исследований (КПНИ), которая позволит консолидировать усилия разных организаций, устранит ведомственную монополию на научно-техническую информацию о состоянии озерной экосистемы и водосбора и позволит создать интегрированную систему управления озеро-водосбор.

Среди важнейших проблем, которые предстоит решить – понимание причин медленного восстановления экосистем крупных озер Евразии после резкого уменьшения биогенной нагрузки; оценка роли бактериопланктона и водных грибов в восстановлении экосистем озер (Петрова и др. 2016), изучение роли вселенцев в изменении экосистем озер, совершенствование законодательства для охраны и рационального использования озер. Для этого на основе кооперации разных организаций (ИНОЗ, СПб ЭМИ РАН, ИВПС, ИВП, ИВМ РАН) создаются математические модели для создания систем поддержки принятия управленческих решений (Крупнейшие озера-водохранилища …, 2015; Руховец, Филатов, 2014). Значительный интерес вызывают проблемы изучения реакции озерных экосистем на глобальное потепление, понимание роли озер с ледовым покровом в выбросах парниковых газов в глобальном углеродном балансе. Таким образом, процессы подо льдом крупных озер Мира по-прежнему остаются «белым пятном» в современной лимнологии и только в последние годы начали проводиться комплексные мультидисциплинарные исследования подо льдом крупных озер (Филатов, Тержевик, 2015; MacKay et al., 2011). Актуальной является проблема создания более совершенной, чем ранее (Руховец и др. 2013) 3-D модели для прогноза экосистем озер. Эта проблема решается в рамках гранта РНФ на основе, ранее разработанной модели ТГД для Каспия (Ибраев, 2008; Зверев, Голосов, 2016). Созданные и апробированные модели экосистем Ладожского и Онежского озер можно будет использовать для диагноза и прогноза изменении экосистемы оз. Байкал и др. озера Евразии.

Работа выполняется по гранту РНФ № 14-17-00740-П.

Garmaev E.Zh.[1, 2], Tsydypov B.Z.[1], Andreev S.G.[1], Ayurzhanaev A.A.[1], Sodnomov B.V.[1], Gurzhapov B.O.[1], Batotsyrenov E.A.[1], Pavlov I.A.[1], Shiretorova V.G.[1], Ulzetueva I.D.[1], Radnaeva L.D.[1, 2]

IMPACT OF DISCHARGES OF GUSINOOZERSKAYA POWER PLANT ON THERMAL AND HYDROCHEMICAL REGIME OF LAKE GUSINOE

[1]Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russia
[2]Buryat State University, Ulan-Ude, Russia

This article is devoted to the assessment of the unfavorable impact of the Gusinoozerskaya Power Plant on the ecosystem of Lake Gusinoe.

The new bathymetric map of Lake Gusinoe is created on the basis of the bathymetric survey in 2016 using the depth indicator Lowrance LMS 525CDF.

Fields of distribution of thermal pollution of Lake Gusinoe from discharges of Gusinoozerskaya State District Power Plant are determined using methods of thermal infrared remote sensing (thermal bands of Landsat-8 TIRS spectroradiometer) and automatic digital recording of hydrothermal sensors HOBO, which were placed before Landsat-8 scanning.

On the resulting maps, the direct impact of the power plant is clearly visible. The application of new approaches to the analysis and processing of thermal information has made it possible to obtain quantitative characteristics of the anomalous thermal fields of Lake Gusinoe surface from discharges of heated waters of Gusinoozerskaya Power Plant and to reveal features of its spatial variability.

The macrocomponent and microelement composition of the lake water are determined. The negative impact of the power plant, housing and utility companies of settlements and main tributaries of the lake on the chemical composition of the lake's water was estimated. The content of biogenic substances (nitrogen and phosphorus compounds) is higher in places of anthropogenic load. There is a significant decrease in the quality of water in the lake as a result of anthropogenic pollution.

The using of the natural lake Gusinoye as a reservoir-cooler has led to the development of eutrophication processes, and the reservoir will not be suitable for economic, drinking, fishery and recreational using.

Гармаев Е.Ж.[1, 2], Цыдыпов Б.З.[1], Андреев С.Г.[1], Аюржанаев А.А.[1], Содномов Б.В.[1], Гуржапов Б.О.[1], Батоцыренов Э.А.[1], Павлов И.А.[1], Ширеторова В.Г.[1], Ульзетуева И.Д.[1], Раднаева Л.Д.[1, 2]

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СБРОСОВ ГУСИНООЗЕРСКОЙ ГРЭС НА ТЕРМИЧЕСКИЙ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОЗ. ГУСИНОЕ

[1]Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, Россия
[2]Бурятский государственный университет, Улан-Удэ, Россия

Цель работы – оценить влияние сбросов теплых вод Гусиноозерской ГРЭС на температурный режим оз. Гусиное методами теплового инфракрасного дистанционного зондирования и автоматической цифровой регистрации гидротермических датчиков, а также на его химический состав.

Создана актуализированная карта глубин оз. Гусиное на основе батиметрической съемки 2016

г. с использованием эхолота Lowrance LMS 525CDF. Определены поля распространения теплового загрязнения оз. Гусиное от сбросов Гусиноозерской ГРЭС методами теплового инфракрасного дистанционного зондирования (использованы тепловые каналы спектрорадиометра TIRS спутника Landsat-8) и автоматической цифровой регистрации гидротермических датчиков HOBO, установленных перед пролетами спутника Landsat-8.

На полученных картосхемах хорошо просматривается непосредственное воздействие ГРЭС. Применение новых подходов анализа и обработки термической информации позволило получить количественные характеристики аномальности температурных полей поверхности оз. Гусиное от сбросов подогретых вод Гусиноозерской ГРЭС и выявить особенности ее пространственной изменчивости. Определен макрокомпонентный и микроэлементный состав воды оз. Гусиное. Оценено негативное воздействие ГРЭС, жилищно-коммунальных объектов прибрежных населенных пунктов и основных притоков озера на химический состав воды. Содержание биогенных веществ (соединений азота и фосфора) является повышенным в местах выраженной антропогенной нагрузки. Отмечено значительное снижение качества воды озера. Использование природного озера Гусиное в качестве водоема-охладителя привело к развитию процессов эвтрофикации, и водоем будет не пригоден для хозяйственно-питьевого, рыбохозяйственного и рекреационного использования.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований IX.137.2 «Природные и социально-экономические процессы в зоне влияния Великого Шелкового и Чайного пути в условиях глобализации и изменения климата» и финансовой поддержке проекта РФФИ № 17-05-00822 «Трансформация веществ в экосистеме оз. Гусиное».

Gorshkov A.G., Babenko T.A., Izosimova O.N., Kustova O.V.

PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS IN THE ECOSYSTEM OF LAKE BAIKAL (20 YEARS LATER)

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
gorchkov_ag@mail.ru

The first data on the presence of persistent organic pollutants (POPs) in Lake Baikal were published by Ts.I. Bobovnikova and S.G. Malakhova (1986). The authors found organochlorine pesticides (DDTs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in zooplankton, Baikal omul (*Coregonus migratorius* Georgi, 1775) and Baikal seal (*Phoca sibirica* Gmelin, 1788). Later, more significant knowledge about organochlorine pollutants in the ecosystem of Lake Baikal was obtained in joint international studies within the framework of the Baikal International Center for Environmental Studies (BICER). The content of organochlorine pollutants in the lake ecosystem at that time was estimated as a reference level; two classes of compounds, PCBs and DDTs, were classified as priority. Further, based on the studies carried out in LIN SB RAS, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and phthalic acid esters (phthalates) were included in the group of priority POPs.

The modern stage of research in the POPs in the ecosystem of Baikal is connected with the adoption and development of the chromatography-mass spectrometry methods, including the following main directions:

– development of a methodological basis for monitoring priority POPs in the Baikal water ecosystem;

– optimization of standard methods for monitoring POPs in Baikal water (pelagic, coastal zone, tributaries of the lake), as well as studying and introducing POP biomonitoring into practice;

– study of Baikal biota: phyto-, zooplankton, Baikal fish species as bioindicators of POPs;

– study of the phenomenon of Baikal oil and its effect on the purity of Baikal waters;

– study of natural accumulating matrices: snow cover and pine needles (*Pinus sylvestris* L.) as indicators of atmospheric pollution with POPs.

The study was carried out within the framework of the state tasks Nos. 0345-2016-0008; 0345-2019-0007, 0345-2019-0002, using the equipment of Collective Instrumental Center “Ultramicroanalysis” at Limnological Institute SB RAS.

Горшков А.Г., Бабенко Т.А., Изосимова О.Н., Кустова О.В.

СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТА В ЭКОСИСТЕМЕ БАЙКАЛА (20 ЛЕТ СПУСТЯ)

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
gorchkov_ag@mail.ru

Первые данные о присутствии стойких органических загрязняющих веществ (СОЗ) в Байкале опубликованы в работах Ц.И. Бобовниковой и С.Г. Малахова (1986). Авторы публикации обнаружили хлорорганические пестициды (ДДТ) и полихлорированные бифенилы (ПХБ) в зоопланктоне, в байкальском омуле (*Coregonus migratorius* Georgi, 1775) и в байкальской нерпе (*Phoca sibirica* Gmelin, 1788). Более значимый объем знаний о хлорорганических поллютантах в экосистеме Байкала был получен позднее при совместных международных исследованях в рамках Байкальского Международного Центра Экологических Исследований (BICER). Содержание хлорорганических поллютантов в экосистеме озера на тот период времени оценивалось фоновым уровнем, к числу приоритетных были отнесены два класса соединений – ПХБ и ДДТ. На основании исследований, выполненных ЛИН СО РАН позднее, в группу приоритетных СОЗ включены полициклические ароматические углеводороды

(ПАУ) и эфиры-*о*-фталевой кислоты (фталаты).

С освоением и развитием метода хромато-масс-спектрометрии в ЛИН СО РАН связан современный этап исследований в СОЗ в экосистеме Байкала, который включает следующие основные направления:

– разработка методической базы контроля приоритетных СОЗ в водной экосистеме Байкала;

– оптимизация «традиционных» способов мониторинга СОЗ в байкальской водной экосистеме (пелагиаль, прибрежная зона, притоки озера) и изучение, введение в практику биомониторинга СОЗ;

– исследование байкальской биоты: фито-, зоопланктона, байкальских видов рыб как биоиндикаторов СОЗ;

– исследование феномена байкальской нефти и его влияние чистоту вод Байкала;

– изучение природных аккумулирующих матрицах – снежного покрова, хвои сосны (*Pinus sylvestris* L.), как мониторов загрязнения атмосферы СОЗ.

Исследования проводены в рамках государственного задания ФАНО России: проект № 0345–2016–0008, № гос. рег. АААА-А16-116122110065-4; проект 0345–2019–0007, № гос. рег. АААА-А16-116122110064-7; проект 0345–2019–0002, № гос. рег. АААА-А16-116122110066-1), на оборудовании приборного центра коллективного пользования физико-химического ультрамикроанализа ФГБУН Лимнологический институт СО РАН.

Granin N.G.[1], Gnatovsky R.Yu.[1], Kozlov V.V.[2], Makarov M.M.[1], Blinov V.V.[1]

THE EFFECT OF GAS HYDRATES AND METHANE ON THE HYDROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF LAKE BAIKAL

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

[2]V.M. Matrosov Institute of System Dynamics and Control Theory SB RAS, 134, Lermontov Str., 664033 Irkutsk, Russia

Lake Baikal is the only freshwater body in the world, in the bottom sediments of which methane gas hydrates were discovered. Their discovery initiated the works on the search and monitoring of gas seepages. Due to these works, many gas bubbles seepages from the bottom sediments of the lake were found. Gas seepages are conventionaly divided into shallow (depth <380 m) and deep (>300 m). The number of shallow seepages is more than 100, and deep ones more than 20 (Granin et al., 2010). We estimated the potential methane flow from the bottom sediments of the lake according hydroacoustic measurements (Granin et al., 2012). The methane flow in different deep seepages of gas ranged from 14 to 216 tonnes per year. These values are close to the gas flows in oceanic flares. We also estimated the bubble flow of methane from the bottom sediments of Southern and Central Baikal. The flow varied from 1400 to 2800 tonnes per year.

Gas hydrates decompose at the lower boundary of stability during sedimentation (Granin et al., 2012). According to the estimates, the values of the methane flow in southern and central basins of the lake from the bottom sediments caused by sedimentation are from 2600 to 14000 tonnes per year. Based on acoustic data and sedimentation rate, the orders of magnitude of the flows estimates are close ad may indicate the increase in the methane concentration in the lake water at the present time (Granin et al., 2013).

In 2003, the ring structures were found in the satellite images of the ice cover of Lake Baikal. Later, these structures were observed approximately 20 times in different areas of Southern and Central Baikal. Hydrophysical studies and mathematical modelling of ice ring structures on Lake Baikal have shown that their occurrence at the stage of the degradation of the ice cover is due to anticyclonic currents that can result from the local rise of deep waters. In turn, the rise of deep waters we associate with the rise of methane hydrates from the upper layer of the bottom sediments and their dissociation. Analysis of the satellite images showed that linear dimensions of the radii of ice rings were 1300-2400 m, which is close to baroclinic Rossby radius of deformation. The measured ice thickness in the ring region corresponds to the model calculations. The rise of hydrate can be also associated with renewal of deep waters in the lake.

It was found that earthquakes could contribute to the change in the electrical conductivity and temperature of the near-bottom zone in the pelagic part of the lake. In September 2008, after the Kultuk earthquake we registered the decrease in mineralization and increase in the concentration of suspended particles in the near-bottom zone of the southwestern part of Lake Baikal (Granin et al., 2012). The decrease in the concentration of dissolved ions was 0.4-0.7 mg/l, and the increase in the concentration of suspended particles was 6-9 mg/l with a reference value of approximately 0.2 mg/l. The spatial position of the of the mineralization area was close to the focal Mv6.2 area of the Kultuk earthquake on 27 August 2008. It allows us to suggest the freshening as a consequence of the earthquake. The freshening of a large (approximately 20 km^3) volume of water indicates that the significant volume of mineralized water entered the near-bottom area of the lake. Sources of the possible entry of low-mineralized water are under study now.

Sometimes, in other years there was an increase and decrease in temperature of the near-bottom layer that were not associated with the renewal of deep waters. These temperature changes, as well as high-frequency changes in the level of the lake were close in time to strong remote earthquakes. Recently, we registered the effects of several earthquakes: 2011 Mw9.0 Tohoku (Fukushima), 2012 Mw8.6 and 2016 Mw7.8 Sumatra. Measurements of the vertical distribution of temperature indicate the change in the temperature of the near-bottom zone after earthquakes. We registered an increase in temperature after the Tohoku earthquake in

March 2011 and a decrease in the temperature of the near-bottom zone after the earthquake near Sumatra in March 2016. These temperature changes cannot be associated with the renewal of deep waters. We assume that the passage of seismic waves can increase the permeability of the bottom sediments (at least in the case of the Tohoku earthquake), thereby increasing the methane flow. At the same time, gas hydrates can form in the near-surface layer of the bottom sediments. It can cause the observed decrease in the temperature of the near-bottom layer. The increase in the temperature after the Sumatra earthquake can result from the decomposition of gas hydrates in the near-surface layer of the bottom sediments. Therefore, changes in the temperature of near-bottom zone can result from the formation (increase in temperature) and decomposition (decrease in temperature) of gas hydrates in the near-surface layer of the bottom sediments (Granin et al., 2018).

Гранин Н.Г.[1], Гнатовский Р.Ю.[1], Козлов В.В.[2], Макаров М.М.[1], Блинов В.В.[1]

ВЛИЯНИЕ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ И МЕТАНА НА ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЗЕРА БАЙКАЛ

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, г. Иркутск, Лермонтова, 134

Байкал это единственный пресноводный водоём мира, в донных отложениях которого обнаружены газовые гидраты метана. После их обнаружения были начаты работы по поиску и мониторингу выходов газа. Эти работы позволили обнаружить большое количество пузырьковых выходов газа из донных отложений озера. Выходы газа условно разделяются на мелководные (глубина менее 380 м) и глубоководные (>300 м). Количество мелководных выходов – более 100 и глубоководных более 20 (Granin et al., 2010). Проведены оценки потенциально возможного потока метана из донных отложений озера по данным гидроакустических измерений (Granin et al., 2012). Величина потока метана в разных глубоководных выходах газа изменяется от 14 до 216 т/год. Эти величины близки к потокам газа в океанских факелах. Проведена оценка пузырькового потока метана из донных отложений южного и среднего Байкала. Величина потока может быть от 1400 до 2800 т/год.

Газовые гидраты разрушаются на нижней границе устойчивости при осадконакоплении (Granin et al., 2012). Оценки потока метана южной и средней котловины озера из донных отложений, обусловленные осадконакоплением, дают величины от 2600 до 14000 т/год. Порядки величин оценок потоков по акустическим данным и по скорости осадконакопления близки и могут свидетельствовать о повышении концентрации метана в воде озера в настоящее время (Гранин и др., 2013).

В 2003 году на космических снимках ледового покрова озера Байкал обнаружены кольцевые структуры. В дальнейшем подобные структуры наблюдались в разных районах южного и среднего Байкала около 20 раз. Гидрофизические исследования и математическое моделирование ледовых кольцевых структур на Байкале показало, что их существование на стадии деградации ледового покрова обусловлено антициклоническими течениями, которые могут возникать в результате локального подъема глубинных вод. В свою очередь, подъем глубинных вод мы связываем со всплытием гидратов метана из верхнего слоя донных отложений и их диссоциацией. Анализ космических снимков показал, что линейные размеры радиусов ледовых колец составляют 1300-2400 м, что близко к бароклинному радиусу деформации Россби. Измеренные толщины льда в районе кольца соответствуют данным расчетов по модели. Со всплытием гидрата также может быть связано обновление глубинных вод озера.

Обнаружено, что землетрясения могут способствовать изменению электропроводности и температуры придонной зоны пелагической части озера. В сентябре 2008 г. после Култукского землетрясения было зарегистрировано понижение минерализации и повышение концентрации взвешенных частиц в придонной зоне юго-западной части озера Байкал (Granin et al., 2012). Понижение концентрации растворенных ионов составило 0.4-0.7 мг/л, а повышение концентрации взвешенных частиц 6-9 мг/л при фоновом значении около 0.2 мг/л. Пространственное положение области понижения минерализации было близко к фокальной области Mv6.2 Култукского землетрясения, 27 августа 2008 года. Это позволяет говорить о распреснении как о последствии землетрясения. Распреснение большого (около 20 км^3) объёма воды свидетельствует о значительном объеме маломинерализованной воды, поступившей в придонную зону озера. Источники возможного поступления маломинерализованной воды исследуются в настоящее время.

Иногда в другие годы наблюдалось повышение и понижение температуры придонного слоя не связанные с обновлением глубинных вод. Эти изменения температуры, а также высокочастотные изменения уровня озера, по времени были близки к сильным удалённым землетрясениям. В последнее время были зарегистрированы последствия нескольких землетрясений: 2011 Mw9.0 Тохоку (Фукусима), 2012 Mw8.6 and 2016 Mw7.8 Суматра. Измерения вертикального распределения температуры свидетельствуют о изменении температуры придонной зоны после землетрясений. Было зарегистрировано увеличение температуры после землетрясения Тохоку в марте 2011 г. и уменьшение температуры придонной зоны после землетрясения вблизи Суматры в марте 2016 г. Эти изменения температуры не могут быть связаны с процессом обновления глубинных вод. Мы предполагаем, что прохождение сейсмических волн может увеличивать проницаемость донных отложений (по крайней мере в случае землетрясения Тохоку), за счет чего происходит увеличение потока метана. При этом газовые гидраты мо-

гут образовываться в приповерхностном слое донных отложений. Это может вызывать наблюдаемое нами понижение температуры придонного слоя. Повышение температуры после Суматринского землетрясения может быть следствием разрушения газовых гидратов в приповерхностном слое донных отложений. Таким образом, изменения температуры придонной зоны могут быть следствием образования (повышение температуры) и разрушения (понижение) газовых гидратов в приповерхностном слое донных отложений (Granin et al., 2018).

Guildford S.J., Vanderwerff Wilson J.M., Hecky R.E.

PHYTOPLANKTON NUTRIENT STATUS IN THE DEEP CHLOROPHYLL LAYER OF LAKE SUPERIOR

Large Lakes Observatory, University Minnesota Duluth, Minnesota, USA

Lake Superior is the largest of the North American great lakes. It is shared by Canada and the US and is located at Latitude 47.7 N and Longitude 86.9 W. It has a surface area of 82,100 km^2, mean and maximum depths of 183 and 406 m respectively and a water renewal time of 180 years. Although it is a cold dark lake it does not freeze over completely during winter especially in recent years. The watershed is small relative to the lake size and is predominately Precambrian Shield geology which results in extremely low nutrient inputs to the lake. Phosphorus (P) limits the growth and biomass of phytoplankton and sets limits on the higher trophic levels. Like many large stratified, transparent waterbodies, a deep chlorophyll layer (DCL) forms during the stratified season. In this study we examined the DCL to determine its magnitude and extent over the stratified season and to determine if it exhibited indications of P deficiency similar to the upper mixed layer. Over the course of four months (June through September, 2010) we observed the formation and breaking down of a significant DCL at stations in the open waters of eastern and western Lake Superior, with chlorophyll concentrations in the DCL more than twice as high as the upper mixed layer in August. The ratio of particulate organic carbon to chlorophyll, which can be used as a measure of general nutrient deficiency in pelagic waters, indicated that while the upper mixed layer was more nutrient deficient than the DCL, the DCL and even the hypolimnion were in the range indicative of nutrient deficiency. Specific indicators for P deficiency, alkaline phosphatase activity and the ratio of particulate carbon to phosphorus, also indicated consistent P deficiency in both the upper mixed layer and in the deep chlorophyll layer, and the DCL had significantly lower alkaline phosphatase activity compared to the mixed layer on average. As climate warming lengthens the stratified season, we expect that this will exacerbate phosphorus deficiency resulting in an even more oligotrophic food web and the DCL may become more important to the overall productivity of the lake.

Hecky R.E.[1], House G.L.[1], Silsbe G.M.[2], Guildford S.[1]

THE DEEP CHLOROPHYLL LAYER IN LAKE SUPERIOR AND ITS PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY

[1]Large Lakes Observatory, University of Minnesota-Duluth, 2205 E. 5th Street, Duluth, Minnesota, USA
[2]University of Maryland Center for Environmental Sciences, P. O. Box 775, 2020 Horns Point Rd., Cambridge, Maryland, USA
rehecky@gmail.com

Lake Superior with a surface area of 82.100 km^2 and maximum depth of 406 m is the largest and northernmost of the interconnected Laurentian Great Lakes. Extreme oligotrophy is imposed by very low phosphorus concentrations and a short stratified season which in turn limit primary productivity and result in generally low chlorophyll concentrations of <1 μg/L in the surface mixed layer. To better understand phytoplankton productivity patterns in this hyperoligotrophic great lake, the spatial and temporal variability in chlorophyll (Chl) concentration and its photosynthetic activity was studied over an annual cycle in Lake Superior. Variability in spatial distribution is especially challenging in Lake Superior not only because of its great areal extent, but also because of the formation of a well-defined deep chlorophyll layer (DCL) in the metalimnion during summer stratification where Chl concentrations can be 2-3x higher than in the surface mixed layer. In the density stratified metalimnion, Chl concentrations change rapidly with depth along nutrient and light gradients which require sensitive, high resolution, non-invasive methods to evaluate ambient Chl concentrations and photosynthetic activity. We utilized Fast Repetition Rate Fluorometry (FRRF) to assess photosynthetic efficiency of photosystem II (PSII) and photochemical electon transport and evaluate temporal patterns over diel, seasonal and inter-annual time scales as well as extending over the hundreds of kilometers during lake-wide cruises. Spatially, the vertical structure of photosynthetic efficiency and chlorophyll concentrations throughout seasonal stratification was similar at stations separated by hundreds of kilometers when profiles of temperature and light were comparable. In contrast to the spatial homogeneity, profiles of photosynthetic efficiency showed substantial temporal variation during the course of a day in late summer. These diel patterns were remarkably consistent over multiple days and between two consecutive years indicating diel-scale light history is the major driver of variability in photosynthetic efficiency. The phytoplankton community remains photosynthetically active during winter with photosynthetic efficiency similar to metalimnetic values in midsummer. The presence of a layer of water above the deep chlorophyll maximum (DCM), but below the mixed layer, with supersaturated DO concentrations in July and August demonstrates that phytoplankton within the upper DCL were actively photosynthesizing further confirming the results of the FRRF measurements. Photosynthetic rates in

the upper depths of the DCL can be comparable to mixed layer rates during summer stratification. In contrast, the DCM which was generally near the lower boundary of the euphotic zone and DCL had low photosynthetic rates and appears to be more a zone of accumulation rather than active growth. The period of summer stratification on Lake Superior is lengthening under climate warming which will likely result in increasing relative importance of the DCL to the lake's primary productivity.

Khodzher T.V., Domysheva V.M., Sorokovikova L.M., Golobokova L.P., Sakirko M.V., Tomberg I.V., Netsvetaeva O.G., Sinyukovich V.M.

RECENT CHEMICAL COMPOSITION OF AQUATIC ENVIRONMENT FOR BAIKAL ORGANISMS

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
khodzher@lin.irk.ru

For many years, researchers of Limnological Institute have been performing comprehensive chemical monitoring of atmosphere and water in Lake Baikal and its tributaries. The water is sampled at 20 deep sites and 7 transects from surface to bottom around the entire water area of the lake. Seasonal water sampling is carried out in the mouths of large tributaries and littoral area of the lake. The researchers analyze gas impurities and aerosol in the near-water atmosphere. In each field expedition, they collect about 350-400 water samples. Gas composition and nutrients are analyzed on board the research vessel, whereas macro-and microelements and organic substance are examined at the accredited Laboratory of Hydrochemistry and Atmosphere Chemistry.

Based on the dataset obtained in 2014-2017, we may conclude that the ionic composition of water at all depths in the pelagic area is stable and similar to that of the previous studies (Votintsev, 1961; Falkner et al., 1991; Grachev et al., 2004; Domysheva, 2009; Khodzher et al., 2012). Dynamics of nutrients (nitrogen and phosphorus) in the pelagic area of the lake depends on phytoplankton productivity being within the long-term fluctuations. Their annual variability in the upper 200-m water layer in the lake basins is dependent on intensity of phytoplankton growth. Changes in the water column below 200 m are stable and do not exceed the measurement error. In the recent years, we observe the reduction of silica in the trophogenic water layer of the lake, which has been recorded for the first time in the early 21 century as a result of climate warming and intense development of plankton (Shimaraev, Domysheva, 2004). Due to climatic fluctuations occurring in the Baikal region for the past three years, the water inflow from the Selenga, Upper Angara and Kichera rivers has reduced by 30-40% into the central and southern basins and by 20-30% the into the northern basin of the lake, respectively, compared to the average long-term values. The discharge of nutrients with the waters of the main tributaries into Lake Baikal decreases during the low water level period. Organic forms of phosphorus prevail in the Selenga River inflow into the lake; the percentage of inorganic phosphorus decreased from 40% (in the 1980s) to 10-15% (in 2012-2016). It means that the quality of river waters has deteriorated.

The concentration of organic substance (OS) in the atmospheric precipitation is high. In the 1980s, nitrogen was 45%, phosphorus 37% and OS 7%. Absolute values in the 1990s were higher than in the 1980s. However, their contribution in the lake budget decreased, being 36% of nitrogen, 27% of phosphorus and 10% of OS. This was due to their discharge with the river waters into the lake during high water level period in the rivers (Khodzher, 1988; Sorokovikova et al., 2001). The input of nitrogen onto the water area of Lake Baikal increased in 2013-2017 because of forest fires in Pribaikalye, the increase of vehicles and intense development of tourism in this region. At present, the contribution of nitrogen from the atmosphere is 55%, phosphorus 40% and OS 16%.

Thus, climatic changes and elevated anthropogenic impact in the Baikal region during this period significantly affect the processes in the ecosystem occurring in both littoral and pelagic areas of the lake whose resource potential is of great importance for the entire world.

The work was supported by the State Grant 0345-2016-0008.

Ходжер Т.В, Домышева В.М, Сороковикова Л.М, Голобокова Л.П., Сакирко М.В, Томберг И.В., Нецветаева О.Г., Синюкович В.Н.

СОВРЕМЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ БАЙКАЛЬСКИХ ОРГАНИЗМОВ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
khodzher@lin.irk.ru

В течение многих лет в Лимнологическом институте проводится комплексный химический мониторинг воды Байкала, притоков и атмосферы. Вода отбирается на двадцати глубоководных станциях и семи поперечных разрезах от поверхности до дна по всей акватории озера. В устьях крупных притоков и литоральной области озера отбор ведется по сезонам года. Анализируется состав газовых примесей, аэрозоль в приводной атмосфере. В каждой экспедиции отбирается около 350-400 проб воды, газовый состав, биогенные элементы анализируются на судне, макро- и микроэлементы, органическое вещество в стационарных условиях в аккредитованной лаборатории гидрохимии и химии атмосферы.

На основе большого массива данных, полученных в 2014-2017 гг. подтверждается стабильность ионного состава воды в пелагиали озера на всех его глубинах, схожая с результатами предыдущих исследований (Вотинцев, 1961; Фолкнер и др., 1991; Грачев и др., 2004; Домышева, 2009; Ходжер

и др., 2012). Динамика концентраций биогенных элементов азота и фосфора в пелагиали озера зависит от продуктивности фитопланктона и находится в пределах многолетних колебаний. Межгодовые изменения в верхнем 200-метровом слое воды по котловинам озера обусловлены интенсивностью развития фитопланктона, изменения в водной толще глубже 200 м стабильны и не превышают погрешности методов измерения. Отметим, что в последние годы продолжается снижение кремния в трофогенном слое воды озера, которое впервые зафиксировано вначале 21 столетия в результате потепления климата и массового развития планктона (Шимараев, Домышева, 2004). Из-за климатических флуктуаций в Байкальском регионе, приток воды с Селенгой в среднюю и южную котловины озера за последние три года снизился на 30-40%, с Верхней Ангарой и Кичерой в северную на 20-30% по сравнению со среднемноголетними значениями. В условиях низкой водности с водами главных притоков снижается вынос биогенных элементов в Байкал. В химическом стоке фосфора в озеро с р. Селенгой стали преобладать органические формы, доля минерального уменьшилась с 40% (1980-е годы) до 10-15% (2012-2016 гг.), что свидетельствует об ухудшении качества речных вод.

Для Байкала важно поступление из атмосферы биогенных элементов, органического вещества (ОВ) т.к. их значения, особенно по азоту, в атмосферных выпадениях высокие. Атмосферная составляющая в восьмидесятые годы составила для азота 3.8 тыс. т/год (45%), фосфора 0.3 тыс. т/год (37%), ОВ – 56 тыс. т/год (7%). Абсолютные значения в 90-е годы были выше, чем в 80-е, но их вклад в бюджет озера в процентном отношении уменьшился и составил: для азота – 36%, фосфора – 27%, ОВ – 10%, что было обусловлено увеличением их выноса с реками при повышенной водности последних на тот период (Ходжер, 1988; Сороковикова и др., 2001). Из-за лесных пожаров, охвативших Прибайкалье в последние годы, роста автомобильного транспорта, туризма поступление азота на акваторию Байкала в 2013-2017 гг. еще увеличилось. В настоящее время доля поступления азота из атмосферы составляет около 55%, фосфора – 40%, ОВ – 16%. Таким образом, происходящие в современный период значительные изменения климата, возрастающие антропогенные нагрузки в Байкальском регионе оказывают существенное влияние на процессы в экосистеме не только прибрежной области, но и пелагиали Байкала, ресурсный потенциал которого представляет большое значение для всего мира.

Работа выполнена в рамках гос. задания №0345–2016–0008.

Kirillin G.[1], Alymkulov S.[2], Kurbaniyazov A.[3], Zavialov P.[4]

SEASONAL MIXING REGIME OF EURASIAN LAKES: HOW RESISTANT IS IT TO THE CLIMATE VARIABILITY?

[1]Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Berlin, Germany
[2]Institute of Physical and Technical Problems and Materials Science, National Academy of Sciences of Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyzstan
[3]Yasavi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan
[4]Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia
kirillin@igb-berlin.de

Being the largest of the continents, Eurasia is characterized by the continental climate and its subtypes, cold semi-Arid, cold Arid, and sub-Arctic climates. Therefore, the absolute majority of Eurasian lakes undergo strong seasonal variations in the heat exchange with the atmosphere, with typical surface temperatures varying in the range of tens of degrees Celsius within a year, and crossing the value of the maximum density for freshwater of ~4°C. This fact determines the main feature of their physical regime: stable vertical stratification with respect to temperature during the most part of the year, interrupted by two complete mixing events (overturns) twice a year, when lake temperatures arrive at the maximum density value. Hence, the main distinctive feature of Eurasian lakes is *dimixis* in terms of Hutchinson's classification (Hutchinson, Löffler, 1956; Kirillin, Shatwell, 2016). We present the recent findings which demonstrate the fragility of the hydrophysical regime of Eurasian lakes, analyze the factors able to disrupt regular seasonal mixing of lakes, and discuss possible ecological consequences of it. *Thermokarst lakes of sub-Arctic and Arctic tundra* are typically shallow *polymictic* (i.e. regularly mixed and oxidized to the bottom). However, the increase of lake depth due to thawing permafrost may maintain continuous stratification for the largest part of the open water period and produce by this strong intensification of methane production and release to the atmosphere from the large areas of Siberian tundra. Thus, the transition of shallow *polymictic* (i.e. regularly mixed and oxidized to the bottom) lakes and ponds to dimictic regime may play a significant role in the positive feedback between warming in the Arctic and methane release. *The lakes of the arid and alpine regions* of Eurasia, such as Central Asia and Tyan-Shan, are especially sensitive to the regional hydrological balance. Due to dry climatic conditions, many of these lakes are endorheic, having no outflows, and are therefore subject to salinization, with dissolved salts affecting the hydrophysical conditions, in particular, vertical mixing. Oligomictic lakes (such as Lake Baikal and Issyk-Kul) reveal complex mechanisms of the deep water renewal. Our newly obtained data reveal previously unknown details on horizontal temperature and salinity gradients in Issyk-Kul. In contrast to large freshwater lakes, the lateral salinity gradients formed by freshwater inflows in couple with the bottom slope ensure volume contraction by mixing of the colder and fresher waters sinking into the warmer and saltier deep pelagial, resulting in the *cabbeling* effect By this, the vertical convective flow formed in shallow areas will follow the bottom slope towards the warmer lake center with positive vertical acceleration due to the depend-

ence of the thermal expansion coefficient on temperature. This mixing mechanism is highly sensitive to variations in the mean salinity of the lake and as a result to the regional water budget. The fact that anthropogenic alteration of the regional water budget may change completely the mixing regime of lakes is demonstrated by the notorious example of the previously dimictic Aral Sea, which partially changed to meromictic regime in some of residual basins. The newly formed meromictic regime implies consequences at the regional scales, in the biogeochemical regime, as the monimolimnion of the lake accumulates continuously increasing amount of methane during the last years, as well as in the regional climate, as lake represents in winter a warm spot on the surface, slowly releasing the accumulated heat onto the atmosphere. For *dimictic lakes of temperate climate of Europe*, existing future climate scenarios predict that, if the warming trend persists for next several decades, water temperatures will never cool below the maximum density temperature, changing thus their mixing regime to *warm monomictic*, without a winter stratification period. The mixing regime transition will take place first in deeper lakes, while the shallower ones will possess the winter stratification for longer, i.e. the capacity to store heat throughout wintertime depends directly on the mean depth. The consequences of the physical regime change for biogeochemistry of lakes may appear manifold, including higher near-bottom temperatures in summer and a longer summer stratification period. Both factors favor bacterial activity in lake sediments, accelerate biodegradation of organic matter and, as a result, increase oxygen consumption and methane production. Deep anoxia in previously well-oxygenated lakes and a stronger contribution of these lakes to methane release may be hypothesized as possible global outcomes. However, many lakes do not demonstrate any appreciable warming despite significant positive trends in local air temperatures (O'Reilly et al., 2015). One reason for decoupled temperature trends in lakes and in the atmosphere was recently revealed from the analysis of temperature variations in *lakes on Tibetan Plateau*. Analysis of the modeling results demonstrated that the effect of the increased air temperatures on the lakes was compensated by decrease in the incoming solar radiation The radiation decrease can be hypothetically related to the direct effect of anthropogenic aerosols at high altitudes. Another possible reason for the decrease of solar radiation over the Tibetan Plateau might be an increased evaporation and the resulting higher air humidity, which is also supported by positive trends in the humidity and cloud amounts present in the reanalysis data. The lake system of Tibet reveals the non-linearity of the lake-atmosphere interaction and demonstrates the decisive role of solar radiation as a major physical driver of lake dynamics, especially in alpine regions with the high transparency of the atmosphere. Among other major threats to the seemingly stable seasonal mixing patterns of Eurasian lakes are anthropogenic salinization of arid lakes, trend to warmer winters in temperate regions, and deepening of Arctic lakes due to permafrost thaw.

This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (projects 15-55-12378 NNIO_and 17-05-41043), State Assignment of FASO Russia (Theme No. 0149-2018-0002), German Research Foundation (projects KI 853/11-1 and KI 853/14-1), and Sino-German Center for Science Support, Project GZ 1259.

Kostrova S.S.[1, 2], Meyer H.[1], Bailey H.L.[1, 3], Ludikova A.V.[4], Gromig R.[5], Kuhn G.[6], Shibaev Y.A.[7], Kozachek A.V.[7], Ekaykin A.A.[7, 8], Chapligin B.[1]

POSTGLACIAL HISTORY OF LAKE LADOGA DOCUMENTED BY DIATOM OXYGEN ISOTOPES

[1]Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Research Unit Potsdam, Telegrafenberg A45, 14473 Potsdam, Germany
[2]Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Favorsky str. 1a, Irkutsk 664033, Russia
[3]University of Alaska Anchorage, Anchorage AK 99508, U.S.A.
[4]Institute of Limnology RAS, Sevastyanova str., 9, St. Petersburg 196105, Russia
[5]University of Cologne, Institute of Geology and Mineralogy, Zuelpicher str. 49a, Cologne50674, Germany
[6]Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Am alten Hafen 26, Bremerhaven 27568, Germany
[7]Arctic and Antarctic Research Institute, Bering str. 38, St. Petersburg 199397, Russia
[8]Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, Universitetskaya nab., 7–9, St. Petersburg 199034, Russia
Svetlana.Kostrova@awi.de

Last decade studies have demonstrated the high potential of oxygen isotope composition in diatoms derived from lacustrine sediments in reconstructing past climate, environment and hydrology changes (e.g. Kostrova et al., 2013; Meyer et al., 2015; Chapligin et al., 2016).

As part of the German-Russian 'Paleolimnological Transect' (PLOT) project aimed at investigation the Late Quaternary climate and environment history along a transect crossing Northern Eurasia, Lake Ladoga, the largest freshwater body in Europe (18.329 km^2) located close to St. Petersburg, has been investigated. Sediment samples with sufficient amount of biogenic silica from the 10.5 cal. ka part of the sediment core (Co1309) were processed for diatom oxygen isotope ($\delta^{18}O_{diatom}$) analysis.

Our inferences are guided by a comprehensive survey of both the modern hydrological system and diatom species analyses. The fractionation factor (mean α = 1.0409) between recent Lake Ladoga water (mean $\delta^{18}O_{lake}$ = -9.8‰) and the most recent diatom sample (0.2 cal. ka BP; $\delta^{18}O_{diatom}$ = +30.7‰) reflect the known

silica-water fractionation in sediments and demonstrate that $\delta^{18}O_{diatom}$ is generally applicable for palaeoreconstructions for the lake. However, regarding potential controls for $\delta^{18}O_{diatom}$ from Lake Ladoga, water temperature (T_{lake}) plays only a negligible role. Lake-internal changes are documented in $\delta^{18}O_{lake}$ and comprise a combination of variations in evaporation, air temperature, atmospheric circulation patterns as well as hydrological changes that affect $\delta^{18}O_{diatom}$ of Lake Ladoga.

Data indicate that Lake Ladoga existed as a freshwater reservoir from at least ~10.5 cal. ka BP. Variations in $\delta^{18}O_{diatom}$ range from +30.7 to +35.1‰, and clearly reflect the Holocene Thermal Maximum as an interval of maximum $\delta^{18}O_{diatom}$ values around +35‰ between ~8 and 6.5 cal. ka BP. At 0.8–0.2 cal. ka BP, a prominent minimum around +31‰ is visible corresponding to the Little Ice Age. A continuous depletion in $\delta^{18}O_{diatom}$ since ~6.6 cal. ka BP is in good agreement with late to mid-Holocene cooling after the Holocene Optimum. Lake level rise is accompanied by a depletion of ^{18}O in diatoms and thus, results in lower $\delta^{18}O_{diatom}$ values from Lake Ladoga, whereas the lowering of the lake level causes higher $\delta^{18}O_{diatom}$ values. Generally, overall high $\delta^{18}O_{diatom}$ values around of +33.9‰ characterise a persistent evaporative lake system throughout the Holocene. As the Lake Ladoga diatom isotope record is roughly in line with the 60° N summer insolation, a linkage to broader-scale climate change is likely. In general, overall trend in the $\delta^{18}O_{diatom}$ record corresponds to regional variation in atmospheric circulation, rather influenced by maritime Atlantic air-masses in mid-Holocene, whereas Arctic-derived moisture is intensified in late Holocene.

This study was funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF; grant 03G0859). Research of Dr. Svetlana Kostrova contributes to the State Research Program of IGC SB RAS IX.127.1.2. (0350-2016-0026). Research of Dr. Anna Ludikova contributes to the State Research Program of the Institute of Limnology, RAS (registration N 01201363379).

Kouraev A.V.[1, 2], Zakharova E.A.[3], Rémy F.[1], Shimaraev M.N.[4], Kostianoy A.G.[5], Suknev A.Ya.[6]

ICE COVER OF EURASIAN LAKES FROM SATELLITE AND IN SITU OBSERVATIONS

[1]LEGOS, Université de Toulouse, CNES, CNRS, IRD, UPS Toulouse, France
[2]Tomsk State University, Tomsk, Russia
[3]Water Problems Institute RAS, Moscow, Russia
[4]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[5]P.P Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia
[6]Great Baikal Trail Buryatiya, Ulan-Ude, Russia

Eurasian lakes and internal seas are an integrator of climate processes and an indicator of existing or potential climate changes. Variability of ice and snow regime is important for their physical, chemical and biological properties, and for human activity (navigation, transport, fisheries, tourism etc).

We present studies of ice and snow cover of the lakes Baikal, Ladoga, Onega and Hovsgol using synergy of simultaneous active and passive satellite microwave radar altimetry observations (TOPEX/Poseidon, GFO, Jason-1, -2 and -3, ENVISAT, SARAL/Altika). An ice discrimination approach is presented and evolution of ice conditions from historical data and satellite observations is analysed. We present results of our field studies on lakes Ladoga, Onega, Baikal (Russia) and Hovsgol (Mongolia) and their relation with radar altimetry observations, optical satellite imagery and hyperspectral UAV imagery. We also address the formation of giant (diameter 5-7 km) ice rings in lakes Baikal and Hovsgol. We analyse the timing of and duration of their existence as well as associated ice and water column structure.

This research was supported by the Swiss-Russian multidisciplinary project “Lake Ladoga: Life under ice”, ERA.NET RUS Plus S&T #226 “ERALECC”, CNES TOSCA “LakeIce”, RFBR-RGO 17-05-41043-RGO-a, Toulouse Arctic Initiative and IDEX InHERA projects.

Kulikovskiy M.S., Maltsev E.I., Kezlya E.M., Shkurina N.A., Kuznetsova I.V.

PROCESSES OF DIATOMS DIVERSITY FORMATION IN LAKES BAIKAL AND HOVSGOL

Institute of Plant Physiology RAS, Moscow, Russia

Lakes Baikal and Hubsugul are unique water ecosystems that evolve for a long time. Lake Baikal is the oldest lake on the Earth. Diatoms are integral component of the biota of these lakes and they play important role in these ecosystems. At the present time there is a noticeable change in the diversity of diatoms, dominant taxa. The diatom flora of lakes Baikal and Khubsugul includes a large number of endemic taxa, diversity of which has been studied, in many ways, by our works and the work of our colleagues. All these allow us to consider the mechanisms of formation of the diatom diversity in the studied lakes, to carry out a comparative analysis of floras. The work of the team is based on the morphological and molecular genetic analysis of organisms, the cultivation of a large number of algae (more than 1000 strains) and the study of morphological variability in natural and cultural conditions. During the presentation, we will highlight our data on peculiarities of the formation of the diatom diversity.

This work was supported by the RSF 14-14-00555 and RFBR 17-04-00042-a.

Куликовский М.С., Мальцев Е.И., Кезля Е.М., Шкурина Н.А., Кузнецова И.В.

МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ РАЗНООБРАЗИЯ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В ОЗЕРАХ БАЙКАЛ И ХУБСУГУЛ

Институт физиологии растений имени К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия,
max-kulikovsky@yandex.ru

Озера Байкал и Хубсугул являются уникальными водными экосистемами, которые эволюционируют длительное время. Озеро Байкал – самое древнее озеро на земле. Диатомовые водоросли являются неотъемлемым компонентом биоты этих озер и играют важную роль в функционировании экосистем. В настоящее время происходят заметные изменение в разнообразии диатомовых водорослей, доминировании в сообществах новых таксонов. Флора диатомовых водорослей озер Байкал и Хубсугул включает большое число эндемичных таксонов, разнообразие которых было изучено, во многом, нашими работами и работами наших коллег в последнее время. Все это позволяет рассмотреть механизмы формирования разнообразия диатомовых водорослей в изучаемых озерах, провести сравнительный анализ флор, выявить общие закономерности. Работа коллектива основана на морфологическом и молекулярно-генетическом анализе организмов, культивировании большого числа водорослей (более 1000 штаммов) и изучении морфологической изменчивости в природных и культуральных исследованиях. В докладе будут освещены наши данные по особенностям формирования разнообразия диатомовых водорослей.

Работа выполнена при поддержке грантов РНФ 14-14-00555 и РФФИ 17-04-00042-а.

Massol F.[1], Macke E.[2]

NETWORK METHODS FOR THE ANALYSIS OF HOST-SYMBIONT INTERACTIONS: AN EXAMPLE WITH DAPHNIA MAGNA AND ITS GUT MICROBIOTA

[1]UMR 8198 Evo-Eco-Paleo, Univ. Lille, F-59000 Lille, France
[2]Laboratory of Aquatic Biology, KU Leuven (Kulak), Dept of Biology, E. Sabbelaan 53, BE-8500, Kortrijk, Belgium
francois.massol@univ-lille1.fr

Interactions between individuals, populations or species are a central pillar of ecology: all organisms interact, in various forms, with others, and these interactions in turn define the functioning of ecosystems. The past twenty years have seen a tremendous surge of interest in assessing and quantifying such interactions using tools borrowed from network theory, with numerous empirical studies reporting food webs and mutualistic networks and associated metrics. At the same time, data on the occurrence of microbial symbionts – be they mutualistic, commensal or pathogenic – have exploded thanks to the use of metabarcoding and other next-generation sequencing technologies. Consequently, ecologists now face huge amounts of studies reporting co-occurrence of various microbial taxa within different genotypes or species of host, and have yet to tackle the interpretation of such data.

In this talk, I will present a few recent methods which aim at studying the structure of multipartite interaction networks. Starting from classic network analyses, I will introduce new methods that are able (i) to disentangle dependencies in interaction networks to better infer correlations between explanatory variables (e.g. phylogeny, geography, etc.) and the structure of networks and (ii) to assess the congruence of multipartite networks using various definitions of “interaction compartments”. I will illustrate some of these methods using data on *Daphnia magna*’s gut microbiota and the composition of its associated bacterioplankton. I will end with a discussion of the next gaps to be bridged in the study of host-symbiont interaction networks and what existing leads can help us achieve this.

Moore M.V.

TROPHIC COUPLING OF THE MICROBIAL AND THE PELAGIC FOOD WEBS IN LAKE BAIKAL

Department of Biological Sciences, Wellesley College, Wellesley, Massachusetts, USA 02481-8203
mmoore@wellesley.edu

Pelagic copepods often couple the classical and microbial food webs by feeding on microzooplankton (e.g., ciliates) in oligotrophic aquatic systems, and this consumption can trigger trophic cascades within the microbial food web. Consumption of mixotrophic microzooplankton, which are both autotrophic and heterotrophic within the same individual, is of particular interest because of its influence on carbon transfer efficiency within aquatic food webs. In L. Baikal, Siberia, it is unknown how carbon from a well-developed microbial food web present during summer stratification moves into higher trophic levels within the classical food web. *In situ* experiments were conducted in August, 2015 to test the hypotheses that: 1) the lake’s dominant endemic copepod (*Epischura baikalensis*), previously assumed to be an herbivore feeding on diatoms, connects the microbial and classical food webs by ingesting ciliates, and 2) this feeding initiates top-down effects within the microbial food web. Our results supported these hypotheses. *E. baikalensis* individuals consumed on average 101-161 ciliates per day, obtaining 96.1 to 97.7% of their ingested carbon from ciliates and the remainder from small diatoms. Clearly, *E. baikalensis* is omnivorous, and it is likely channeling more primary production from both the microbial food web and the classical food web of L. Baikal to higher trophic levels than any other pelagic consumer. Most ciliates consumed were a small mixotrophic oligotrich and such taxa are often abun-

dant in summer in other oligotrophic lakes. Consumption of these mixotrophs likely boosts substantially the transfer efficiency of biomass to higher trophic levels. In addition, feeding of *E. baikalensis* initiated a three-link predatory cascade which reduced the abundance of ciliates and elevated growth rates of heterotrophic nanoflagellates, but did not affect abundance or growth rates of autotrophic picoplankton. This is the first demonstration of a trophic cascade in L. Baikal, but investigations at larger spatial-temporal scales are needed to identify the conditions promoting or precluding trophic cascades in this lake. These food web results will be discussed in the context of climate change and its effects on large aquatic ecosystems.

Niska M.

ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE EEMIAN (MIKULINIAN, MIS 5E) RECORDED IN THE LAKE-MIRESEDIMENT SUCCESSION FROM CENTRAL POLAND (CENTRAL EUROPE) BASED ON SUBFOSSIL CLADOCERA ANALYSIS

Pomeranian University in Słupsk, Institute of Geography and Regional Studies, 27 Partyzantów Str., 76-200 Słupsk, Poland
monika.niska@apsl.edu.pl

Lakes are natural archives with sediments being evidence of environmental changes accumulated over thousands of years. The reconstruction of the ecological and biological past of lakes is possible, among others, due to the remains of organisms preserved in their sediments with bioindication properties. Cladocera (water fleas) belong to the small crustaceans and they are one of the basic elements of the lacustrine zooplankton. High suitability of crustaceans for the purposes of limnological as well as paleolimnological studies results of their stable ecological requirements and possibility of preserving elements of their chitinous shells, which can identify the species within the lake sediments. Worldwide analyses of Cladocera subfossils have revealed detailed results covering mainly the last 13,000 years, however also those from sediments older than the last glaciation have been analyzed in a few sites: in Japan (1975), Canada (1984) and in Denmark (1962). Since 2000, nearly 20 analyzes have been carried out for lakes from the region of Poland and Germany. Based on obtained results existing state of knowledge about Eemian reservoirs including information concerning aquatic environment (changes in temperature, trophic status, water levels, pH) was supplemented.

In the current study the result of subfossil Cladocera analysis of the lake-mire sediments from three sites: Besiekierz, Kubłowo, Kuców (Central Poland) of the Eemian Interglacial and the inferred environmental alterations are presented. The aim of the study was to reconstruct and compare the development of Eemian Interglacial lakes located within central Poland as determined on the basis of the changes in subfossil Cladocera composition in the context of local conditions, climate change and natural evolutionary processes. The studied reservoirs, fully developed during the Eemian Interglacial, were formed at the end of Warta Glaciation (MIS 6) or in the early Eemian Interglacial period. Terrain troughs, including tunnel and kettle holes, were left after the retreat of the glacier and filled by accumulating water. Eemian paleolakes are discovered mainly on the occasion of preparation of geological maps.The studied sites are located to the south of the boundary of the last glaciation: Besiekierz – around 30 km in north direction from Łódź, Kubłowo – Kłodawa Upland and Kuców – paleolake discovered within the Bełchatów open cost mine. At the initial stage of lake development, sediments within the lake basins consisted mainly of sands and silts. The full lake development periods were associated with sedimentation of gyttja and organic silts followed by peat and organic shales. Peat was predominant at the latest stages of lake history. The Eemian deposits have not been radiometrically dated because the entire Eemian Interglacial is outside the range of radiocarbon dating. Therefore, only the pollen analysis document the Eemian age of the paleolake deposits, providing the basis for chronostratigraphy. For this reason, when discussing the development of lakes, the division into regional pollen assemblages zone were used (E1-E7 - Eemian Interglacial) developed by Mamakova (1989).

At the Early Eemian the temperature of the lake water was low, and hence lakes were inhabited mainly by pioneering fauna resistant to low temperatures, low clarity of water and low content of organic matter at the oligotrophic level. First evidences of Cladocera succession were discovered in Besiekierz paleolake (late Warta Glaciation), then the succession of Cladocera began into the Kuców lake at the beginning of Eemian Interglacial, and the development of the Kubłowo paleolake began at the latest. Gradual increase of water temperature caused that the lakes were inhabited by a more thermophilic species. As the water level also increased, the group of dominant species was enriched by pelagic zone species due to larger precipitation at the Early Eemian Interglacial. The results of Cladocera analyses from the Early Eemian Interglacial period demonstrate short-term episodes of climate warming during this relatively cold period, leading to an increase in Cladocera abundance, being maintained generally at a low level in the initial period.The beginning of the Middle Eemian was connected with the occurrence of more favourable conditions for zooplankton growth, probably due to a significant rise in temperatures and still a relatively high level of water. In general, the Middle Eemian in the reservoir was dominated by species associated with aquatic plants and bottom sediments. At the end of the period corresponding with the pollen zone E4, the situation in the paleolakes started to deteriorate. In all lakes at the turn of the E4/E5 and in the first half of E5 significant decrease in attendance of Cladocera in the sediment was marked. This resulted in reduction in the level of water in large lakes, while the lowest (Besiekierz) turned into a peatbog. Late Eemian Interglacial was the next stage of the development of water reservoirs associated with a considerable improvement in Cladocera habitat conditions. The final stage

of the Eemian Interglacial was associated with a significant drop in temperatures; however, precipitation was maintained at a relatively high level. In the studied paleolakes, except Besiekierz (who had landed), the frequency of Cladocera species reached the top level throughout the history of the lakes (E6-E7). At the end of the Late Interglacial due to cooling, the paleolake Kuców disappeared and in the Kubłowo paleolake the attendance of Cladocera recorded in the sediment was drastically reduced.

Summing up, in the studied reservoirs there were identified similar stages of development on the basis of the Cladocera analysis resulting from the impact of regional climate changes. However, the time of the creation of the reservoirs and its terrestrialization was related mainly to the size and depth as well as local conditions of the lakes.

Panchenko M.V.[1], Domysheva V.M.[2], Pestunov D.A.[1], Sakirko M.V.[2], Shamrin A.M.[1], Shmargunov V.P.[1]

CO_2 IN THE "ATMOSPHERE-WATER" SYSTEM AND BIOGENIC ELEMENTS IN WATER OF THE LITTORRAL ZONE OF LAKE BAIKAL AT THE PRESENT STAGE OF CLIMATE CHANGES

[1]V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 1, Academician Zuev sq., Tomsk, Russia
[2]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
hydrochem@lin.irk.ru, pmv@iao.ru

In the work, based on the data of regular long-term observations, characteristic features of the seasonal and daily course of the measured characteristics for all hydrological seasons are determined. It is shown that in the atmosphere there is a steady increase in the concentration of carbon dioxide, the trend of which is in good agreement with both the global trend (https://www.co2.earth/) and with the data of aircraft and surface measurements in Siberia. The analysis of the entire long-term series of easurements (2003-2018) of the main components involved in the gas exchange process (CO2 concentration in surface water, the difference in the partial pressure between water and atmosphere, the concentration of nutrients) did not reveal significant trends in these characteristics. Separately, assessments of the dynamics of the characteristics under study during the low water period in the Lake Basin were carried out Baikal and it is shown that at this time there is a reliable trend of decreasing the concentration of biogenic elements in the surface water of the littoral zone of Lake Baikal.

Панченко М.В.[1], Домышева В.М.[2], Пестунов Д.А.[1], Сакирко М.В.[2], Шамрин А.М.[1], Шмаргунов В.П.[1]

CO_2 В СИСТЕМЕ «АТМОСФЕРА-ВОДА» И БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ВОДЕ ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

[1]Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, 634055, г. Томск, площадь Академика Зуева, 1 Россия
[2]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
hydrochem@lin.irk.ru, pmv@iao.ru

В настоящее время все объекты окружающей среды находятся в условиях быстрых климатических изменений и возрастающей антропогенной нагрузки. Рост содержания в атмосфере углекислого газа в большинстве сценариев рассматривается, как основная причина наблюдающегося потепления. В глобальном масштабе существующие модели относительно адекватно описывают реакцию климатической системы для различных сценариев увеличения CO_2. Наиболее сложной задачей в настоящий момент является определение этого воздействия на различные объекты окружающей среды на региональном уровне. Байкал является уникальной природной лабораторией. Для изучения процессов газообмена в системе «атмосфера – водная поверхность» на оз. Байкал ИОА СО РАН совместно с ЛИН СО РАН была организована Байкальская атмосферно – лимнологическая обсерватория (БАЛО). Обсерватория расположена на западном побережье южной котловины озера (51°54'с.ш. 105°04' в.д.) на территории научно-исследовательского стационара Лимнологического Института СО РАН. С 2003 года во все гидрологические сезоны года здесь осуществляются комплексные измерения основных составляющих углеродного цикла в системе «вода-атмосфера». На выносном пункте для измерения потоков газов в приводном слое атмосферы используются полупогружные камеры. Определение парциального давления газов в воде осуществляется эквилибраторами («Дно» и «Поверхность»). Химический анализ регулярно отбираемых проб воды проводится в полевой лаборатории, расположенной на берегу. Здесь измеряется величина pH, концентрация растворенного кислорода, гидрокарбоната, нитрата, фосфата и флуоресцентных характеристик. В работе на основе данных регулярных многолетних наблюдений определены характерные особенности сезонного и суточного хода измеряемых характеристик для всех гидрологических сезонов. Показано, что в приводной атмосфере наблюдается неуклонный рост концентрации углекислого газа, тренд которого хорошо согласуется, как с глобальным трендом (https://www.co2.earth/), так и с данными самолетных и приземных измерений в Сибири. Анализ всего многолетнего ряда измерений (2003-2018 гг.) основных компонент, участвующих в процессе газообмена (концентрации CO_2 в поверхностной воде, разности

парциального давления между водой и атмосферой, концентрации биогенных элементов), не выявил значимых трендов этих характеристик. Отдельно были проведены оценки динамики исследуемых характеристик в период маловодья в бассейне оз. Байкал и показано, что в это время наблюдается достоверный тренд снижения концентрации биогенных элементов в поверхностной воде литоральной зоны Байкала.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 18-45-030007.

Pozdnyakov Sh.R.

A MODERN APPROACH TO THE STUDY OF SEDIMENT IN FRESHWATER ECOSYSTEMS

Institute of Limnology RAS, St.-Peterburg, Russia
lake@limno.org.ru

Development of our views on the formation and transformation of freshwater ecosystems requires constant changes of priorities in research and evaluation of selected characteristics. In particular, requires a restructuring of the system research of sediment with the expansion of the range of the analyzed particles and spread it in the submicron size.

Поздняков Ш.Р.

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ НАНОСОВ В ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Институт озероведения РАН, Санкт-Петербург, Россия
lake@limno.org.ru

Развитие наших представлений о формировании и трансформации пресноводных экосистем требует постоянного изменения приоритетов в исследовании и оценке отдельных их характеристик. Такая трансформация связана в значительной степени с накоплением научных знаний и совершенствованием описания процессов происходящих в экосистемах. Это, с одной стороны. С другой стороны, современное развитие цивилизации и появление новых видов производств, приводит к новым видам вызовов, не считаться с которыми недопустимо. На примере исследования твердых наносов в пресноводных экосистемах это выглядит в настоящее время следующим образом. Твердые наносы, перемещаемые водными потоками во взвешенном и влекомом состоянии, отложившиеся на дне водотоков, а также взвешенные в водной толще водоемов и осаждаемые на их дно, являются важнейшим элементом их экосистем. Количество этих наносов определяет интенсивность заиления и занесения водных объектов, т.е. фактически определяет их морфометрию. Другой, важнейшей составляющей является гидрохимическая роль наносов в формировании экологического состояния водных объектов. Даже, если перемещаемые частицы наносов являются химически относительно нейтральными, на их поверхности могут быть сорбированы любые химические элементы, в том числе весьма опасные. Таким образом, перемещаемые в водотоке, и, особенно, попадающие в водоем, наносы в значительной степени могут определять их гидрохимический статус и, в конечном счете, влиять на гидробиологическую характеристику водного объекта. При этом, чем меньше частицы наносов, тем более важную гидрохимическую роль могут они исполнять. Связано это с их суммарной площадью поверхности. Наибольшую суммарную поверхность имеют, естественно, частицы субмикронного размера. Так, суммарная площадь шарообразных частиц диаметром 1 нм, помещенных в куб со стороной ребра 1 дм, составляет 3.14 кв. км, что в 100 000 000 раз больше, чем у шара, диаметром 1 дм. Важно отметить, что помимо такой большой поверхности, для частиц субмикронного размера характерна значительная сорбционная активность, что достаточно полно описано в любых учебниках по коллоидной химии. Но, до последнего времени как на сети Росгидромета, так и в исследовательской классической гидрологии и гидродинамике, при оценке гранулометрического состава наносов, нижний предел измерений определялся размером 1 мкм, более мелкие наносы оценивались по остаточному принципу и относились к фракциям «глин». В тоже время современные исследования приводят к пониманию того, что субмикронные частицы в воде могут представлять опасность для человека, поскольку благодаря своим размерам способны проникать в любые ткани, легкие, мозг и т.д. При этом современная система водоподготовки не способна их задерживать или фильтровать. Вместе с тем, современное развитие научно-практической деятельности приводит к бурному развитию нанотехнологических производств, а значит, и таких же отходов, которые, в конечном счете, оказываются через определенные интервалы времени в наших водных объектах. Таким образом, можно констатировать наличие этого серьезного современного вызова. В этой связи, требуется переоценка наших приоритетов в оценке и исследовании характеристик наносов.

Кроме того, как показывает практика, анализ частиц субмикронного размера обеспечивает более качественной информацией традиционные исследования. Так, в качестве примера можно привести оценку транспорта ртути, сорбированной на частицах взвешенных наносов на р. Катунь. Данные исследования проводились ИВЭП СО РАН и ГГИ для проекта строительства Катунской ГЭС. Дифференциация наносов на фракции крупнее 1 мкм и мельче 1 мкм обеспечила возможность разделения всего объема сорбированной на наносах ртути на две составляющие – на часть, которая осядет на дне водохранилища (это ртуть на наносах крупнее 1 мкм) и часть, которая будет сброшена в нижний бьеф (на наносах мень-

ше 1 мкм). При традиционном подходе к анализу гранулометрического состава такого разделения получено не было бы. Кстати, тогда же, было показано, что на субмикронных частицах было сорбировано непропорционное количество ртути по сравнению с крупными частицами. В качестве другого примера можно привести результаты обследования ИНОЗ РАН водотоков бассейна Ладожского озера. Выяснилось, что для конкретного водотока, независимо от водности и сезона года, определенные характеристики гранулометрического состава субмикронных наносов, являются относительно постоянными. В то же время, между водотоками они разнятся, особенно при различных физико-географических условиях в бассейне. Если же рассматривать ситуацию в бухте Петрокрепость Ладожского озера, то здесь имеет место определенная динамика изменения этих характеристик и постоянства не наблюдается. Детальный гидродинамический анализ показал, что данная динамика коррелирует с попаданием в эту бухту конкретной воды из разных частей бассейна Ладожского озера. Этот вывод имеет большое практическое значение, поскольку позволяет определять генезис тех или иных водных масс, поступающих в эту часть Ладожского озера, практически в истоке р.Невы, откуда через короткое время эта вода оказывается в водозаборах г. Санкт- Петербург. Дело в том, что наиболее загрязненные водные массы поступают из р.Волхов, и своевременная фиксация данного факта позволит подстроить систему очистки при водоподготовке на период их притока и, таким образом, обеспечить оптимизацию работы системы. Безусловно, такие конкретные примеры практической реализации информации о характеристиках частиц субмикронного размера будут множиться.

Таким образом, можно констатировать, что требуется перестройка системы исследования наносов с расширением диапазона анализируемых частиц и распространением его в субмикронные размеры.

Prozorova L.A.[1], Bogatov V.V.[1], Chernova E.N.[2], Lysenko E.V.[2], Ngo X.Q.[3], Do V.T.[4], Hoang N.S.[3]

TRACE ELEMENTS IN ECONOMICALLY IMPORTANT MOLLUSKS FROM THE MEKONG AND THE RED RIVER DELTAS

[1]Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch RAS, Stoletiya Prospekt 159, Vladivostok, 690022, Russia
[2]Pacific Institute of Geography, Far Eastern Branch RAS, Radio Str. 7, Vladivostok, 690041 Russia
[3]Institute of Tropical Biology, Vietnam Academy of Science and Technology, Tran Quoc Toan Str. 85, Ho Chi Minh city, Vietnam
[4]Institute of Ecology and Biological Resources, Vietnam Academy of Science and Technology, 18 Hoang Quoc Viet Road, Hanoi city, Vietnam
lprozorova@mail.ru

Heavy metal and arsenic pollution in aquatic ecosystems has been a hot issue in ecology for the recent time. This problem is bad studied but very important in Vietnam because of numerous environmental and ecological problems in both transboundary Mekong and Red River basins.

Bivalve mollusks are well-known accumulators of trace elements widely used as bioindicators for monitoring heavy metal pollution in aquatic environment. For the first time we examined levels of seven heavy metals Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb and metalloid As in different bivalve species from 11 sites of the Mekong Delta and 2 sites of the Red River Delta in April and September 2017. The study objects were selected among common freshwater, estuarine and marine clams traditionally used by local people as food. Bivalve mollusk species belonging to 9 genera in 5 families were studied: Unionidae (*Ensidens, Scabies, Hyriopsis, Pilsbryoconcha)*, Cyrenidae (*Corbicula, Geloina*), Arcidae (*Anadara*), Mytilidae (*Perna*), Veneridae (*Meretrix*). Heavy metals levels in clam tissue were analyzed employing standard methods. As a result specificity of heavy metals accumulation for mollusks in studied families and genera are revealed. All unionids selectively accumulate in their body Mn and Fe, cyrenids in the *Corbicula* – mainly Cu, large cyrenids in the *Geloina* – mainly Zn. Detected levels of examined elements did not exceed permissible limits for hazardous substances in fish and fishery products for recommendation of FAO, except As in the mangrove clams *Geloina* sp. from the Mekong Delta. Increased concentrations of Zn, Pb and Cd close to maximum permissible limits were detected in *Corbicula* sp. from the Red River estuary. Concentrations of heavy metals in *Corbicula* sp. from the Red River Delta exceed these in the Mekong Delta species of the genus twice (Zn, Ni), by 3-7 (Mn, Ni, Fe, Cd) or even more than 10 times (Pb).

The obtained results input into the scientific base for monitoring heavy metal and arsenic pollution in aquatic environment. The study was supported in part by the Russian-Vietnamese cooperative scientific program (FEB RAS –VAST 17-007).

Puzanov A.V., Kirillov V.V., Bezmaternykh D.M., Ermolaeva N.I.

SPATIAL-TEMPORAL ORGANIZATION OF AQUATIC ECOSYSTEMS AND ASSESSMENT OF IMPACT OF NATURAL/ ANTHROPOGENIC FACTORS ON HYDROBIOCENOSES FORMATION AND SURFACE WATER QUALITY IN OB BASIN AND OB-IRTYSH INTERFLUVE

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, 1, Molodezhnaya St., Barnaul
puzanov@iwep.ru

Variety and heterogeneity of ecosystems and their components are manifested through different-scaled diversity in time and space. It makes the search for adequate methodological techniques for analyzing the spatial-temporal organization (STO) in specific ecosystem studies rather complicated. Starting from Allen and

Starr (1982), the concept of hierarchical organization of biological systems has been inseparably developed with the problem of typical scales. Each process has its own typical scales of space and time, within which the natural structure of a certain level is formed. Ecological phenomena crucially depend on scales both in time and in space (Wiens, 2002).

The solution of the global problem of optimizing the interaction of social and natural systems within specific spatial and temporal boundaries determines the choice of trends and goals of studying the aquatic ecosystems in the Ob basin and Ob-Irtysh interfluve (OB and OII). To solve this problem, it is advisable to use a methodological approach that suggests a simultaneous study of spatial and temporal organization of geosystems (Dyakonov, 2007). For OB and OII aquatic ecosystems, spatial scales vary from a few centimeters (different biotopes within a water body) to several thousand kilometers (the size of large river systems in Siberia), whereas temporal scales range from hours (daily dynamics of hydrochemical parameters and plankton) to hundreds of thousands of years (the age of lake Teletskoye).

The particular importance of the STO analysis of aquatic ecosystems is manifested in assessing various factors impact on their dynamics, which can be characterized by their heterogeneity in space and time. The research of ecosystem STO is one of major tasks in modern ecology (Levin, 1992; Azovsky, 2000). According to the Concept of a four-dimensional nature of lotic ecosystems (Ward, 1994), all elements of any ecosystem are considered in five dimensions (in 3-D, in time and at biosystem hierarchy level). Internal organization of rivers and lakes ecosystems (i.e. their zoning, component composition, impact of critical abiotic factors, community structure and basic processes of functioning) are well-studied and published in numerous modern scientific national (Alimov, 2000; Kitaev, 2007) and international (Wetzel, Likens, 2000; Rice et al., 2001; Kalff, 2003; Benda et al., 2004; Thorns, 2006; Thorp et al., 2006; Lampert, sommerisi, 2007; Tundisi, Tundisi, 2011) editions. However, many problems of organization and functioning of aquatic ecosystems are still poorly studied; for example, the issue of reliable forecasting of ecosystem state in the conditions of environmental factors change. Identification of spatial and temporal patterns of migration, accumulation, transformation of chemical compounds in aquatic ecosystems and adjacent landscapes of various natural and high-altitude zones are currently central as well.

Since the time of IWEP SB RAS foundation (1987), the development of methods for comprehensive assessment of environmental consequences of changes in a hydrological regime of water bodies, including the development of mathematical and experimental methods for studying hydrophysical, hydrochemical, biogeochemical and environmental processes in water bodies and streams are its major research trends. Previously, the Institute has studied the STO elements of OB and OII aquatic ecosystems, the runoff formation of the Ob and its tributaries, the influence of factors of different genesis and scales on the formation and functioning of ecosystems of different-type lakes (Kirillov et al., 2007-2011; Ermolaeva et al., 2014-2017; Bezmaternykh, Vdovina, 2015-2017; Puzanov et al., 2015, 2017). Impressive scientific results were obtained. Thus, the influence of the landscape-geochemical situation in the basin on chemical composition of surface waters of physical-geographical provinces of Altai in the summer period was most clearly expressed for macro-components, for dissolved forms of typomorphic chemical elements (Fe, Mn) and under anthropogenic impact on the catchment. Compared to the period of spring flood, the metal content in suspended matter during a low water in summer was significantly higher due to the predominance of fine fractions with greater sorption capacity (Puzanov et al., 2015). pH and mineralization were key factors for total products formation in lake ecosystems of the steppe zone. In the taiga zone, the role of the annual sum of effective temperature increases. The role of hydrobionts of different trophic levels in the formation and accumulation of organic matter in different- type lakes of the Ob-Irtysh interfluve and their influence on the final component composition of bottom sediments has been studied.

Since 2017, IWEP SB RAS is involved in the project "Spatial-temporal organization of aquatic ecosystems and assessment of natural/anthropogenic factors impact on hydrobiocenoses formation and surface water quality in Ob basin and Ob-Irtysh interfluve ", which is actually a continuation and extension of the scientific research implemented in previous years. The main objectives of this project are:

- the analysis of spatial-temporal organization of aquatic ecosystems of the Ob river basin- one of the largest river systems in Eurasia, for optimization of natural resources conservation;
- the determination of the role of zonal, regional and local, historical and modern, natural and anthropogenic factors in the formation and functioning of ecosystems of different- type water bodies in the Ob basin and the Ob-Irtysh interfluve.

Пузанов А.В., Кириллов В.В., Безматерных Д.М., Ермолаева Н.И.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ГИДРОБИОЦЕНОЗОВ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАССЕЙНА ОБИ И ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1
puzanov@iwep.ru

Разнообразие и гетерогенность экосистем и составляющих их компонентов проявляется в значительной разномасштабности по времени и пространству. Все это свидетельствует о сложности поиска адекватных методических приемов для анализа пространственно-временной организации (ПВО) при исследовании конкретных экосистем. Начиная с работы Аллена и Старра (Allen, Starr, 1982), концепция иерархической организации биологических систем развивается в неразрывной связи с проблемой

характерных масштабов. Каждый процесс имеет свои характерные масштабы пространства и времени, в пределах которых формируется природная структура определенного уровня. Экологические явления принципиально зависят от масштабов как во времени, так и в пространстве (Wiens, 2002).

Выбор направления и целей исследований водных экосистем бассейна Оби и Обь-Иртышского междуречья (БО и ОИМ) определяется необходимостью решения глобальной задачи оптимизации взаимодействия социальных и природных систем в конкретных пространственных и временных границах. Для решения этой задачи целесообразно использовать методологический подход, включающий одновременное исследование пространственной и временной организации геосистем (Дьяконов, 2007). Для водных экосистем БО и ОИМ пространственные масштабы, в котором они функционируют, меняются от нескольких сантиметров (различные биотопы в пределах водного объекта) до нескольких тысяч километров (размеры крупных речных систем Сибири), а временные масштабы – от часов (суточная динамика гидрохимических показателей и планктона) до сотен тысяч лет (возраст Телецкого озера).

Особое значение анализа ПВО водных экосистем проявляется при оценке влияния на их динамику различных факторов, которые также можно характеризовать по их неоднородности по пространству и времени. Исследование ПВО экосистем является одной из основных задач современной экологии (Levin, 1992; Azovsky, 2000). При этом все элементы экосистемы, в продолжение Концепции четырёхмерной природы лотических экосистем (Ward, 1994), рассматриваются в пяти измерениях (три по пространству, время и уровень в иерархии биосистем). Внутренняя организация экосистем рек и озер: их зонирование, компонентный состав, воздействие важнейших абиотических факторов, структура сообществ, основные процессы функционирования изучены относительно полно и обобщены в многочисленных современных научных публикациях как в России (Алимов, 2000; Китаев, 2007), так и за рубежом (Wetzel, Likens, 2000; Rice et al., 2001; Kalff, 2003; Benda et al., 2004; Thorns, 2006; Thorp et al., 2006; Lampert, Sommer, 2007; Tundisi, Tundisi, 2011 и др.). Однако многие вопросы организации и функционирования водных экосистем до сих пор мало изучены, например, вопрос достоверного прогнозирования их состояния при изменении экологических факторов. Актуальным направлением исследований также является выявление пространственных и временных закономерностей процессов миграции, аккумуляции, трансформации химических соединений в водных экосистемах и сопряженных с ними ландшафтах различных природных зон и высотных поясов.

Со времени создания ИВЭП СО РАН в 1987 г. одними из основных научных направлений его работ являлись: развитие методов комплексной оценки экологических последствий изменений гидрологического режима водных объектов; развитие математических и экспериментальных методов исследований гидрофизических, гидрохимических, биогеохимических и экологических процессов в водоемах и водотоках. В Институте ранее уже проводили изучение элементов ПВО водных экосистем БО и ОИМ, формирования геостока р. Оби ее притоков, влияния факторов различного генезиса и масштабов на формирование и функционирование экосистем разнотипных озер (Кириллов и др., 2007-2011; Ермолаева и др., 2014-2017; Безматерных, Вдовина, 2015-2017; Пузанов и др., 2015, 2017). Получен ряд значимых результатов. Так, влияние ландшафтно-геохимической обстановки на водосборах на химический состав поверхностных вод физико-географических провинций Алтая в летний период наиболее четко выражено: для макрокомпонентов; для растворенных форм типоморфных химических элементов (Fe, Mn); при антропогенном воздействии на водосбор. По сравнению с периодом весеннего половодья, в период летней межени содержание металлов во взвешенном веществе заметно выше за счет преобладания летом во взвеси тонкодисперсных фракций с большей сорбционной способностью (Пузанов и др., 2015). Определяющими факторами для формирования суммарной продукции озерных экосистем в степной зоне оказались pH и минерализация. В таежной зоне возрастает роль годовой суммы эффективных температур. Изучена роль гидробионтов различных трофических уровней в процессах образования и накопления органического вещества в разнотипных озерах Обь-Иртышского междуречья и их влияние на итоговый компонентный состав донных отложений.

С 2017 г. в ИВЭП СО РАН выполняется проект «Пространственно-временная организация водных экосистем и оценка влияния природных и антропогенных факторов на формирование гидробиоценозов и качество поверхностных вод бассейна Оби и Обь-Иртышского междуречья», который является продолжением научных исследований, выполненных в предыдущие годы. Основные цели этого проекта: анализ пространственно-временной организации водных экосистем бассейна реки Оби – одной из наиболее крупных речных систем Евразии для оптимизации сохранения и использования природных ресурсов; определение относительной роли зональных, региональных и локальных, исторических и современных, естественных и антропогенных факторов в формировании и функционировании экосистем разнотипных водных объектов БО и ОИМ.

Raynaud D.[1], Lipenkov V.[2], Parrenin F.[1]

THE LONG ICE CORE RECORD OF EARTH'S CLIMATE

[1]Univ. Grenoble Alpes, CNRS, IRD, IGE, F-38000 Grenoble, France
[2]Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

Antarctic and Greenland ice sheets contain unique archives of the Earth's climate and environment at high latitudes. In Greenland the record go back to the Eemian interglacial (130,000 to 115,000 years ago) and the long Antarctic record covers the last 800,000 years.

Major information of the record includes the evolution of temperature, precipitation and atmospheric dust at the surface of the ice sheets, of origin of the moisture and dust reaching the ice sheets, of surface elevation of the ice sheets, of atmospheric greenhouse gases like CO_2, CH_4, N_2O at global scale, of ice volume and recently on mean global ocean temperature.

Depending of the time resolution, the long ice core record can investigate the variability of climatic proxies varying between centennial to orbital time scales. We plan to illustrate the presentation with information about the glacial-interglacial cycles during the late Pleistocene (last 800,000 years, orbital time scale), the Dansgaard-Oeschger rapid events that occurred in particular during the last glacial period, or the phase relationship between atmospheric CO_2 and Antarctic temperature during the last deglaciation.

In terms of future projects, the ice core community plan to extend the Antarctic record beyond one million year in order to get information about the Mid Pleistocene Transition, the time when the predominant orbital periodicity shifted from 40,000 to about 100,000 years.

One aim of our presentation is to stimulate the comparison between the ice core record at high latitude and the lake Baikal record, a continental and perfect archive of Asian climate.

Rudstam L., Watkins J., Scofield A., Holda T.

SPATIAL DYNAMICS IN THE PELAGIA OF LARGE LAKES – TECHNOLOGICAL ADVANCES LEADS TO IMPROVED UNDERSTANDING OF THE ECOLOGY OF ZOOPLANKTON AND FISH

Cornell University, Department of Natural Resources, NY, USA
rudstam@cornell.edu

Large temperate lakes of the world, including the Laurentian Great Lakes in North American and Lake Baikal, are undergoing ecological change associated with increases or decreases in nutrient loading and arrival of new species. In the deeper North American lakes, both the introduction of dreissenid mussels and a decrease in nutrient loading have led to increased water clarity and decreased primary production in some of the lakes, particularly during the spring diatom bloom. These changes include a vertical restructuring of the pelagic zone. Using data from the Great Lakes National Program Office and special studies in Lake Michigan and Ontario, we show that deep chlorophyll maxima are common in all four of the deep lakes and the zooplankton community includes a large proportion of cold adapted calanoid copepods that can utilize this deep production. Invertebrate omnivores, such as mysid shrimps, also use both the algae and zooplankton in waters below the thermocline. Deep production favors some fish species, notably the native coregonids, over others (non-native alewife). We show how technology (various probes, laser optical plankton counters, hydroacoustics) can be combined to investigate the spatial dynamics of predators and prey in these large ecosystems and speculate about the ecological importance of deep production across a gradient of trophic levels that are represented by lakes Ontario, Michigan, Huron and Superior.

Semenchenko S.

EFFICIENCY OF OMUL REPRODUCTION BY THE BOLSHERECHENSKY FISH HATCHERY

FGUP Gosrybcenter, 33 Odesskaya st., Tyumen 625023
semsm07@yandex.ru

The Bolsherechensk fish hatchery has been reproducing the Baikal omul (*Coregonus migratorius*) for 85 years. The total of 35.8 billion larvae of omul has been released to the Lake Baikal. The available data enables us to analyze the efficiency of the plant performance. During the first forty years, the annual output of larvae has been consistently increasing. From the 1970-s to 2007, the number of larvae ranged from 0.43 to 0.93 billion specimens, an average value amounted to 0.67 billion specimens. In 2016 the output volume began to fall to 49.5 million specimens due to the deficit of spawners. During the first 40 years of the plant operation the number of spawning stock of the reproduced population as a whole increased from 30 to 50 thousand specimens up to 962 thousand specimens. From 1972 to 1990 catches of spawning omul consistently fell to 69 thousand specimens, which can be explained by the population response to over-regulation of the flow in Baikal. Then, up to 2004, the annual arrival of the omul again increased to 0.5 million specimens, which is the result of adaptation of the omul to new environmental conditions. Currently, population of the reproducible population by the fish hatchery is experiencing depression. The number of fish caught annually varies from 9.3 to 20.5 thousand specimens. Over the years of the hatchery operation the share of returning spawners in relation to the number of released larvae in the generation ranged from 0.001% (nowadays) to 0.601% (in 1946), and the average is 0.125%. We have identified an inverse relationship between the number of larvae released annually and the ratio of returning spawners, which is explained by the trophic restrictions of the Posolskiy sor, which serves as a growing reservoir. The increase in the output of larvae in excess of 400 million specimens a year had an adverse impact on the number of fish returning to spawn. The analysis of the hatchery's performance demonstrates the possibility in principal to achieve a large number of reproducible population due to the mass production of omul larvae without growing. The low efficiency of factory production of omul is currently associated with a comprehensive negative impact of both environmental and socio-economic factors.

Семенченко С.М.

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА ОМУЛЯ БОЛЬШЕРЕЧЕНСКИМ РЫБОВОДНЫМ ЗАВОДОМ

ФГБНУ «Госрыбцентр», Россия, 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
semsm07@yandex.ru

Большереченский рыбоводный завод (БРЗ) осуществляет воспроизводство посольской популяции байкальского омуля (*Coregonus migratorius*). По своим масштабам восьмидесяти пятилетняя деятельность завода не имеет аналогов в отечественной и мировой практике сиговодства. В общей сложности за годы его работы в бассейн Байкала выпущено 35,8 млрд личинок омуля. Нерестовое стадо посольского омуля тотально вылавливается для рыбоводных целей, его размножение обеспечивается почти исключительно за счёт работы БРЗ. Анализ результатов работы завода дает уникальную возможность оценки влияния продолжительного искусственного воспроизводства на состояние популяции рыб, а также позволяет судить об эффективности стратегии заводского воспроизводства, основанной на массовом выпуске личинок непосредственно после вылупления.

В многолетней динамике выпуска личинок можно выделить три периода. В течение первых сорока лет ежегодные объемы выпуска в целом последовательно нарастали. В 1971 г. выпуск впервые превысил 0,5 млрд личинок (540 млн экз.). С начала 1970-х до 2007 г. количество выпускаемых личинок находилось на относительно стабильном уровне. За этот период выпуск колебался от 0,43 до 0,93 млрд экз. и в среднем равнялся 0,67 млрд экз. Затем ежегодные объёмы выпуска начали падать в связи с дефицитом производителей. В 2010 г. произошёл «провал» количества выпускаемых личинок до 186 млн экз., сменившийся кратковременным подъёмом этого показателя до 850 млн экз. в 2012 г. Последние пять лет характеризуются катастрофическим падением объёмов выпуска. В 2016 г. выпущено всего 49,5 млн экз., что соответствует уровню первых лет работы БРЗ.

В многолетнем масштабе динамика численность нерестового стада посольского омуля подвержена значительным колебаниям. В довоенные годы уловы в нерестовых речках Посольского сора не превышали 100 тыс. экз. Первые сорок лет деятельности завода обеспечили увеличение численности объекта воспроизводства на порядок по сравнению с «фоновым» уровнем. Рекордный улов достигнут в 1972 г. – 962 тыс. экз. Последующее длительное снижение численности посольского омуля до конца 80-х годов, вероятно, связанно с перестройкой экосистемы оз. Байкал в условиях зарегулированного стока р. Ангары. Вылов в 1990 г. составил всего 69 тыс. экз. На протяжении 90-х годов и в начале двухтысячных годов происходит постепенное восстановление численности. В 2002-2003 гг. заготовлено 524-543 тыс. экз., что заметно превышает среднемноголетнюю величину (около 260 тыс. экз.). Устойчивый рост нерестового стада с 1990 по 2004 гг., вероятно, свидетельствует об адаптации популяции посольского омуля к новой экологической ситуации. Однако, с 2005 г. и по настоящий момент наблюдается прогрессирующая депрессия популяции. Начиная с 2014 г., численность отлавливаемых рыб впервые за годы работы завода упала ниже начального «фонового» уровня и колеблется в пределах 9,3-20,5 тыс. экз.

Наличие данных о количестве ежегодно выпускаемых личинок и о численности производителей, выловленных в устьях рек Посольского сора, с учетом возрастной структуры нерестового стада, позволяет оценить многолетнюю динамику коэффициента возврата производителей (КВП) для каждой генерации омуля. Этот коэффициент отражает долю отловленных в нерестовых реках производителей определенной генерации от количества выпущенных личинок в год ее рождения. Динамика величины КВП имеет вид кривой затухающего колебательного процесса с тремя резко выраженными пиками, приходящимися на 1946 (0,601%), 1966 (0,477%) и 1992 (0,221%) гг. Минимумы КВП каждого из периодов отмечены в 1956 (0,035%), 1978 (0,018%) и 2004 (0,001%) гг. Последнее значение минимума соответствует генерации, формирующее современное нерестовое стадо. Для постсоветского периода характерна отрицательная динамика КВП. В целом за годы работы завода отмечена обратная зависимость между значением КВП и объёмом выпуска личинок в год рождения генерации ($r = -0,751$; $P > 0,999$), что, вероятно объясняется ухудшением обеспеченности пищей молоди в Посольском соре по мере увеличения плотности личинок, выпускаемых с завода. Зависимость улова производителей одной генерации от количества выпущенных личинок, её формирующую, имеет вид опрокинутой параболы. Точка перегиба функции соответствует значению около 400 млн личинок в год. Такой объём зарыбления личинками Посольского сора, выполняющего функцию питомного водоема для молоди, должен обеспечивать возврат около 470 тыс. производителей омуля. Анализ многолетних результатов работы БРЗ не позволяет считать более массовые выпуски личинок обоснованными.

Несмотря на низкую численность посольского омуля в последние годы, в целом деятельность Большереченского рыбоводного завода является примером успешного массового искусственного воспроизводства сиговых рыб в естественных водоемах, доказавшим на практике возможность эффективного пастбищного рыбоводства на Байкале. Массовый выпуск личинок обеспечил устойчивое расширенное воспроизводство популяции на первом тридцатилетнем этапе работы завода. В течение последующих сорока лет, на фоне возрастающего антропогенного воздействия на популяцию, численность заходящих на нерест производителей в среднем была на порядок выше уровня, соответствующего началу работы завода. Однако искусственное воспроизводство лишь один из элементов активного управления рыбными запасами. Эксплуатируемая популяция испытывает комплексное воздействие различных факторов, включая экологические, социальные и организационно-экономические. Ката-

строфическое снижение численности всех популяций байкальского омуля, включая посольскую, демонстрирует неэффективность современной системы регулирования рыбных запасов в бассейне.

Shimaraev M.N.[1], Sizova L.N.[2], Sinyukovich V.N.[1], Troitskaya E.S.[1], Kuimova L.N.[1], Yakimova N.I.[3]

ICE-THERMAL AND WATER REGIME OF LAKE BAIKAL IN 1950-2017

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Federal Service for Supervision of Natural Resources Usage in Irkutsk Region
[3]Irkutsk Department of Hydrometeorological Service

One of the most acute problems in limnology is the effect of climate on aquatic ecosystems. For Lake Baikal, this effect causes changes in abiotic components of the ecosystem and, as a result, influences the lake biota. The structure of recent climatic changes includes a “secular” trend of warming and inter-secular oscillations caused by atmospheric circulation. In our paper, we consider the effect of circulation changes on ice-thermal and water regime of Lake Baikal from the middle of the 20th century up to present. To study these changes, we used data on water and air temperature, atmospheric precipitation and ice phenomena obtained by Hydrometeorological Service for the period of 1950-2017, as well as data on total river inflow into Lake Baikal and flow of the Selenga, Barguzin and Upper Angara rivers in 1966-2016. Indices of atmospheric circulation in the Northern Hemisphere were obtained from the US NOAA for the period of 1950-2017. We used the methods of multiple regression and least squares.

Regression equations for air temperature (T_a) describe 38-66% of changes in annual, winter, spring and autumn T_a, while in summer only 17%. The main role in T_a changes belongs to indices of zonal transport (AO and NAO), as well as to indices of blocking this transport (SCAND, Sh). The effect of other circulation parameters, as a rule, is of minor importance. The pattern of changes of circulation indices and T_a shows that the inter-secular T_a cycle started in 1970 ended in 2010-2011.

The circulation affects air temperature during a cold season, thus changing characteristics of the ice regime. During the intensification of the zonal transport and its index increase (1970-1995), the air temperature rises, the terms of the lake freezing delays gradually, the ice breaking starts earlier, and maximal ice thickness reduces. Opposite tendencies in the changes of ice regime characteristics are registered in the period of zonal transport weakening and intensification of blocking circulation mechanisms SCAND and Sh (1950-1970, 1995-2009).

The effect of circulation indices in December-March on water temperature in May-September is attributed to the relationship between the terms of ice breaking at Lake Baikal and surface water temperature (T_w) (Shimaraev, 2007). The relationship of T_w with the indices of zonal transport NAO, AO, EA and EAWR is positive (r=0.26÷0.54), whereas with indices SCAND and Sh it is negative (r=-0.27÷-0.39) in all parts of the lake. The multiple regression equations describe 31% of T_w changeability in Southern Baikal, 48% in Central Baikal and 22% in Northern Baikal with S±0.7-0.9^{o}C. AO (62%), NAO (61%) and SCAND (70%) contribute to T_w changes in Southern, Central and Northern Baikal, respectively.

In spring, precipitation is connected with SCAND (r = -0.32), in autumn with POL and PNA (r = -0.27÷-0.31), from May to October with AO (r = 0.26) and during the whole year with AO (r = 0.30) and SCAND (r = -0.29). The regression equation describes 14-22% of precipitation changeability for these periods.

The circulation affects the total water inflow into Lake Baikal and flow of the main tributaries predominantly in June to October (R^2 = 0.32, S ± 8.7 km^3). The EAWR indices influence the changeability of the total river inflow and annual flow of the Selenga River, whereas WP and EA indices affect the annual flow of the Barguzin and Upper Angara rivers, respectively. Atmospheric circulation processes describe approximately 28% of the total flow of the Selenga River, 41% of the Barguzin River and 16% of the Upper Angara River.

The role of meteorological factors for the rivers of the lake basin is diverse. Changes of atmospheric precipitation account for 51% of oscillations of the annual total inflow into the lake, 12% of the annual flow of the Upper Angara River, 34% of the Selenga River and 62% of the oscillations of the Barguzin River flow. The effect of air temperature on the total inflow from the whole basin is extremely low, and its contribution to the changeability of the Barguzin River flow is insignificant. In the Selenga and Upper Angara rivers, the contribution increases up to 8 and 87%, respectively.

The reason of such differences in the flow of the main tributaries of Lake Baikal is attributed to different reaction of their water level to warming because of different natural conditions in their basins.

Inter-secular anomalies of ice-thermal and water regime caused by atmospheric circulation should be taken into consideration in forecast estimations of changes in the ecosystem of Lake Baikal.

Шимараев М.Н.[1], Синюкович В.Н.[1], Сизова Л.Н.[2], Троицкая Е.С.[1], Куимова Л.Н.[1], Якимова Н.И[3].

ЛЕДОВО-ТЕРМИЧЕСКИЙ И ВОДНЫЙ РЕЖИМ ОЗЕРА БАЙКАЛ В 1950-2017 ГГ.

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Управление Росприроднадзора по Иркутской области
[3]ФГБУ «Иркутское УГМС»

Проблема влияния климата на озера является одной из актуальных в лимнологии. Для Байкала это влияние проявляется в изменении абиотических компонентов экосистемы, что может воздейство-

вать на биоту озера. Структура современных изменений климата включает «вековой» тренд потепления, и превосходящие этот тренд по масштабу внутривековые колебания, вызываемые циркуляцией атмосферы. Рассмотрено влияние изменений циркуляции на ледово-термический и водный режим Байкала с середины XX века до настоящего времени. Использованы данные о температуре воды и воздуха, атмосферных осадках, ледовых явлениях по наблюдениям на байкальских ГМС в 1950-2017 гг., о суммарном речном притоке в оз. Байкал и стоке рек Селенга, Баргузин и В. Ангара в 1966-2016 гг. Индексы циркуляции атмосферы в северном полушарии приняты по данным Центра прогнозов климата США (NOAA) за 1950-2017 гг. В работе использованы методы множественной регрессии и наименьших квадратов.

Регрессионные уравнения для температуры воздуха (T_a) описывают 38-66% изменений годовой T_a и T_a зимой, весной и осенью, летом всего 17%. Основная роль в изменении T_a принадлежит индексам зонального переноса (AO, NAO), а также индексам блокировки этого переноса (SCAND, Sh). Влияние других показателей циркуляции, как правило, вторично по значимости. Характер изменения индексов циркуляции и T_a указывает на окончания в 2010-2011 гг. внутривекового цикла Та, начавшегося еще 1970 г.

Влияние циркуляции на температуру воздуха в холодное время года определяет и ее роль в изменении характеристик ледового режима. В период усиления зонального переноса и роста его индексов (1970-1995 гг.) значения T_a повышаются и происходит постепенное запаздывание времени замерзания и более раннее вскрытие ледового покрова, максимальная толщина льда уменьшается. Обратные тенденции в изменении характеристик ледового режима возникают в периоды ослабления зонального переноса и усилении блокирующих механизмов циркуляции SCAND, Sh (1950-1970, 1995-2009 гг.).

Наличие связи между сроками вскрытия Байкала и температурой поверхности воды ($T_в$) объясняет влияние средних в декабре-марте индексов циркуляции на среднюю в мае-сентябре температуру воды оз. Байкал (Шимараев, 2007). Связь $T_в$ с индексами зонального переноса NAO, AO, EA, EAWR положительна (r=0,26÷0,54), а с индексами SCAND и Sh отрицательна (r=-0,27÷-0,39) во всех частях озера. Уравнения множественной регрессии описывают 31% изменчивости $T_в$ в Южном, 48% в Среднем и 22% в Северном Байкале с S±0,7-0,9^{o}C. Преобладающий вклад в изменение $T_в$ в южной части озера вносит AO (62%,), в средней NAO (61%), в северной SCAND (70%).

Осадки связаны весной с SCAND (r = -0,32), осенью с POL и PNA (r = -0,27÷-0,31), в период с мая по октябрь с AO (r = 0,26) и в целом для года с AO (r = 0,30) и SCAND (r = -0,29). Уравнения регрессии для этих периодов описывают 14-22% изменчивости осадков.

Преобладающее влияние на суммарный приток воды в оз. Байкал и сток основных притоков процессы циркуляции оказывают в период с июня по октябрь (R^2 = 0,32, S ± 8,7 км^3). На изменения годового суммарного речного притока и годового стока р. Селенги влияют индексы EAWR, годового стока р. Баргузин – индексы WP, р. Верхней Ангары – индексы EA. Процессы циркуляции атмосферы описывают около 28% годового стока р. Селенга, 41% стока р. Баргузин и 16% стока р. Верхняя Ангара.

Роль метеорологических факторов для рек бассейна неоднозначна. Изменение атмосферных осадков объясняет 51% колебаний годового суммарного притока в озеро, 12% годового стока р. Верхняя Ангара, 34% р. Селенга, и 62% колебаний притока р. Баргузин. Влияние температуры воздуха на суммарный приток со всего бассейна и сток р. Баргузин чрезвычайно мало и ее вклад в изменчивость притока статистически незначим. Для р. Селенга этот вклад повышается до 8%, а для р. Верхняя Ангара он достигает 87%.

Причиной различий в тенденциях изменения стока основных притоков оз. Байкал является разная реакция их водности на потепление из-за различий природных условий в их бассейнах.

Вызываемые циркуляцией атмосферы внутривековые аномалии элементов ледово-термического и водного режима следует учитывать в долгосрочных прогностических оценках изменения в экосистеме озера Байкал.

Sinyukovich V.N., Chernyshov M.S.

WATER REGIME OF LAKE BAIKAL UNDER CONDITIONS OF CLIMATE INSTABILITY AND ANTHROPOGENIC IMPACT

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
sin@lin.irk.ru

The current water regime of Lake Baikal forms under conditions of the regulated effect of the Irkutsk Hydropower Electric Station (IHES) and intensification of global warming beginning in the early 1970s. Warming occurring more intense in the region is accompanied by transformation of different hydrological processes at Lake Baikal and in its catchment area (Shimaraev et al., 2002; Goldman et al., 2013). Since 1996, the low water level with its drop below the regulated values has been observed in the lake basin accompanied by the problems of energy, water supply, navigation and ecosystem of Lake Baikal (Timoshkin et al., 2014, 2016).

Changes of the water regime of Lake Baikal under the IHES influence have been recorded since the autumn of 1958. The water regime of the lake depends on the inflow through the hydrosystem taking into account a number of limitations: maximal water discharge because of the flooding of economic enterprises in the downstream and minimal water discharge for providing regular water and heat supply of the cities located here and supporting navigation depths. Of great importance are limitations of the maximal values of the lake level,

which have been revised several times since 2001. Significant annual levelling of the outflow from the lake and rise of its water level by 0.8 m resulted from the regulation.

Annual and seasonal variability of the filling and empty regime of Lake Baikal depends mainly on changes of inflow of surface waters into the lake. From the beginning of the active warming (conditionally 1971), the inflow remainde elevated up to 1996 with the exception of the low water period (1976-1981). After 1996, the inflow varied from insignificantly decreased or close to mean values to abnormally low in 2014-2017. In addition, the inflow of some tributaries varied in a different way. In the Selenga River, the main tributary of the Baikal basin, the decrease of the water level was recorded in 1976-1981 and after 1996. In the Upper Angara River, the second largest tributary of the lake, on the contrary, the inflow with the rise of air temperature increased and was the highest in 2007-2009, whereas in 2013-2017 the water discharge was the minimal for the entire period of observations. The inflow of the Barguzin River was stable, except the low water period in 1976-1982 and after 2011.

In the annual redistribution of inflow affected by climate changes, the winter inflow of surface waters increased from the basin area. Average low water inflow (November-March) from the 1970s increased by 0.6 km^3 or from 9.8 to 11% of the annual river inflow. These factors caused the slowdown of empty of the basin and insignificant rise of the water level in winter, whereas in summer and autumn, the water level was lower because of the slowdown of the seasonal filling of the lake. The decrease of filling rate of the lake was also affected by the increase of evaporation losses from the lake surface because of the higher heating of the water and shortening of ice cover period.

The role of inflow in the water regime of Lake Baikal increases during the abnormally low water level because of the Irkutsk HES operation using constant (minimal) discharges. For the last four years (since the autumn of 2014), the water discharge during the exploitation of the hydrosystem was 1,250-1,300 m3 s^{-1}, and the regime of filling and empty of the lake was like in a closed (without inflow) water body.

Синюкович В.Н., Чернышов М.С.

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ОЗ. БАЙКАЛ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОСТИ КЛИМАТА И АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
sin@lin.irk.ru

Современный водный режим оз. Байкал формируется в условиях регулирующего влияния Иркутской ГЭС и активизации с начала 1970-х гг. глобального потепления. Потепление, протекающее в регионе особенно интенсивно, сопровождается перестройкой различных гидрологических процессов в Байкале и на его водосборной территории (Шимараев и др., 2002; Голдман и др., 2013). С 1996 г. в бассейне озера продолжается длительное маловодье с падением уровня водоема ниже регламентированных значений и осложнением проблем гидроэнергетики, водоснабжения, судоходства, а также в экосистеме Байкала (Тимошкин и др., 2014, 2016).

Изменения водного режима Байкала под воздействием Иркутской ГЭС проявляются с осени 1958 г. и определяется режимом стока через гидроузел, задаваемым с учетом ряда ограничений как по максимальным расходам воды из-за риска затопления хозяйственных объектов в нижнем бьефе, так и по минимальным – для обеспечения бесперебойного водо- и теплоснабжения расположенных здесь городов, а также поддержания судоходных глубин. Значимыми могут быть также ограничения предельных значений уровней самого озера, которые уже неоднократно пересматривались с 2001 г. Результатом зарегулирования стало значительное внутригодовое выравнивание стока из озера и повышения его уровня в среднем на 0,8 м.

Межгодовая и сезонная изменчивость режима наполнения и сработки Байкала определяется, главным образом, изменениями притока поверхностных вод в озеро. С начала активного потепления, за которое может быть принят 1971 г., приток в целом был повышенным до 1996 г., за исключением маловодного периода 1976-1981 гг. После 1996 г. приточность изменялась от незначительно пониженной, или близкой к средним значениям, до аномально низкой в 2014-2017 гг. При этом сток отдельных рек изменялся по-разному. Для Селенги, главной реки байкальского бассейна, снижение водности было характерно в 1976-1981 гг., а затем – после 1996 г. Для Верхней Ангары, второго по значимости притока Байкала, наоборот, сток с повышением температуры воздуха несколько возрастал и был особенно высоким в 2007-2009 гг., а в 2013-2017 гг. расходы воды, стали минимальными за все время наблюдений. Стоку р. Баргузин была свойственна определенная стабильность, за исключением маловодного периода 1976-1982 гг. и после 2011 г.

Внутригодовое перераспределение притока под воздействием произошедших изменений климата выражается в росте зимнего поступления поверхностных вод с территории бассейна. Среднемеженный приток (ноябрь-март) с 1970-х гг. вырос на 0,6 $км^3$, или с 9,8 до 11% в годовом объеме поступления речного стока. Эти обстоятельства способствуют замедлению сработки полезного объема и незначительному росту уровня в зимнее время, но летом и осенью, наоборот, уровень несколько ниже из-за замедления сезонного наполнения озера. К снижению скорости наполнения озера приводит также и рост потерь на испарение с поверхности озера, как за счет более высокого прогрева вод, так и за счет сокращения времени ледостава.

Роль притока в формировании водного режима Байкала возрастает в периоды аномально низкой водности вследствие работы Иркутской ГЭС на постоянных (минимальных) попусках. В течение четырех последних лет (с осени 2014 г.) эксплуатация гидроузла осуществлялась с расходами воды 1250-1300 $м^3/с$, определяя режим наполнения и сработки озера по типу бессточного (непроточного) водоема.

Smirnov V.V.[1], Smirnova-Zalumi N.S.[2], Shimaraev M.N.[2], Sinyukovich V.N.[2], Sukhanova L.V.[2]

POPULATION LEVEL OF CLIMATIC RHYTHMS IN BAIKAL OMUL *COREGONUS AUTUMNALIS MIGRATORIUS* (GEORGI)

[1]Baikal Museum ISC SB RAS, 1, Akademicheskaya St., Listvyanka 664520, Russia
[2]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

Baikal omul, one of the landmarks of Lake Baikal, has been the main commercial fish of the cold deep lake for a long time. Due to the extant data on the Baikal omul catches, we were able to reveal the dependence of their long-term fluctuations on the main factors that limited the species productivity, i.e. water level of the lake basin and its temperature regime.

S. Savina (1974) and K. Vinnikov et al. (1980) correlated these fluctuations with the periodic alteration of atmospheric circulation forms. The development of the meridional circulation in the Northern Hemisphere and transport of cold air mass from the polar regions during the ice cover maximum in the polar basin cause climate cooling in East Siberia, insignificant warming of waters in the epipelagic area of Lake Baikal, reduction of its productivity and mass migration of omul to warmer coastal zone, a site where fishing teams catch fish. In such periods, all age groups of omul are located in the fishery zone.

However, in the periods of ice cover reduction in the polar seas and during zonal (western) atmospheric circulation, there is significant climate warming in East Siberia and in the basin of Lake Baikal. In such warm periods, omul of all main populations remains during the whole year in the biotopes abundant in food in the epipelagic deep areas and seldom migrates to the coastal zone. The growth and productivity of this species increase.

This paper is devoted to the problem whether fluctuations in omul catches depend on its distribution, as well as on the number and biomass of concrete populations.

Смирнов В.В.[1], Смирнова-Залуми Н.С.[2], Шимараев М.Н.[2], Синюкович В.Н.[2], Суханова Л.В.[2]

ПОПУЛЯЦИОННЫЙ УРОВЕНЬ ПРОЯВЛЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ РИТМОВ У БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ COREGONUS AUTUMNALIS MIGRATORIUS (GEORGI)

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

Байкальский омуль, ставший теперь «визитной карточкой Байкала», издавна был главной промысловой рыбой глубоководного холодного озера. Благодаря сохранившимся за длительный период сведениям об уловах байкальского омуля выявлена сопряженность их долгопериодных колебаний с основными факторами, лимитирующими продуктивность вида – водностью бассейна озера и его температурным режимом.

Обнаружена скоррелированность этих колебаний с периодической сменой форм атмосферной циркуляции, описанной С.С. Савиной (1974) и К.Я. Винниковым с соавторами (1980). Развитие меридиональной формы атмосферной циркуляции в Северном полушарии и перенос холодных воздушных масс из Полярных районов в периоды максимумов ледовитости Полярного бассейна приводит к похолоданию в Восточной Сибири, слабому прогреву вод эпипелагиали Байкала, снижению ее продуктивности и массовому выходу омуля в более теплую прибрежную зону – району дислокации рыбопромысловых бригад. В такие периоды все возрастные группы омуля находятся в зоне действия промысла.

В периоды же снижения ледовитости полярных морей и большего проявления зональных (западных) форм атмосферной циркуляции отмечается существенное потепление климата Восточной Сибири и бассейна Байкала. В такие теплые периоды омуль всех основных популяций практически в течение всего года остается в своих более кормных в эти годы биотопах эпипелагиали глубоководных районов и редко выходит в прибрежную зону. Это сопровождается повышением показателей роста и продуктивности вида в целом.

В этой связи возникает вопрос – насколько колебания вылова омуля зависят от его распределения, и в какой степени они определяются численностью и биомассой конкретных популяций. Обсуждению этой проблемы посвящено настоящее сообщение.

Sterner R.[1], Reinl K.[2], Austin J.[1]

TEMPERATURE DEPENDENCE OF PRIMARY PRODUCTION AND THE DEEP CHLOROPHYLL MAXIMUM STRUCTURE IN LAKE SUPERIOR: PROJECTIONS FOR CLIMATE WARMING IN LARGE, DEEP, COLD LAKES

[1]Large Lakes Observatory, University of Minnesota Duluth, USA
stern007@d.umn.edu

Warming surface layers in response to changing climate are well documented for small and large lakes around the world. How this shifting physical habitat will affect ecological functioning is still very uncertain but there are many different potential effects. Direct temperature effects correspond to how biological rates relate to temperature, and the many indirect effects include shifts in phenology, altered mixing regimes, and others.

Effects of climate warming in primary producers is especially a concern because of the importance of this process in lake ecosystems. We examined how surface water temperature affected both the rates of carbon incorporation and the depth and shape of the deep chlorophyll maximum in Lake Superior. We found that in-

tegrated primary production (mg C m^{-2} d^{-1}) was positively related to lake surface temperature, but with a seeming step function with greatest effect of temperature around 8 C. Above this cutoff we observed little variation in integrated production with temperature. This result suggests that changes in length of stratified season (affecting how much of the year is above 8 C) may be most significant in terms of amount of primary production in a warming lake.

In examining the shape and depth of the deep chlorophyll layer, we observed that warmer surface layers were associated with shallower, narrower, and more intense deep chlorophyll maxima. We also found that in addition to structural changes, the integrated chlorophyll concentration in the deep chlorophyll maximum is decreasing. Mean depth of chlorophyll was shallower in warmer water columns. A shallower deep chlorophyll maximum and mean depth of chlorophyll will result in increased light exposure and may also lead to increased primary productivity.

These two phenomena may thus act in a similar direction to suggest higher levels of primary productivity in a warmer lake, but neither of them relates well to a simple, smooth effect of temperature on biological rates. Predicting climate change effects on ecosystem processes is a great limnological challenge and will require consideration of nonlinearities, thresholds, and multiple impacts of temperature on limnology.

Sturm M.[1], Vologina E.G.[2]

LONG-TERM PARTICLE VARIABILITY WITHIN THE WATER COLUMN OF LAKE BAIKAL

[1]Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology EAWAG, 8600 Duebendorf, Switzerland
[2]Institute of the Earth's Crust, SB RAS, 664033 Irkutsk, Russia
michael.sturm@emeriti.eawag.ch

Sediment trap experiments have been conducted in the South Basin of Lake Baikal for long-time monitoring of vertical particle fluxes through the 1366 m long water column. Complex mooring strings with sufficient buoyancy were used to attach integrating traps ('open traps') at different water depths, collecting particle samples within time-intervals of approximately 12 months. They were supplemented by automated sequential traps, which were attached to the mooring at water depths of 100 m, 600 m and 1360 m to collect particle samples at intervals of a few days to more than one month. Additionally, thermistors and current meters were mounted to continuously measure water temperatures and currents at different depths of the water column.

Total mass fluxes rates, fluxes of nutrients and diatom diversity revealed distinct differences within the water column as well as during the course of the year at a seasonal pattern. Considerable annual fluctuations of particle fluxes and diatom composition could be determined during the last two decades. Maximum spring/summer-blooms of diatoms (so-called *Melosira*-blooms) are dominated within irregular alternations of *Aulacoseira baikalanesis* and *Synedra acus*. Such extraordinary events of productivity within the epilimnion provoke exceptionally high bulk settling velocities of particles of up to 75 $m \cdot d^{-1}$ down to the bottom of the lake.

The composition of suspended particles within the water column of Lake Baikal is dominated by organic matter (C_{org} up to 30%) and by opal (SiO_{2bio} up to 60%). In general, high rates of degradation occur during the settling of organic particles through the water column until they reach the sediment surface. Resuspension of particles is observed at the sediment/water-interface within the benthic boundary layer, just at 1-2 meters above the sediment surface.

The evaluation of results of long-term monitoring research in Lake Baikal is essential for the understanding, assessment and response to current environmental changes of the lake, provoked by anthropogenic pressure and climate warming.

Subetto D.A.[1, 2], Belkina N.A.[1], Rybalko A.E.[3, 4], Strakhovenko V.D.[5]

LATE PLEISTOCENE AND HOLOCENE SEDIMENTARY ENVIRONMENTS IN LAKE ONEGA, NW RUSSIA

[1]Northern Water Problems Institute, Karelian Research Center RAS, Alexander Nevsky 50, Petrozavodsk, 185030, Russia
[2]Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia
[3]Institute of Earth Sciences of St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia
[4]Seismic Data Analysis Centre (SDAC) at Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
[5]V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy RAS, Novosibirsk, Russia
subetto@mail.ru

At its session, held on 20 November, 2013, and dealt with Russia's national security in environmental protection and the use of natural resources, the RF Security Council called for special attention to the study and recovery of Russia's three largest lakes: Baikal, Ladoga and Onega. Both Ladoga and Onega are Europe's largest freshwater lakes. They are part of the River Neva watershed basin, the only source of water supply of St.Petersburg, the largest city in Northwest Russia, and the factor largely responsible for the water quality of the Gulf of Finland and the entire the Baltic Sea. The study of bottom sediments, conducted to reconstruct the evolution of water bodies and their ecosystems, is an essential aspect in the study of the current state of lakes. This problem is acute because we need to reveal the structure-forming natural and man-induced factors affecting the formation of freshwater ecosystems influenced by permanent watershed transformations responsible for the migration flow of elements and the formation of the current geochemical background of Lake Onega's

landscape zones. Therefore, the in-depth study of the chemical and mineral composition of bottom sediments and the estimation of age intervals and the factors responsible for their structures, textures and mineralogical composition are essential for a better understanding of the formation mechanisms of substance and energy flows in a watershed-lake system. Such studies provide a key to developing the scientific fundamentals of natural resources management with regard for the increasing impact of human activities.

Lake Onega is the second largest freshwater reservoir in Europe, located at the boundary between the Baltic Crystalline Shield and the Russian Plate. The depression of Lake Onega is of tectonic origin. Its catchment area lays on Precambrian crystalline rocks and Vendian to Phanerozoic sedimentary rocks, which are resistant to glacial abrasion and partly covered by Quaternary deposits. Oligotrophic waters of Lake Onega are characterized by low mineralization (39–46 mg/l). The area of the water surface is 9720 km ^{2}. The maximum depth is 127 m, with the average depth is 30 m, the length (the longest distance from south to north) is 248 km, and the width is 83 km.

Time-space variations in the sedimentogenesis and diagenesis of Lake Onega at all stages of its evolution from its basin deglaciation ca.15000 years ago to the present is reconstructed for the first time using a digital relief model. Long drill cores of bottom sediments from Lake Onega were collected, based on seismo-acoustic profiling data to obtain more detailed objective information on the distribution of Holocene and Late Peistocene sediments. Current sedimentation processes in Lake Onega are assessed for the first time by the integrated study of suspended substances in the water and chemical, mineral and particle-size compositions, physicochemical properties and structural and textural characteristics of bottom sediments using up-to-date mineralogical and geochemical methods.

The upper layer of Lake Onega' sediments is composed of typical lacustrine sediments, represented by fluid gray and greenish-gray organic silty clays and clays with a brownish tinge. They are eventually replaced by more sandy mud and often have erosion contact with underlying deposits. The sediment-water boundary is characterized by ochre-coloured colloidal gelatinous silt up to 1 cm thick; below there lies gray-green unaltered lacustrine silt, gradually hardening and then being replaced down the section by homogeneous gray and/or varved clays. Black (due to the presence of complex oxides and hydroxides of Mn, Fe), green (containing vivianite), and cream-colored (containing rhodochrosite and siderite) microlayers are observed in the gray-green mud. The number of microlayers and their distribution in different cores vary. Importantly, the reduction-oxidation barrier zone in the upper parts of the sediment cores from the areas with increased gas concentration coincides with the sediment-water boundary (a slightly oxidized layer that is less than 1 cm thick). This upper horizon was identified according to previous studies as the Late Holocene. The thickness of this layer is 20 – 35 sm. The underlying horizons usually contain the same sediments, but with more numerous thin layers composed of manganese oxides and hydrous oxides and hydrotroilite concretions, forming banded diagenetic textures. The sediments also change their consistency and become more viscous, soft and highly plastic. Usually, it is observed in the cores to a depth of 20-30 cm. The thickness of this layer is no less than 1 meter. This research project is the first to study gas accumulation in the sediments of Lake Onega. The seismograms show background noise in the form of bubble clusters that are usually located in areas of thick bottom sediments and do not entirely block the recording completely. A clearer picture of gas accumulations is observed in the seismic profiles, where entire sections of a seismic profile are characterized by low image resolution. The seismic lines also reveal distinctive structures of gas fluids emission from the sediment deposits, the so-called pockmarks. The study of the mineral composition of the bottom sediments in the Lake Onega showed that authigenic minerals can be found already in the upper first centimeters of the sediments. Most of these are opal, chalcedony of the diatoms skeletons, Fe-illite and Fe-chlorite. It was also established the natural mineral phases of Fe and Mn (amorphous and crystalline goethite, birnessite, pyrochroite, pyrolusite, vivianite, rhodochrosite, and siderite). It is remarkable that the concentration of rhodochrosite, siderite and vivianite increases in the areas of gas-saturated silts. The formation of these minerals is possible only under reduction circumstances, i.e. this is an extra proof of the release of methane in reduction.

This research project is supported by grant of the Russian Science Foundation (RSF) No 18-17-00176.

Tanaka Y.[1], Shimaraev M.N.[2], Troitskaya E.S.[2], Timoshkin O.A.[2], Sugiyama M.[3], Watanabe Y.[4]

BAIKAL COASTAL WATER TEMPERATURE FLUCTUATIONS CAUSED BY OFFSHORE EVENT

[1]School of Marine Resources and Environment, Tokyo University of Marine Science and Technology, Tokyo, Japan
[2]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[3]Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University, Kyoto, Japan
[4] Miyamae, Suginami, Tokyo, Japan
ytanaka@kaiyodai.ac.jp

To understand the mechanisms in the environmental fluctuations of Lake Baikal, we have been collaborating for many years. Based on this long collaborative work, we here show some observational results, obtained mainly in the South Basin, showing that the coastal water temperature in the summer stratified period fluctuates sometimes violently.

Continuous observations made by mooring temperature-loggers have shown that it is not rare that rapid decreases in coastal water temperature in the summer stratified period occur. The range of decrease can reach 8°C in 6 hours, or occasionally 10°C in 24 hours. Such drastic changes in the coastal water temperature have actually been recorded by daily measurements being made manually at Listvyanka since back to 1941.

CTD Transect observations during summers in the Southern Basin such as from Tanhoy to Listvyanka showed that the seasonal thermocline usually staying ten or twenty meters below the lake surface sometimes was rising toward a coast and reaching the surface. At that time, the offshore cold, transparent and nutrient-rich water normally staying below the thermocline must be reaching the surface to cover the coastal zone. This phenomenon may be analogous to that called "coastal upwelling," being observed in the oceans and large lakes. We speculate that this phenomenon may be governed by the fluctuations in the local wind system of tens of kilometers and several hours or more in the spatial and temporal scales. Another possible phenomenon causing such a rise in the thermocline may be the internal wave traveling in the lake with the basin-scale.

Considering these observations, it is obvious that, in the Southern Basin of Lake Baikal during the summer stratified period, replacement of warm water in the coastal zone with cold water rather offshore from beneath the seasonal thermocline often takes place. This brings to the coastal zone a sudden decrease or increase in the water temperature and transparency, and most likely a certain change of chemical contents such as nutrient salts. It is of interest that the ecosystem here has been evolved to endure such environment that fluctuates so dramatically.

Further observational, analytical and theoretical studies to reveal the mechanisms in the water exchange would someday enable us to establish a means to predict the fluctuation in the coastal environment, where diverse but unique organisms are living, sometimes in abundance. The rising trend of global surface temperature may affect the lake's stratification, and the wind-system even in the Siberian region, and consequently, may affect and alter the patterns in environmental fluctuations due to the coastal water exchange.

Investigations partly supported by federal project No. 0345-2016-0009 "Large-scale changes in ecology and biodiversity of the littoral communities of Lake Baikal: interdisciplinary studies, factors, prediction."

Tasiemski A.

ANTIMICROBIAL PEPTIDES TO FOLLOW THE ADAPTATION/ACCLIMATION OF INVERTEBRATES TO EXTREME/CHANGING AQUATIC HABITATS

Université de Lille 1 – Sciences et Technologies, CNRS, UMR 8198 Evo-Eco-Paleo,
groupe Interactions interspécifiques et immunologie compare (SPICI), Villeneuve d'Ascq, France
aurelie.tasiemski@univ-lille1.fr

Antimicrobial peptides (AMPs) are natural antibiotics produced by all living organisms. In metazoans, they act as Host Defense Factors (HDF) by clearing the body from microbial pathogens. They also shape the colonizing bacterial symbionts while coping with specific environmental challenges. There is no consensus sequence for AMPs and the majority of them is confined to certain taxa or even species as exemplified here in annelids showing that a high selection at the intraspecific level occurs. Annelids have colonized all habitats including very extreme ones (polar, hydrothermal vents, abyss…) where they dominate the biomass in co-occurrence with a large number and variety of bacteria. This presentation aims at highlighting the large diversity of AMP sequences and their originality presumably linked to the highly diverse life styles and ecology of worms. We conclude on the unique system that represent AMPs to follow the immune adaption and acclimation of aquatic invertebrates to biotic and abiotic changes of the habitat as well as the promising sources of antibiotics that they may constitute.

Wiśniewski R.

RESTORING URBAN LAKE WOLSZTYNSKIE USING PRECISE APPLICATION OF COAGULANT DIRECTLY TO SEDIMENT DURING ITS CONTROLLED RESUSPENSION.

Department of Hydrobiology, Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Jana Karola Chodkiewicza 30,
85-064 Bydgoszcz, Poland
wisniew2@ukw.edu.pl

One of the basic features of hypertrophic lakes is blooms caused by rapid and excessive production of phytoplankton biomass, often dominated by *Cyanobacteria* (blue-greens). The majority of intense blooms end with a mass dying algal cells. As a result, unfavourable effects develop, such as a deficiency of oxygen, mass death of fish, and the release of cyanobacterial toxins. Main reason of blooms is phosphorus entering the lake from watershed, and accumulated for many years in its sediments. It is accepted, that the most important method to solve the problem is an inactivation of phosphorus in lake sediments. In most cases inactivation is made through application of coagulants onto or below water surface. The assumption is that amorphous flocs of coagulant can bind phosphate from water, and settling down will create uniform, solid layer on sediment surface preventing phosphorus release. But due to very fragile structure, and low negative buoyancy, that layer can be solid only in very calm water. Water dynamics can prevent uniform settlement during coagulant application, as well sediment resuspension or gas bubbles releasing from sediment can it redistribute.

Prote-Fos method is really blocking phosphorus in sediment. In general, the principle of its operation

is similar to that proposed by Ripl (1976). The similarity lies in the principle of simultaneous air, and coagulant addition to the sediments. The main difference is in the earlier intentional initiation of the intensive, but controlled, resuspension of a selected surface layer of sediments, and in applying the coagulant at a precisely determined depth. Both, resuspension and coagulation takes place inside the device in a closed volume. Thus, precise control, and monitoring of the parameters that optimize coagulation, is possible.

In order to be able to apply Prote-Fos method in the most effective way possible, a custom-made Proteus vessel that consists of two modules was designed and built.

Surface module: is powered by two engines installed on each of the two floaters operated individually, and can effect forward and reverse movement; carries chemical substances up to 3 tons of load; doses chemical substances in a precise and controlled manner; pumps air to bottom sediments to the required depth, in order to oxygenate sediment and trigger its resuspension; is able to very precisely navigate across the reservoir and monitor its bottom reporting accuracy of vessel position (maximum error of 1.0 to 5.0 cm); controls the underwater module; three computers allow to work in three modes (automatic, half-automatic and manual). Effective monitoring of the reservoir's bottom is possible owing to an exact, digital map of the bottom and to continuous sonar monitoring of the bottom.

Underwater module is responsible for: the provision of information about its location versus the sediment; triggering controlled re-suspension of sediment in its close proximity inside that bell form; oxygenation of bottom sediment; dosing of chemical substances used to bind sediment phosphorus; coagulation and re-sedimentation after application of chemical substances.

Wolsztynskie Lake is typical shallow, urban lake. Its surface is 116.0 hectars, maximum depth 3.9 m, and average depth 2.0 m. Main inflow is Dojca River. Supplementing the hydrological catchment area of this lake are the other smaller inlets (streams), which have a very significant impact on its fertility. Some of them are drying during the summer. After rewetting by the rain water, mineralized fractions of phosphorus, including organic and fine suspension are entering the lake.

From several years, water and sewage management around the Wolsztynskie Lake are regulated. All municipal pollutions are directed to the modernized sewage treatment plant. However, due to inappropriate human activity in previous years, involving the direct discharge of wastewater and solid waste biogenic compounds, which were supplied from the catchment and tributaries, the lake Wolsztynskie is classified as a highly eutrophic lake. A high level of fertility is proved by cyanobacterial blooms appearing every year.

The presentation contains a summary of the restoration treatments carried out on Wolsztynskie Lake, in 2012-2014 years, among which the leading method was inactivation of phosphorus directly in bottom sediments.

Yamamuro M.

GREEN TIDE FROM SEA COASTS TO FRESHWATER LAKES

Cross appointment fellow, Geological Survey of JAPAN, AIST
Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo
yamamuro@edu.k.u-tokyo.ac.jp

Overgrowth of benthic green algae sometimes becomes a nuisance in freshwater lakes including Lake Baikal and along sea coasts. When it occurs at sea coasts, it is often called a "green tide". In freshwater ecosystems, it is described as "nuisance periphyton" or "nuisance growth of algae".

The species of green algae which induce nuisance growth differ between seawater and other aquatic ecosystems (freshwater and brackish water). In seawater, *Ulva, Ulvarea* and *Cladophora* are dominant components of green tides. In brackish water and freshwater, *Cladophora* is the chief green algae inducing nuisance growth. *Spirogyra* could also induce nuisance growth in freshwater systems such as Lake Baikal.

Although the species are different, nuisance growth of benthic green algae induces common negative effects in benthic ecosystems. For example, rapid accumulation of hydrogen sulfide occurs in the water column during the decay of an *Ulva* green tide in coastal marine environments. Decaying *Cladophora* and *Spirogyra* mats also produce hydrogen sulfide even in freshwater lakes where sulfate is far less abundant than in seawater. The study which compared the sediment, the water column and the thalli as active sites for the sulfate reduction process during decomposition of *Ulva lactuca* mat found that sulfate-reducing bacteria were present on the thalli, and sulfate reducers proliferated rapidly on the thalli. This may explain why many gastropods died on the algal mat at Lake Baikal where the mat was not covered with water. The rotting thalli produced large quantities of hydrogen sulfide, and the hydrogen sulfide was released as gas, which inhibited cellular respiration, resulting in critical cellular hypoxia of gastropods. Actually, a truck driver had died near his vehicle after hauling three truckloads of decayed *Ulva* without protective gear during the annual cleanup. The cause of his death was later determined to be cardiac arrest resulting from pulmonary edema, which is an indication of possible hydrogen sulfide poisoning.

Cladophora growth is phosphorus limited, and so nuisance growth is triggered by phosphorus-induced eutrophication. Green tides at sea coasts are also explained by eutrophication caused by anthropogenic nutrient loading. However, green tides occur even where river inputs are absent. In the case of a Korean island lacking river input, the discharge of submarine fresh groundwater and associated nutrients caused the green tide development. This case may be applicable to the nuisance bloom of *Spirogyra* at Lake Baikal where nutrient concentrations remain dilute at the coast covered with nuisance green algae.

Yermolaeva N.I.[1], Zarubina E.Yu.[1], Strakhovenko V.D.[2], Bezmaternykh D.M.[1], Ovdina E.A.[2]

ROLE OF NATURAL AND CLIMATIC FACTORS IN FORMATION OF AUTOCHTHONIC ORGANIC SUBSTANCE STREAMS IN SMALL LAKES OF THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA

[1]Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Molodezhnaya str., 1
[2]V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, pr. Akademika Koptyuga, 3
hope413@mail.ru

Schemes of circulation of the basic biogenic elements in reservoirs are so far established; however there aren't enough researches of value of climatic factors in formation of streams of autochthonic organic substance in reservoirs of different types.

In the south of Western Siberia there are more than 20 thousand lakes, various by the sizes, food type, the hydrochemical mode, hydrobiological characteristics. In 2012-2017 more than 40 lakes with various types of a ratio of production and destruction of organic substance and accumulation of ground deposits have been studied. Lakes are located in dry-steppe, forest-steppe and forest natural zones of the South of Western Siberia. During forwarding and cameral works the main links of a trophic chain are investigated: autotrophic – phytoplankton and macrophytes; geterotrophic – zooplankton and a zoobenthos. On model lakes production of autotrophs is determined by the bottle method in situ. Processes of sedimentation by means of statement of an experiment of in situ with sedimentary traps are studied. The size of a sedimentary stream of dry substance is calculated. Morphometric, hydrological and hydrochemical indicators are investigated: depth, transparency, temperature, concentration of the dissolved oxygen, active reaction of the water (pH), the content of organic substances (on BOD_5), a mineralization, ions structure.

The investigated lakes differed on mineralization degree (from 0,01 to 113 g/dm^3), size pH (from 6,3 to 9,96), to the content of the dissolved oxygen (from 4 to 13 mg/dm^3), concentration of organic substances (on BOD_5 from 0,81 to 7,44 mgO/dm^3), carbonates (from 2,3 to 7730 mg/dm^3), sulfates (from 2,9 to 60130 mg/dm^3), chlorides (from 0,06 to 192738 mg/dm^3), nitrates (from 0,08 to 20,8 mg/dm^3) and phosphates (from 0,03 to 9,5 mg/dm^3). Statistical analysis was performed using “STATISTICA” software package v 5.5 (A).

When carrying out the multiple-factor analysis it is revealed that the defining factors for formation of total production of water ecosystems in dry-steppe and steppe zones are active reaction of the environment (pH) and a water mineralization, explaining in the sum of 94% and 65% of variability, respectively. In forest-steppe and forest zones the role of these factors decreases and the role of transparency of water, concentration of oxygen and biogenic elements and also others, so far unspecified factors increases. On the size of formation of primary production (phytoplankton and macrophytes) in the studied reservoirs the main impact is exerted by the sum of effective temperatures, concentration of the dissolved oxygen, content of the dissolved organic substances and also carbonates and sulfates. Production of zooplanktonic community in general is to a lesser extent limited by abiotic factors of the environment. With increase in a mineralization only the number of types authentically decreases. Force of influence of a mineralization on specific richness of community of zooplankton was 52%. In the analysis of production characteristic of various groups of zooplankton on the specified gradients of the environment it is revealed that Cladocera, Rotifera, Copepoda variously react to their change. Often reactions are multidirectional that doesn't allow to track them by consideration of community in general. Production of zooplankton generally is defined by the size of production Cladocera and depends on amount of organic substances in water (direct dependence from BOD_5). Whereas production of Rotifera and Copepoda increase with a growth of pH and are maximum in the range of $8.5 \leq pH \leq 9.5$. Biomass of a zoobenthos is reduced with a growth of a mineralization. Whereas temperature, transparency of water and size pH positively influence on biomass and density of zoobenthos.

This work was supported by grant of RFBR №.16-05-00132 A and 17-05-00404 A.

Ермолаева Н.И.[1], Зарубина Е.Ю.[1], Страховенко В.Д.[2], Безматерных Д.М.[1], Овдина Е.А.[2]

РОЛЬ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ФОРМИРОВАНИИ ПОТОКОВ АВТОХТОННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В МАЛЫХ ОЗЕРАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

[1]Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Новосибирск, Морской просп. 2
[2]Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, просп. Академика В.А. Коптюга, 3
hope413@mail.ru

К настоящему времени установлены схемы круговорота основных биогенных элементов в водоемах, однако довольно мало исследований значения природно-климатических факторов в формировании потоков автохтонного органического вещества в водоемах разных типов.

На юге Западной Сибири находится более 20 тыс. озер, разнообразных по размерам, типу питания, гидрохимическому режиму, гидробиологическим характеристикам. В 2012-2017 гг. было изучено более 40 озер с различными типами соотношения продукции и деструкции органического вещества и накопления донных отложений. Озера расположены в сухостепной, степной, лесостепной и лесной природных зонах юга Западной Сибири. В ходе экспедиционных и камеральных работ исследованы основные звенья трофической цепи: автотрофы – фитопланктон и макрофиты; гетеротрофы – зоо-

планктон и зообентос. На модельных озерах определена продукция автотрофов скляночным методом *in situ*. Изучены процессы седиментации с помощью постановки эксперимента *in situ* с седиментационными ловушками. Рассчитана величина седиментационного потока сухого вещества. Исследованы морфометрические, гидрологические и гидрохимические показатели: глубина, прозрачность, температура, концентрация растворенного в воде кислорода, активная реакция среды (pH), содержание органических веществ (по $БПК_5$), минерализация, ионный состав.

Исследованные озера различались по степени минерализации (от 0,01 до 113 г/дм^3), величине pH (от 6,3 до 9,96), содержанию растворенного в воде кислорода (от 4 до 13 мг/дм^3), концентрации органических веществ (по $БПК_5$ от 0,81 до 7,44 мгО/дм^3), карбонатов (от 2,3 до 7730 мг/дм^3), сульфатов (от 2,9 до 60130 мг/дм^3), хлоридов (от 0,06 до 192738 мг/дм^3), нитратов (от 0,08 до 20,8 мг/дм^3) и фосфатов (от 0,03 до 9,5 мг/дм^3). Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакета программ «STATISTICA v 5.5 A».

При проведении многофакторного анализа выявлено, что определяющими факторами для формирования суммарной продукции водных экосистем в сухостепной и степной зонах являются активная реакция среды (pH) и минерализация воды, объясняя в сумме 94 и 65% изменчивости, соответственно. В лесостепной и лесной зонах роль этих факторов снижается и возрастает роль прозрачности воды, концентрации кислорода и биогенных элементов, а также других, пока неустановленных факторов. На величину образования первичной продукции (фитопланктон и макрофиты) в исследованных водоемах основное влияние оказывают сумма эффективных температур, концентрация растворенного в воде кислорода, содержание растворенных органических веществ, а также карбонатов и сульфатов. Продукция зоопланктонного сообщества в целом в меньшей степени лимитирована абиотическими факторами среды. С увеличением минерализации достоверно снижается только число видов. Сила влияния минерализации на видовое богатство сообщества зоопланктона составила 52%. При анализе продукционных показателей различных групп зоопланктона на указанных градиентах среды выявлено, что Cladocera, Rotifera, Copepoda различным образом реагируют на их изменение. Часто реакции являются разнонаправленными, что не позволяет их проследить при рассмотрении сообщества в целом. Продукция зоопланктона в основном определяется величиной продукции Cladocera и зависит от количества органических веществ в воде (прямая зависимость от $БПК_5$). Тогда как продукция Rotifera и Copepoda возрастают при росте показателей pH и являются максимальными в диапазоне $8{,}5 \leq pH \leq 9{,}5$. Биомасса зообентоса сокращается при росте минерализации. Тогда как температура, прозрачность воды и величина pH положительно влияют на биомассу плотность зообентоса.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №16-05-00132 А и 17-05-00404 А.

Zemskaya T.I.[1], Lomakina A.V.[1], Zakharenko A.S.[1], Khal'zov I.A.[1], Chernitsyna S.M.[1], Shubenkova O.V.[1], Pavlova O.N.[1], Bukin S.V.[1], Galachyants Yu.P.[1], Pogodaeva T.V.[1], Morozov I.V.[2]

DIVERSITY AND STRUCTURE OF MICROBIAL COMMUNITIES IN LAKE BAIKAL BOTTOM SEDIMENTS

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Institute of Chemical Biology and Basic Medicine SB RAS, 630090, Novosibirsk, Academician Lavrentyev ave., 8, Russia

The results of studies of microbial communities diversity and taxonomic composition from Lake Baikal bottom sediments obtained during last decades using platforms of mass parallel sequencing are considered. Physical-chemical parameters of environment, components of mineralized fluids and hydrocarbons incoming from bottom sediments, as well as geological structures type were taken into account. Bacterial communities of Lake Baikal bottom sediments are characterized by moderate species abundance compared to other lacustrine ecosystems. Dominating phylotypes of bacterial communities are related to several cosmopolite taxa, and their nearest homologs are involved in different processes of destruction of organic substrates as well as in ones of liquid and gaseous hydrocarbons. Archaea are represented by 5 phyla, among which we revealed sequences of ANME-2d clade (*Euryarchaeota*) performing nitrate-dependent anaerobic oxidation of methane (AOM). Structure and diversity of microbial communities in background areas have their own regularities correlating with distribution of microorganisms of different physiological groups. Archaea are dominated by representatives of the phylum *Thaumarchaeota*, which are autotrophic aerobic oxidants of ammonium widely distributed in soils, marine and freshwater ecosystems. In sites of intensive discharge of mineralized fluids and elevated heat flows, formation of particular microbial communities is found out. By nowadays, two types of microbial mates with dominance of different microorganisms taxa are described. Above gas hydrate fields in Central Baikal, functioning of biological communities is based on methanotrophy, while in the area of methane seep of Posol'skaya Bank (South Baikal), communities analogous by their composition of underwater mates from the area of underwater low-temperature source in Frolikha Bay form (Namsaraev et al., 1994). Their life activity is based on chemosynthesis and methanotrophy. In the zone of formation of iron-manganese crusts, non-classified bacteria dominated with considerable fraction of *Cyanobacteria*, *Proteobacteria* and *Actinobacteria*.

The studies were performed within State task for themes 0345–2016–0007, 0345–2018–0001.

Земская Т.И.[1], Ломакина А.В.[1], Захаренко А.С.[1], Хальзов И.А.[1], Черницына С.М.[1], Шубенкова О.В.[1], Павлова О.Н.[1], Букин С.В.[1], Галачьянц Ю.П.[1], Погодаева Т.В.[1], Морозов И.В.[2]

РАЗНООБРАЗИЕ И СТРУКТУРА МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА БАЙКАЛ

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8, Россия

Рассмотрены результаты исследования разнообразия и таксономического состава микробных сообществ в донных отложениях озера Байкал, полученные в последние десятилетия с помощью платформ массового параллельного секвенирования. Учитывались физико-химические параметры среды, компонентный состав поступающих из донных отложений минерализованных флюидов и углеводородов, а также тип геологических структур. Бактериальные сообщества донных осадков озера Байкал характеризуются умеренным богатством видов по сравнению с другими озерными экосистемами. Доминирующие филотипы бактериальных сообществ относятся к нескольким космополитным таксонам, а их ближайшие гомологи включены в различные процессы деструкции органических субстратов, а также жидких и газообразных углеводородов. Археи представлены 5 филумами, среди которых выявлены последовательности ANME-2d клады (*Euryarchaeota*), осуществляющих нитратзависимое анаэробное окисление метана (АОМ). Структура и разнообразие микробных сообществ в фоновых районах имеет свои закономерности, коррелирующие с распределением различных физиологических групп микроорганизмов. Среди архей доминируют представители филы *Thaumarchaeota*, являющиеся автотрофными аэробными окислителями аммония, широко распространенными в почвах, морских и пресных экосистемах. В местах интенсивной разгрузки минерализованных флюидов и повышенных тепловых потоков отмечается формирование особых микробных сообществ. К настоящему времени описано два типа микробных матов с доминированием различных таксонов микроорганизмов. Над газогидратными полями в Среднем Байкале функционирование биологических сообществ основано на метанотрофии, тогда как в районе метанового сипа Посольская банка (Южный Байкал) формируются сообщества, аналогичные по составу микробным матам из района подводного низкотемпературного источника в б. Фролиха (Намсараев и др., 1994). Их жизнедеятельность основана на хемосинтезе и метанотрофии. В зоне формирования железомарганцевых корок в составе бактериальных сообществ преобладали неклассифицированные бактерии, при значительной доле цианобактерий, протеобактерий и актинобактерий.

Исследования выполнены в рамках государственного задания по темам 0345–2016–0007, 0345–2018–0001.

SECTIONAL TALKS
СЕКЦИОННЫЕ ДОКЛАДЫ

Abasov N.V., Osipchuk E.N., Nikitin V.M., Berezhnykh T.V.

THE PROBLEM OF LAKE BAIKAL LEVEL MANAGEMENT IN CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

Melentiev Energy Systems Institute of SB RAS
664033, Irkutsk, Lermontov st., 130
nva@isem.irk.ru, eugene.os@mail.ru

The paper is concerned with problem of the lake Baikal level management with contradiction of ecological requirements and water users of Angara River. Violation of bottom bound (456.00 m) of the lake level and minimum water discharge (1300 m^3/sec) of Irkutsk hydropower plant (HPP) are caused by long low water period in Baikal basin and climate change. The current conditions require adjustment of hydrological characteristics of the useful inflow into the Lake Baikal and rules of Angara HPP cascade management.

Абасов Н.В., Осипчук Е.Н., Никитин В.М., Бережных Т.В.

ПРОБЛЕМА УПРАВЛЕНИЯ УРОВЕННЫМ РЕЖИМОМ ОЗ. БАЙКАЛ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск, Россия
nva@isem.irk.ru, eugene.os@mail.ru

За последние годы усилились противоречия по управлению уровенным режимом оз. Байкал в законодательно установленном диапазоне регулирования (456,00–457,00 м ТО – Тихоокеанской системы высот) и водохозяйственными ограничениями в нижнем бьефе Иркутской ГЭС. Ограничение регулирования уровня озера в диапазоне 1 метр, установленные постановлением Правительства РФ №234 в 2001 году, не выполнялось в течение 4-х лет с 2014 года при минимально допустимых расходах через Иркутскую ГЭС по требованию крупных водозаборов её нижнего бьефа (1300 $м^3$/с). Продолжительный непрерывный период низких расходов в нижнем бьефе Иркутской ГЭС и уровенных режимов р. Ангара привел к значительному ухудшению санитарно-гигиенических условий (качество воды), проблемам у водного транспорта и рыбного хозяйства. Фактически, с 2001 года Иркутская ГЭС работает на поддержание уровня озера в заданном диапазоне без учета негативного влияния режима на работу энергосистемы, водопользователей и водопотребителей в нижнем бьефе гидроузла.

Начиная с 1996 года существенно изменились показатели среднегодового полезного притока в оз. Байкал (рисунок). На рисунке видно, что с этого года интегрально-разностная кривая показывает неуклонное падение.

Текущий маловодный период на оз. Байкал, продолжающийся уже 22 года, характеризуется следующими изменениями в показателях полезного притока воды в озеро:

– среднегодовые показатели за «мягкий» маловодный период 1996-2013 гг. уменьшились на 14% по сравнению с периодом 1899-1995 гг.;

– аналогично показатели за экстремальный маловодный период 2014-2017 гг. уменьшились на 35%;

– изменения долей притоков за II и III кварталы относительно годовых показателей имеют следующие значения:

а) за весь период наблюдений 1899-2017 гг.: II квартал – 39%, III квартал – 53%, II / III квартал – 73%;

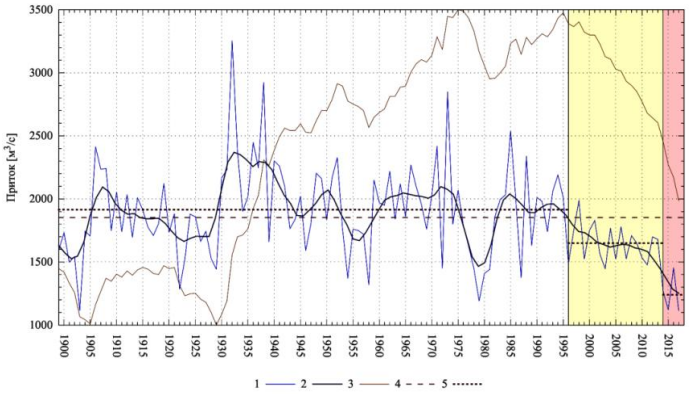
б) период 1899-1995 гг.: II квартал – 38%, III квартал – 54%, II / III квартал – 72%;

в) период 1996-2013 гг.: II квартал – 41%, III квартал – 52%, II / III квартал – 79%;

г) период 2014-2017 гг.: II квартал – 46%, III квартал – 45%, II / III квартал – 102%.

Для II квартала данный показатель возрастает, что связано с более ранним снеготаянием и более высокой температурой летнего периода, уменьшающего величину полезного притока в озеро.

Период 1996-2013 гг. характеризуется повышением летних температур в бассейне оз. Байкал, а для «жесткого» маловодного периода 2014-2017 гг. среднелетние температуры повысились до 3-х градусов в центральной и северо-восточной частях его бассейна. Экстремально маловодный период также характеризуется значительным уменьшением летних осадков.



Динамика изменения среднегодового полезного притока в оз. Байкал.
1 – исходный ряд; 2 – сглаженный (скользящее 5-летнее осреднение); 3 – интегрально-разностная кривая; 4 – среднее за период 1899-2013 гг.; 5 – локальные средние для периодов 1899-1995, 1996-2013, 2014-2017 гг.

Гидрологические и климатические изменения в бассейне оз. Байкал связаны с глобальным изменением климата, а в сочетании с увеличивающимся антропогенным воздействием могут привести к серьезным долгосрочным негативным последствиям как самого озера, так и экосистемы бассейна р. Ангара.

В этой связи необходима разработка специальных правил управления уровенным режимом оз. Байкал для различных сценариев будущей водности:

1) уточнение гидрологических характеристик (среднемноголетний приток – норма, экстремальный приток др.) полезного притока в оз. Байкал и р. Ангара по новой эпохе водности с прогностическими оценками наиболее вероятных глобальных и региональных изменений климата на 10 лет и более;

2) изменение диспетчерских графиков Иркутской ГЭС, исходя из возможности продолжения маловодного периода 1996-2017 гг.;

3) внесение корректировок в Правила использования водных ресурсов (ПИВР) водохранилищ Ангарского каскада ГЭС с проведением водно-энергетических расчетов для повышения устойчивости водохозяйственной системы бассейнов оз. Байкал и р. Ангара в целом.

Abukenova V.S, Bljalova Z.Z., Kartbaeva G.T.

MONODACTNA COLORATA – THE INVASIVE SPECIES OF THE NURA RIVER (CENTRAL KAZAKHSTAN)

Karaganda State University of the name of academician E.A. Buketov,
100026, University street 28, Karaganda, Kazakhstan
abu-veronika@yandex.ru

Bivalve invasive molluscs *Monodactna colorata* Eichwald 1829 were revealed in zoobenthos samples selected in the upper part of the Nura river in 2017. *M. colorata* quite numerous in the polluted waters of the river, where other species of mollusks are disappearing. The invasive species become dominant in benthic communities at the points of registration, determining the conditions of the functioning of the ecosystem. The study of the mollusc's distribution along the river bed has been started.

Абукенова В.С., Блялова Ж.Ж., Картбаева Г.Т.

MONODACTNA COLORATA – ВСЕЛЕНЕЦ РЕКИ НУРЫ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН)

Карагандинский государственный университет имени академика Е.А. Букетова,
100026, ул. Университетская 28, г. Караганда, Казахстан
abu-veronika@yandex.ru

В настоящее время явление биоинвазии свойственно для водоемов и водотоков многих стран. Центральный Казахстан отличается крайней аридностью территории и слабо развитой речной сетью, что накладывает ограничения на возможность самостоятельного расселения гидробионтов по водотокам в этом регионе. Большую роль здесь играет расселение в результате деятельности человека, а именно в результате интенсивного развития рыболовства, создания водохранилищ, акклиматизационной деятельности, аквариумистики.

Весной 2017 года в верхнем течении реки Нуры, в районе поселка им. Г. Мустафина Бухар-Жырауского района Карагандинской области были обнаружены местообитания молллюска *Monodactna colorata*, никогда ранее не встречавшегося при проведении гидробиологических исследований в регионе.

Материалом для настоящей статьи послужили пробы зообентоса, собранные на мелководных участках реки Нуры в пределах Карагандинской области. На глубинах до 1,5 м отбирали качественные пробы с помощью ручного сачка. Организмы отлавливали на площади примерно 0,3 Х 4,0 м. Пробы фиксировали 4%-ным формалином.

Зообентос был представлен таксономическими группами Trichoptera, Hirudinea Heteroptera. Преобладали представители насекомых отрядов Diptera (семейство Chironomidae) и Ephemeroptera.

Малакофауна была представлена следующими видами: прудовики – большой *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758), ушковый *Radix auricularia* (Linnaeus, 1758), усеченный *Galba truncatula* (Müller, 1774); Катушка окаймленная *Planorbis planorbis* (Müller, 1774) и монодактна цветная *M. colorata*, Eichwald 1829.

Площадь русла, заселенного *M. colorata* превышала 500 м^2. Численность моллюсков составила в среднем 43 экз./м^2. Длина тела исследованных особей не превышала 32 мм. Меньшая доля особей в популяции (примерно 30% численности) была представлена молодью от 3 до 10 мм. Эти формы имеют кормовое значение для рыб. Известно, что предпочтение пресных вод обеспечивает виду хорошее распространение, в то же время моллюск чувствителен к загрязнению, ограничивающему его численность.

Среди бентосных организмов реки Нуры в 70-х по 90-е годы прошлого века преобладал моллюск беззубка обыкновенная *Anodonta cygnea*, составляя 60% численности и 75-80% биомассы от общего показателя бентоса. На долю прудовиков *L. stagnalis* приходилось 10-15% биомассы. Однако последние 15 лет наблюдалось значительное снижение численности *A. cygnea*. Нахождение беззубки любого возраста стало уже весьма редким фактом. Возможно, это связано сзагрязнением вод реки Нуры. На протяжении более чем 20 лет Нуру относят к рекам с умеренно-грязными водами. Другие виды моллюсков также малочисленны. Например, периодический учет доминантного вида *L. stagnalis*, как составляющей зообентоса, в последние годы возможен только в районе Интумакского водохранилища.

Поэтому появление достаточно многочисленной популяции *M. colorata* в условиях элиминации других видов моллюсков весьма интересно и заслуживает наблюдения. Мы планируем проследить расселение вида в новом местообитании и определить регуляторы его численности.

Известно, что *M. colorata* был завезен в некоторые водохранилища Казахстана с целью обогащения гидрофауны. Так в 70-80-х годах прошлого века моллюск расселен в Капчагайском водохранилище, в дельтовых водоемах р. Или и озере Балхаш. Однако это не объясняет присутствия моллюска в достаточно удаленной от этих водоемов реке Нура. Мероприятий по обогащение кормовой базы рыб здесь также не проводилось. Возможные пути проникновения моллюска в реку – стоки Самаркандского или других водохранилищ, где предположительно было проведено вселение моллюска на любительской основе. Весенние разливы в речной долине также могли способствовать расселению моллюска из частных рыбных хозяйств.

Adamovich B.V.[1], Nikitina L.V.[1], Medvinsky A.B.[2], Radchikova N.P.[3], Mikheyeva T.M.[1], Zhukova T.V.[1]

SEASONAL VARIATIONS IN BACTERIOPLANKTON ABUNDANCE IN THE LAKES OF DIFFERENT TROPHIC STATE

[1]Belarusian State University, Nezavisimosti Ave., 4, Minsk, Belarus
[2]Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, Instituskaya str., 3, Pushchino, Russia
[3]Pirogov Russian National Research Medical University, Ostrovitianov str. 1, Moscow, Russia
belaqualab@gmail.com

The trophic status is a key hydroecological characteristic of water bodies. Trophic state of lake ecosystems based on the amount of available nutrient for organisms classically distinguishes three types of lakes: oligotrophic – a nutrient-poor state, mesotrophic – a nutrient sufficient state, and eutrophic – a nutrient rich state. In order to characterize the lake trophic state quantitatively, trophic state indices (TSI) were put forward (Carlson, 1977). The dynamics of bacterioplankton abundance should also be linked with trophic status of the lake. But, what is the relative contribution of environmental (for example, temperature) and intrinsic (for example, food supply) factors in driving the close association of the trophic state index with bacterioplankton abundance in the Naroch Lakes? Here, we present the results of analysis of the bacterioplankton data obtained during the monitoring of the Naroch Lakes under conditions of the stabilization, i.e. in 1995-2015.

The system of Naroch Lakes is situated in the Northwestern Belarus in the Neman River basin. The lakes have a common catchment area but differ in their trophic states; namely, the trophic states consistently decrease in the chain Lake Batorino – Lake Myastro – Lake Naroch. The Naroch Lakes were monitored intensively during the last fifty years. Throughout this time, these lakes underwent a set of conversions in their structural and functional structure. The stabilization of biological and hydrochemical characteristics of these water bodies came in the mid-1990s (Ostapenya et al., 2012; Adamovich et al., 2015; Zhukova et al., 2017).

The bacterial abundance grew since spring reaching a maximum in July in Small Stretch of Lake Naroch, or in August in Large Stretch of Lake Naroch, in Lake Myastro, and Lake Batorino. Then, from August till October, a progressive decrease of the bacterial abundance took place. Temperature patterns are similar to those of the bacterial abundance. No statistically significant differences between the spring and autumn bacterial abundances were found with one exception for Lake Batorino where a significant change in the bacterial abundance in May *vs* September took place. The bacterial biomass increased gradually from May till August in both the stretches of Lake Naroch reaching the values in Small Stretch and in Large Stretch, and then decreased in September-October. In Lake Myastro and in Lake Batorino the bacterial biomass peaked in July. However, in contrast to the changes in the bacterial abundance and biomass, the mean volume of bacterial cells

remained virtually unchanged.

It is noteworthy that in Lake Batorino, Lake Myastro and Lake Naroch, the ratio of the time-averaged abundance of bacteria in July to the time-averaged abundance of bacteria in May remains virtually unchanged compared to the same ratio between July and October. However, similar ratios for chlorophyll-*a* undergo significant changes. This result leaves room for further investigation of the factors, which can influence trophic state of the lakes, on the assumption that bacterial abundance is considered as an invariant measure.

We show that even though the dynamics of bacterioplankton abundances and chlorophyll concentrations in each of the Naroch Lakes are not statistically correlated with each other, the Naroch Lakes system as a whole manifests a distinct linear relationship between the temporal variations in the TSI values assessed for each of the Naroch Lakes, and the corresponding variations in bacterioplankton abundances. This result implies that the bacterioplankton abundance is inextricably associated with lake trophic state. Moreover, the bacterioplankton oscillations are shown to be under a tangible temperature control.

This study was partially supported by the Belarus Republican Foundation for Fundamental Research. MAB gratefully acknowledge support from the Russian Foundation for Basic Research (grant 17-04-00048).

Aghajanyan E.A., Avalyan R.E., Atoyants A.L., Aroutiounian R.M.

BIOTESTING OF FRESHWATER ECOSYSTEM USING MODEL TEST OBJECT

Yerevan State University, RI “Biology”, Yerevan 0025, Charents str., 8, Armenia
re_avalyan@mail.ru; a.atoyants@mail.ru; genetic@ysu.am

The clastogenic effects of water samples in 7 locations of a natural lake (Lake Sevan) with the application of Trad-MCN (micronuclei in tetrads of microspores) bioassay using Tradescantia (clone 02) were investigated. A significant increase in the frequency of micronuclei in tetrads and tetrads with micronuclei in microspores of the plant exposed to the test samples- Tsapatagh, Litchk, Masrik, Martuni compared to the control has been revealed. The positive correlation between tetrads with MN frequency and the concentration of Ni and Co in the investigating water samples was showed.

Агаджанян Э.А., Авалян Р.Э., Атоянц А.Л., Арутюнян Р.М.

БИОТЕСТИРОВАНИЕ ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДЕЛЬНОГО ТЕСТ-ОБЪЕКТА

Ереванский государственный университет, НИИ “Биология“, Армения, Ереван 0025, ул. Чаренца,8
re_avalyan@mail.ru; a.atoyants@mail.ru; genetik@ysu.am

Биологический мониторинг позволяет дать интегральную характеристику экологической обстановки, вызванной антропогенными и техногенными факторами. В условиях современного воздействия техногенеза на водные экосистемы (особенно пресноводные) возникает практическая необходимость и целесообразность тестирования качества водной среды.

Среди модельных растительных модельных тест-объектов особо выделяется гетерозиготный по окраске цветка клон 02 традесканции (*Tradescantia clone 02*), который является природным межвидовым гибридом между *Tradescantia occidentalis* Britton Rudb. и *T. ohiensis* Raf. Данный клон используется в генетическом мониторинге для обнаружения нарушений процесса микроспорогенеза в тетрадах микроспор с образованием микроядер (кластогенный эффект – тест Трад-МЯ). Микроядерный тест входит в Международную программу по растительным тестам (IPPB) под эгидой ООН (ЮНЕП) по окружающей среде.

Озеро Севан является одним из крупнейших высокогорных озер мира – уникальный пресноводный водоем, играющий большую роль в народном хозяйстве Армении. В настоящее время проблема нерационального использования и загрязнения экосистемы Севанского бассейна является актуальной, а ее разрешение крайне необходимо для улучшения экологической обстановки в регионе.

Целью настоящего исследования являлось биотестирование уровня кластогенности водных проб бассейна оз. Севан (территория Большого Севана) с применением микроядерного теста модельного тест-объекта клона 02 традесканции (тест Трад-МЯ). При тестировании с применением данного теста фиксируются два тест-критерия: процент микроядер в тетрадах и процент тетрад с микроядрами.

Материалом исследования служили водные пробы (7) бассейна оз. Севан, взятые в исследуемых точках вблизи населенных пунктов: Артаниш, Карчахпюр, Норадуз, Масрик, Цапатах, Личк, Мартуни. В исследуемых водных образцах определялась концентрация химических элементов (К, Са, Mg, P, Mn, Cu, Zn, Co, V, Al, Fe, Ni и др.). В качестве фонового образца использовали водопроводную воду. Полученные результаты обрабатывались статистически с применением программы *Statgraphics Centurion16.2*. Проводили корреляционный анализ между частотой обоих тест- критериев и химическим составом исследуемых водных проб.

Изучение кластогенных эффектов в спорогенных клетках традесканции показало увеличение частоты встречаемости обоих тест-критериев во всех исследуемых водных вариантах в 2-4,5 раза по сравнению с контрольным уровнем в зависимости от образца. Максимальное проявление данных гене-

тических эффектов по обоим тест-критериям наблюдалось в вариантах водных проб – Масрик, Цапатах, Личк и Мартуни. При определении зависимости изученных генетических эффектов в спорогенных клетках традесканции от содержания в водных образцах некоторых химических элементов выявлена достоверная положительная корреляция между частотой тетрад с МЯ и концентрацией Ni и Co в исследуемых вариантах.

Применение микроядерного биотеста (Трад-МЯ), клона 02 традесканции показало его эффективность и целесообразность для биотестирования качества водной среды пресноводной экосистемы оз. Севан.

Alyoshina A.V.[1], Velichko M.S.[1], Glyzin L.A.[2], Yakhnenko V.M.[2], Sapozhnikova Yu.P.[2], Tyagun M.L.[2], Sukhanova L.V.[2], Glyzina O.Yu.[2]

BREEDING OF WHITEFISH AND THEIR HYBRIDS IN SMALL RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEMS

[1]Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
[2]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

Comparison between whitefish and seven variants of their hybrids showed better survival, quantitative and qualitative characteristics in pidschian, and in lake whitefish and pidschian hybrids.

One of the most outstanding changes of water ecosystems now is a drastic depletion of game fish stock in natural waters. According to the “Aquaculture Expansion Strategy in the Russian Federation till 2020” “when the fish stock of inland waters are endangered, the aquaculture is a sole available source able to increase the game fish production”. The Cyprinidae and Coregonidae hybrids became the most popular in Russia, the latter being the most profitable in the industrial fish breeding due to their excellent taste.

The feature of the Siberian Federal District is a breeding of cold water, mainly Coregonidae, fish. Three species of this family inhabit Lake Baikal. Now, amongst all Baikal Region fish fauna a special part in diet of the local people is played by Baikal omul. Baikal Coregonidae: omul (*C. migratorius*), lake whitefish (*C. baicalensis*), and especially humpback whitefish or pidschian (*C. pidschian*) differ from whitefish of other waters in higher fecundity and growth rate. The pidschian stock is exceptionally low; this species is endangered with extinction. Fisheries of Baikal Region breed whitefish larvae, in particular of Baikal omul, and this is a promising trend in the field of fish breeding in the Baikal Region. A successful aquaculture of endemic Baikal game fish requires a complex of advanced research methods allowing a quick and high sensitivity assessment of the fish state in order to adjust conditions of their keeping.

Multidisciplinary studies of whitefish by classical methods of biology, molecular biology, biochemistry and behavior science are being performed at the Experimental Freshwater Facilities for Cultivation of Baikal Organisms in the Limnological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. These facilities allow providing identical conditions for brooding and breeding during the experimental work with all Baikal whitefish and all variants of their F1 hybrids. Today in the living collection of the Institute there are specimens of four whitefish species and their hybrids up to 7 years old, and next generation eggs are being brooded.

The experiments showed survival of whitefish eggs and their hybrids in small Weiss jar incubation systems to be 14-61%. As a result, we got seven hybridization variants of a hybrid progeny of Baikal whitefish (including lake whitefish and omul, pidschian and Baikal omul, peled and omul). The best survival, quantitative and qualitative indices characterize the eggs and juveniles of the pidschian and the lake whitefish and pidschian hybrids. We gained experience in keeping the living collection of the Baikal whitefish in small recirculating aquaculture systems at the Experimental Freshwater Facilities. We found that the F1 hybrids of Baikal pidschian and lake whitefish had advantages over their parents and could be specified as a high quality fish seed for a pond and industrial agriculture. State-of-the-art biotechnologies of fish breeding, easy cross-species hybridization of whitefish and increasing availability of new research tools allow studying diverse aspects of whitefish adaptation processes in the Baikal ecosystem, creating cryobanks and doing a genetic certification of the fish population.

Next, we are going to use the F1 progeny in backcrossing. The F1 hybrids of Baikal pidschian and lake whitefish can be used as a high quality fish seed in a pond and industrial fish breeding. Creating fisheries with advanced monitoring techniques should ensure a preservation of the unique Baikal ecosystem, recruitment of the Baikal game fish population, and formation of a new marked-based regulatory mechanism for industrial aquaculture.

The work is done within the Basic Research 0345–2016–0002 “Molecular ecology and evolution of living systems of the Central Asia under the global climate change”; 0345–2016–0005 “Experimental research of genomes and proteomes of freshwater ecosystems biota”; # VI.51.10 Integration Program of Irkutsk Scinetific Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences “Basic research and innovative technologies as a basis for a rapid development of the Baikal Region”, as well as under a financial support of the RFBR and the government of the Irkutsk Region in the frame of the projects # 17-43-380006, 17-44-388081.

Алешина А.В.[1], Величко М.С.[1], Глызин Л.А.[2], Яхненко В.М.[2], Сапожникова Ю.П.[2], Тягун М.Л.[2], Суханова Л.В.[2], Глызина О.Ю.[2]

ВОЗМОЖНОСТИ СОДЕРЖАНИЯ СИГОВЫХ РЫБ И ИХ ГИБРИДОВ В МИНИУСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

[1]Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
[2]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

Интенсивным изменением водных экосистем в последнее время является катастрофическое снижение запасов промысловых рыб в естественных водоемах. Как отмечено в «Стратегии развития аквакультуры в Российской Федерации на период до 2020 года» в условиях, когда рыбные запасы внутренних водоемов находятся в критическом состоянии, единственным надежным источником увеличения объемов пищевой рыбопродукции является аквакультура. В России наибольшее распространение получили гибриды семейств карповых (Cyprinidae) и сиговых (Coregenidae), при этом гибриды семейства сиговых наиболее выгодны для товарного выращивания из-за своих гастрономических качеств.

Особенностью Сибирского федерального округа является выращивание холодноводных (в основном сиговых) рыб. В озере Байкал обитает три представителя лососеобразных рыб из семейства Coregonidae. В настоящее время среди всей ихтиофауны Байкальского региона особое место в питании местного населения занимает байкальский омуль. Байкальские сиговые рыбы: омуль *C. migratorius*, озерный сиг *C. baicalensis* и, особенно, озерно-речной сиг – пыжьян *C. pidschian* отличаются от сигов других водоемов большей плодовитостью и высоким темпом роста. Запасы пыжьяна находятся в крайне напряженном состоянии, вплоть до угрозы полного исчезновения. Рыборазводными заводами Байкальского региона проводиться подращивание личинок сиговых, в частности байкальского омуля, что является перспективным направлением в области рыборазведения в Байкальском регионе. Для успешного содержания эндемичных видов байкальских промысловых видов рыб и контроля их состояния необходимо применение комплекса современных методов исследования, позволяющих быстро и с высокой чувствительностью оценивать состояние рыб и изменять условия содержания их аквакультуры.

На базе Лимнологического института СО РАН, в Экспериментальном пресноводном комплексе байкальских гидробионтов (ПАК) проводятся мультидисциплинарные исследования сиговых рыб с использованием классических методов биологии, молекулярной биологии, биохимических и поведенческих методов. В ходе экспериментальных работ по исследованию сиговых рыб на базе ПАК была обеспечена идентичность условий инкубации икры и последующего выращивания рыб всех сиговых рыб озера Байкал и их гибридов F1 всех вариантов скрещиваний. На сегодняшний день в живой коллекции института содержаться особи 4 видов сиговых рыб возрастом до 7 лет и их гибридные формы, инкубируется икра новых поколений.

Экспериментальные работы показали, что выживаемость икринок сиговых рыб и их гибридов в мини-аппаратах Вейса составляет 14-61%. В результате работы было получено гибридное потомство байкальских сиговых рыб 7 вариантов индивидуальных скрещиваний (в т.ч. озерного сига с омулем, пыжьяна с байкальским омулем, пеляди с омулем). Лучшая выживаемость, качественные и количественные показатели наблюдаются у икры и молоди пыжьяна и гибрида озерного сига и пыжьяна. Был получен опыт сохранения живой коллекции байкальских сиговых рыб в миниустановках замкнутого водоснабжения на водопроводной воде; проведены исследования по выживаемости рыб в условиях ПАК. Выявлено, что гибриды F1 байкальских пыжьяна и озерного сига могут иметь преимущества перед родителями и использоваться как высококачественный рыбопосадочный материал для производства товарной рыбы в прудовом и индустриальном рыбоводстве. Использование современной биотехнологий культивирования гидробионтов, легкость образования межвидовых гибридов сиговых и возрастающая доступность новых методов исследований позволяют исследовать различные аспекты адаптационного процесса сиговых рыб в условиях байкальской экосистемы, создавать криобанки и проводить генетическую паспортизацию популяций.

В дальнейшем планируется использовать поколение F1 при возвратных скрещиваниях с исходными видами. Гибриды первого поколения байкальских пыжьяна и озерного сига могут использоваться как высококачественный рыбопосадочный материал в прудовом и индустриальном рыбоводстве. Создание рыборазводных предприятий с использованием современных методов мониторинга: сохранит уникальность экосистем бассейна озера Байкал, способствует восстановлению природной популяции байкальских промысловых видов рыб, совершенствует условия формирования нового рыночно-регулируемого экономического механизма производства аквакультуры.

Работа выполняется в рамках фундаментальных научных исследований 0345–2016–0002 «Молекулярная экология и эволюция живых систем Центральной Азии в условиях глобальных экологических изменений»; 0345–2016–0005 «Экспериментальные исследования геномов и протеомов биоты пресноводных экосистем»; № VI.51.10 Интеграционной программы Иркутского научного центра СО РАН «Фундаментальные исследования и прорывные технологии как основа опережающего развития Байкальского региона и его межрегиональных связей», а также при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научных проектов № 17-43-380006, № 17-44-388081.

Andrianova A.V.[1, 2], Yakubaylik O.E.[1, 3]

GEOINFORMATIONAL WEB SYSTEM FOR THE ANALYSIS OF THE SPATIAL DATA ON THE DISTRIBUTION OF BAIKAL AMPHIPODES IN THE ENISEY RIVER

[1]Institute of Computational Modeling SB RAS, 660036 Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50/44
[2]Scientific Research Institute of Ecology of Fishery Reservoirs, 660097 Krasnoyarsk, ul. Parizhskoi Kommuny, 33
[3]Siberian Federal University, 660041 Krasnoyarsk, pr. Svobodnyy, 79
AndrAV@icm.krasn.ru

Nowadays, it is generally recognized that the problem of biological pollution is one of the most important global environmental problems of our time, it is also actual for the Yenisey River. Invasions of alien species in new ecosystems lead to significant changes in reservoirs – recipients, in particular, to a decrease in species diversity and the stability of aquatic ecosystems. It is known that the damming of the Yenisey caused a radical change in the hydrological, hydrochemical and hydrobiological regimes, especially in the afterbay of the Krasnoyarsk hydro-electric power station. Large-scale rearrangements have also occurred in the communities of benthic invertebrate animals – zoobenthos, which is the main food resource for most species of fish in Siberian rivers. At the same time the species diversity of bottom invertebrates has decreased significantly, but their number has increased. Quantitative characteristics of zoobenthos in the area from the dam to the Angara's estuary have greatly increased: quantity – by more than 2 times, biomass – by 5 times. The growth of indicators is determined, firstly, by the spread of endemic amphipods (crustaceans) from Lake Baikal through the Angara river upstream of the Yenisey, while their proportion in the total zoobenthos biomass increased by 10 times.

This work is devoted to the spatial dynamics of Baikal endemic amphipods in the Yenisey, which spread far beyond the Baikal not only downstream, but also upstream. The results of expedition hydrobiological studies, conducted in 2015-2016 in several zones of the Yenisey River from its head to the mouth, are presented. In the Upper Yenisey, three zones were explored: in the Republic of Tuva, lower than the Sayano-Shushensky reservoir (from the city Sayanogorsk to the city Minusinsk) and below the Krasnoyarsk reservoir to the mouth of the river Angara. In the Middle Yenisey, the area from the mouth of the river Angara to the village Surgutiha was explored, in the Lower Yenisey – from the city Dudinka to the delta, including the Brekhov Islands.

In the Yenisey we discovered several species of amphipods, but throughout the whole river there was only *Gmelinoides fasciatus* Stebb. *Philolimnogammarus viridis* Dybowsky took the second place. Only in the lower reaches and in the delta of the Yenisey the leading positions were transferred to *Pontoporeia affinis* Lindstrom – a representative of the estuary-relic complex of organisms. The number of amphipods in different zones of the Yenisey varied significantly. At the highest investigated site (the Republic of Tuva) under conditions of high flow velocity and large rocky-pebble soil, the amphipods are presented extremely poor: only *G. fasciatus* was found individually. The maximum density of the amphipods was below the Sayano-Shushensky reservoir near cities Sayanogorsk and Minusinsk (3.8 thousand ind./m^2 and 10.4 g/m^2), while their share in the zoobenthos averaged 70% of the population and 53% of the biomass. Further downstream, the number of amphipods decreased and in the Lower Yenisey fell to an average of 0.3 thousand specimens/m^2 with a biomass of 0.6 g/m^2 (13% abundance and 7% biomass of benthic fauna Baikal endemics actively populated the Upper Yenisey section below the Sayano-Shushensky hydroelectric power station, especially in the areas of massive macrophyte distribution. There is a divergence of ecological niches in *G. fasciatus* and *Ph. viridis* in the Yenisey: the dominant prefers silty sand-and-shingle biotopes with a calm speed rate; the subdominant tends to prefer stony-pebble bottom washed by a rapid current. *P. affinis* in the lower Yenisey has aclimated on silty and sandy-silty deposits. For all three studied species of amphipods, there was a tendency to increase in density in the presence of higher aquatic vegetation. Over the past 15 years, the density and proportion of crustaceans in the zoobenthos in the Angara-Podkamennaya Tunguska area have increased, especially of *G. fasciatus* – the number increased in 4 times and the biomass – in 7 times.

The results of hydrobiological studies has been designed in the form of geospatial database in the geoportal, which gives the possibility to visualize and process geodata, and gives access to it from third-party applications based on cartographic web services. At this stage of the research, information on the hydrography of the Yenisey River basin was updated. On the basis of the data from the geoportal, prepared in accordance with the State Water Cadastre, geo-referencing of the hydrobiological monitoring observation points to kilometer points along the fairway of the Yenisey River was carried out ("coordinate system of the river"); the use of such a coordinate system makes it possible to evaluate various parameters along the course of a river. Also, a set of specialized layers of geospatial data was formed. Creation of a geospatial database with the results of expeditionary work and the introduction of a geoinformational web system for information and analytical support of hydrobiological monitoring greatly expands opportunities in the analysis and representation of geodata, forms the basis for interdisciplinary research.

Annenkova N.V.[1], Rengefors K.[2]

DINOFLAGELLATES FROM BAIKAL AND NORDIC MARINE AREA AS AN EXAMPLE OF RECENT DIVERGENCE

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Aquatic Ecology, Department of Biology, Lund University, Lund, Sweden

Dinoflagellates is a big group of water single-cell eukaryotes (protists). Members of this group occupy every major ecological niche both in marine and freshwater environments as primary producers and predators, free-living, symbionts, and parasites. Certain plankton dinoflagellates were described in Lake Baikal. Among them those from spring under-ice complex are most important. We investigated their evolutionary relations using molecular-genetic approach. According to the obtained data, most numerous morphospecies, *Gymnodinium baicalense*, does not contain cryptic species. One of its most close relative is marine species *G. corollarium*, which was observed at first time in the Baltic Sea. They are similar not only in morphological and genetic sense, but have the same ecological strategy: they bloom during relatively short period under the ice. Both species can't survive under the temperature upper +6°C. Laboratory experiments shown, that Baltic *G. corollarium* is tolerant to the changes of water salinity (it survived both in marine and fresh water). However, *G. baicalense* is a strict freshwater species according to our experiments. We suggest, that a common ancestor of these two species had (as well as *G. corollarium*) a broad tolerance to different salinity and this allowed it to adapt in freshwater lakes from Baikal region. One may even hypothesize, that such ancestor migrated from Arctic Ocean at the time of last local cooling, when there were certain empty ecological niches in Baikal plankton. Earlier we shown that other three species from spring Baikal plankton (*Apocalatium baikalense*, *A. euryceps*, *A.* aff. *malmogiense*) as well as cosmopolite freshwater *A. aciculiferum* and marine *A. malmogiense*, which inhabits both Arctic and Antarctic waters, form one species complex, that originated during recent, possibly adaptive, radiation. It seems, the ancestor of the complex (as in the case of *G. baicalense*) was a dinoflagellate from the Nordic seas, which was tolerant to the variability of the water salinity.

Today we continue to study dinoflagellate in two directions. First, adaptation of *G. baicalense* and its Nordic relative *G. corollarium* to the low temperature in freshwater and marine conditions is studied. For the purpose we use transcriptomic data. Second, further investigations of Baikal dinoflagellate diversity are settled (in particular, with using DNA metabarcoding). Our first data suggested the existence of undescribed dinoflagellates in Baikal. In future, it is necessary to figure out their phylogeographic relations with dinoflagellates from other lakes of temperate zone and with Arctic species.

The work was supported through the Russian Foundation for Basic Research (project # 16-04- 01704), algae cultivation was performed at the Experimental Freshwater Aquarium Complex for Baikal Hydrobionts.

Анненкова Н.В.[1], Ренгефорс К.[2]

ДИНОФЛАГЕЛЛЯТЫ ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ И СЕВЕРНЫХ МОРЕЙ КАК ПРИМЕР НЕДАВНЕЙ ДИВЕРГЕНЦИИ

[1]Лимнологический Институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Отдел водной экологии, биологический факультет, Университет Лунда, Лунд, Швеция

Динофлагелляты – это многочисленная группа водных одноклеточных эукариот (протистов), в которую входят фотосинтетики и гетеротрофы, паразиты и симбионты. В озере Байкал описан ряд планктонных динофлагеллят, из них особую важность представляют динофлагелляты весеннего подледного комплекса. Их эволюционные связи исследованы нами с помощью молекулярно-генетического подхода. Наиболее массовая динофлагеллята, *Gymnodinium baicalense*, по нашим данным представлена в Байкале однородной популяцией и не образовала «пучок видов». Она имеет близкого родственника в слабосоленых северных водах. Им является *G. corollarium*, впервые описанная в Балтийском море. Помимо генетической и морфологической близости, оба вида имеют одинаковую экологическую стратегию: они массово развиваются в течение небольшого срока подо льдом. Оба вида плохо переносят температуру выше +6°C. Лабораторные опыты показали, что балтийская *G. corollarium* способна развиваться в воде с разным уровнем солености (от морской до пресной), в то время как *G. baicalense* строго пресноводный вид и при солености от 3 промилль не размножается. Мы предполагаем, что общий предок этих двух видов имел, как и *G. corollarium*, широкую приспособляемость к различной солености воды и это позволило ему адаптироваться к условиям в озерах Байкальского региона. Можно предположить, что этот предок мигрировал из Арктики в то время, когда во время последнего локального похолодания в байкальском планктоне пустовали определенные экологические ниши. Ранее нами было показано, что три других вида из весеннего байкальского планктона (*Apocalatium baikalense*, *A. euryceps*, *A.* aff. *malmogiense*), а также космополитный пресноводный вид A. aciculiferum и морской вид *A. malmogiense*, обитающей как в Арктике, так и в Антарктике, входят в комплекс, образовавшийся в ходе недавней, вероятно, адаптивной, радиации. При этом родоначальником этого комплекса (также как в случае с *G. baicalense*), скорее всего, был вид из северных морей, толлерантный к разному уровню солености воды.

На сегодняшний день нами продолжены исследования байкальских динофлагеллят по двум направлениям. Во-первых, это углубленный анализ механизмов адаптации *G. baicalense* и его балтийского родственника *G. corollarium* к низкой температуре в, соответственно, пресной и солоноватой воде. Для этого изучаются транскриптомные данные этих видов. Во-вторых, осуществляется дальнейшее изучение разнообразия байкальских динофлагеллят (в т.ч. на основе данных ДНК метабаркодинга).

Первые данные говорят о наличии еще неописанных видов в Байкале. В дальнейшем будет необходимо проследить их филогеографические связи и с динофлагеллятами из озер умеренной зоны, и с арктическими видами.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 16-04-01704, культивирование микроводорослей проводилось на базе установки «Экспериментальный пресноводный аквариумный комплекс байкальских гидробионтов».

Antokhina O.Yu.[1], Belan B.D.[1], Buryak G.A.[4], Generalov V.M.[4], Golobokova L.P.[2], Ivlev G.A.[1], Kozlov A.V.[1], Laptev N.A.[4], Olkin S.E.[4], Otmakhov V.I.[3], Pestunov D.A.[1], Petrova E.V.[3], Rasskazchikova T.M.[1], Safatov A.S.[4], Simonenkov D.V.[1], Tolmachev G.N.[1], Fofonov A.V.[1]

ASSESSMENT OF THE EXTENT OF BAIKAL LAKE POLLUTION FROM THE ATMOSPHERE ON THE AIRCRAFT SAMPLING RESULTS

[1]V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia
[2]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[3]Tomsk State University, Tomsk, Russia
[4]State Scientific Center of Virology and Biotechnology “Vektor”, Koltsovo, Novosibirsk Region, Russia

The data of sampling during aircraft sounding of the Baikal basin in 1991, 1995 and 2008 are discussed. In the last campaign, these data were compared with the composition of the aerosol of the above-water layer and the surface micro-layer of water.

Антохина О.Ю.[1], Белан Б.Д.[1], Буряк Г.А.[4], Генералов В.М.[4], Голобокова Л.П.[2], Ивлев Г.А.[1], Козлов А.В.[1], Лаптева Н.А.[4], Олькин С.Е.[4], Отмахов В.И.[3], Пестунов Д.А.[1], Петрова Е.В.[3], Рассказчикова Т.М.[1], Сафатов А.С.[4], Симоненков Д.В.[1],

Толмачев Г.Н.[1], Фофонов А.В.[1]

ОЦЕНКА МАСШТАБОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОЗ. БАЙКАЛ ЧЕРЕЗ АТМОСФЕРНЫЙ КАНАЛ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ САМОЛЁТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

[1]Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия
[2]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[3]Томский государственный университет, Томск, Россия
[4]ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово Новосибирской обл., Россия
simon@iao.ru

Для Байкальского региона, как и любого другого объекта, источниками аэрозоля являются локальные и удаленные источники. Состав атмосферного аэрозоля, происхождение которого связано с различными природными и антропогенными источниками, отражает именно их, в первую очередь, элементный и ионный состав (земной коры, почвы, морской или пресной воды, растительности, антропогенных выбросов). Таким образом, атмосферные аэрозоли вблизи мощного источника несут в себе ярко выраженный «отпечаток» его химического состава. В этих аэрозолях присутствуют элементы, которые в наибольших долях присутствуют в химическом составе мощного источника. Территория, на которой располагается оз. Байкал, с одной стороны, характеризуется разнообразием рельефа, огромными нетронутыми хозяйственной деятельностью площадями, и своеобразным климатом. С другой стороны, в его окрестностях расположено много промышленных предприятий, выбрасывающих в воздух широкую гамму химических веществ. Так как оз. Байкал обладает колоссальной площадью водосбора (570 тыс. км^2), можно предполагать, что значительное количество загрязнений, выброшенных в регионе или привнесенных трансграничными потоками осядут на подстилающую поверхность, в том числе попадут в озеро. Кроме того, ещё в сентябре 1991 года еще в ходе первого самолетного зондирования атмосферы котловины озера, выполненного самолётом-лабораторией Ан-30 «Оптик-Э», в пограничном слое атмосферы над озером было обнаружено явление замкнутой круговой циркуляции воздуха вдоль его периметра, имеющее основное направление против часовой стрелки в горизонтальной плоскости. То есть, над акваторией озера вдоль западного и восточного его берегов существуют две квазипараллельные, противоположные по направлению воздушных потоков ветви циркуляции, каждая протяженностью порядка 600 км. Эта циркуляция позволила объяснить распространение по всей акватории озера аэрозоля с достаточно однородным химическим составом, который близок к составу выбросов иркутского промышленного центра. Дальнейшее всестороннее изучение этого явления в ходе последующих наземных 1997-2001 гг. аэрологических экспедиций и самолётного зондирования 1995 и 2008 гг., позволило установить, что, с одной стороны, движущей силой этой циркуляции является господствующий западно-восточный перенос вкупе с орографией и физико-географическими особенностями расположения котловины Байкала; с другой стороны, расположенные особенно с западной стороны озера крупные промышленные центры и районы – Иркутский, Братский и Красноярский – способствуют насыщению котловинной атмосферы большим спектром антропогенных примесей, логичным стоком которых является осаждение как непосредственно на водную поверхность озера, так и на прибрежные горные склоны, атмосферные осадки на которые также способствуют гидрологическому

стоку антропогенных примесей в озеро. Таким образом, опасность загрязнения оз. Байкал через атмосферный канал вполне очевидна.

В ходе самолетного зондирования для анализа химического состава аэрозоля забортный атмосферный воздух изокинетически аспирировался через фильтры Петрянова типа АФА–ХП–20. Объем аспирируемого воздуха составлял 3-6 $м^3$. Для анализа элементного состава аэрозоля использовалась атомно-эмиссионная спектроскопия. Анализ ионного состава проводился для Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} методом атомной абсорбции, а для Cl^-, NO^{3-}, SO_4^{2-} высокоэффективной жидкостной хроматографией.

В двух первых лётных кампаниях отбор проб производился на высотах 400 и 700-900 м на 12-ти участках, на которые был разбит периметр Байкала.

Хотя временной интервал между экспедициями 1991 и 1995 гг. не велик, сильный производственный спад за эти годы привёл к значительному снижению антропогенных выбросов и показатели содержания ряда химических элементов стали на порядок меньше, а для элементов смешанного происхождения (Fe, Mg, Si) кардинально изменилось соотношение антропогенного и терригенного вкладов в аэрозольный баланс региона. Тем не менее, для сохраняющих своё значение антропогенных элементов-реперов Прибайкалья (например, молибден и марганец) остаётся неизменной структура смещения пиков концентраций из верхней части пограничного слоя атмосферы котловины в нижнюю зондируемую часть ПСА по направлению отмеченной периметрической циркуляции.

В пробах атмосферного аэрозоля, отобранных в нескольких метрах от берега, а также на высотах 600-900 м над акваторией озера летом 2008 г., в наибольших концентрациях присутствуют Ca, Mg, Na и K. Элементы, которые представлены в меньших концентрациях в поверхностном микрослое воды (ПМС) акваторий курортных зон озера Байкал, в аэрозоле имеют концентрации ниже предела их определения. Ни в одной из проб в пределах чувствительности метода не было обнаружено загрязнений полиароматическими углеводородами.

Обобщенный анализ полученных проб последней серии комплексного исследования 2008 г. позволяет сделать вывод – во время проведения исследований и в атмосферном аэрозоле, и в воде озера преобладали одни и те же химические элементы, что свидетельствует о том, что атмосферный аэрозоль и ПМС воды тесно связаны между собой. Это же подтверждается и обнаруженным генетическим материалом микроорганизмов и культивируемых бактерий, обитающих в воде, и в большинстве проб аэрозоля курортных зон озера Байкал, включая высотные пробы, отобранные над акваторией озера. Таким образом, атмосферный аэрозоль курортных зон озера Байкал и ПМС их акваторий имеют сходный элементный и биологический состав.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №17-17-01095.

Axenov-Gribanov D.V.[1, 2], Protasov E.S.[1], Kostka D.V.[1], Krasnova M.E.[1], Dmitriev I.A.[1], Rzhechitsky Ya.A.[1], Lubyaga Yu.A.[1, 2], Timofeyev M.A.[1]

DIVERSITY ASSESSMENT OF ACTINOBACTERIA ASSOCIATED WITH BAIKAL ENDEMIC ALGAE

[1]Irkutsk state university, 664025 Lenin str. 3, Irkutsk
[2]Baikal Research Centre, 664003, Lenin str. 21, Irkutsk
Denis.Axengri@gmail.com

The search, synthesis and production of therapeutically active natural compounds, and primarily of substances with antibiotic properties, is the most important field of current scientific studies. Among the key reasons for the need to develop new drugs is the rapid growth of multiple resistance of microorganisms to antibiotics developed and involved into medical and veterinary practice (Willems, 2016). Excessive and incompetent use of antibiotics has led to the spread of strains of microorganisms resistant to effective and non-toxic compounds for humans and animals (Fischbach, Walsh, 2009; Manaia, 2016).

The main industrial producer of biologically active compounds is bacteria from actinobacteria group (Landwehr et al., 2016). The role of these microorganisms has been extensively studied in plant consortia (Qin et al., 2011), in the life of insects (Kroiss et al., 2010; Human et al., 2017), marine sponges (Ng et al., 2013; Zotchev et al., 2013; Selvin et al., 2016) and other organisms. However, studies aimed to isolation of cultivated actinobacteria from the endemic algae of the lake Baikal and an assessment of their biotechnological potential have not been conducted previously. The aim of the study was to assess the biodiversity and antimicrobial characteristics of cultivated strains of actinobacteria isolated from freshwater Baikal algae *Draparnaldioides baicalensis*.

During current study, 9 strains of actinobacteria were isolated from the freshwater Baikal algae *D. baicalensis*. Representatives of the widespread and dominant genus *Streptomyces* and representatives of the rare genera *Saccharopolispora*, *Nonomuraea*, *Rhodococcus* and *Micromonospora* were found. The first time actinobacteria belonged to genera *Nonomuraea* and *Saccharopolispora* were isolated from Baikal organisms. It should be noted that the actinobacteria of the genus *Nonomuraea* were first time isolated from algae. It has been established that strains associated with the Baikal algae *D. baicalensis* are active against both gram-positive and gram-negative bacteria. Number of known and new natural products was responsible for this activity. At the same time, it has been shown that the antibiotic activity of extracts consisting of a complex of natural compounds is comparable with the activity of chemically purified commercial antibiotics.

This study was carried out with partial financial support of the RSF project (17-14-01063), RFBR project (16-34-60060, 18-34-00294), projects of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation 6.9654.2017/8.9, 6.12738.2018/12.2, and the Fund supported applied ecological development and research "Lake Baikal".

Аксенов-Грибанов Д.В.[1, 2], Протасов Е.С.[1], Костка Д.В.[1], Краснова М.Е.[1], Дмитриев И.А.[1], Ржечицкий Я.А.[1], Лубяга Ю.А.[1,2], Тимофеев М.А.[1]

ОЦЕНКА РАЗНООБРАЗИЯ АКТИНОБАКТЕРИЙ, АССОЦИИРОВАННЫХ С БАЙКАЛЬСКИМИ ЭНДЕМИЧНЫМИ ВОДОРОСЛЯМИ

[1]ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», 664025 ул. Ленина 3, г. Иркутск
[2]Байкальский исследовательский центр, 664003, ул. Ленина, 21, г. Иркутск
Denis.Axengri@gmail.com

Поиск, синтез и производство терапевтически активных природных соединений, и в первую очередь веществ с антибиотическими свойствами, является важнейшим из направлений современных научных исследований. Среди ключевых причин необходимости разработки новых препаратов – стремительный рост множественной резистентности микроорганизмов к ранее разработанным и внедренным в медицинскую и ветеринарную практику антибиотикам (Willems, 2016). Чрезмерное и зачастую неправильное массовое использование антибиотиков привело к распространению штаммов микроорганизмов, резистентных к эффективным и нетоксичным для человека и животных соединениям (Fischbach, Walsh, 2009; Manaia, 2016).

Основными промышленными продуцентами биологически активных соединений выступают бактерии группы актинобактерии (Landwehr et al., 2016). Роль данных микроорганизмов широко изучена в растительных консорциумах (Qin et al., 2011), в жизнедеятельности насекомых (Kroiss et al., 2010; Human et al., 2017), морских губок (Ng et al., 2013; Zotchev et al., 2013; Selvin et al., 2016) и других организмов. Однако исследований, направленных на выделение культивируемых актинобактерий из эндемичных водорослей оз. Байкал и оценку их биотехнологического потенциала ранее не проводилось.

Целью исследования являлась оценка биоразнообразия и антимикробных характеристик штаммов актинобактерий, выделенных из пресноводной байкальской водоросли *Draparnaldioides baicalensis*.

В ходе проведенного исследования из пресноводной байкальской водоросли *D. baicalensis* нами выделено 9 штаммов актинобактерий, среди которых обнаружены представители как широко распространенного и доминирующего рода *Streptomyces*, так и представители редких родов *Saccharopolispora*, *Nonomuraea*, *Rhodococcus* и *Micromonospora*. Впервые из представителей байкальской флоры выделены актинобактерии родов *Nonomuraea* и *Saccharopolispora*. Стоит отметить, что актинобактерии рода *Nonomuraea* впервые выделены из водорослей. Также установлено, что штаммы, ассоциированные с байкальской водорослью *D. baicalensis*, активны в отношении как грамположительных, так и грамотрицательных бактерий, за что отвечают как ряд известных, так и новых природных соединений. Вместе с тем, показано, что антибиотическая активность экстрактов, состоящих из комплекса природных соединений, сопоставима с активностью химически очищенных коммерческих антибиотиков.

Настоящее исследование проведено при частичной финансовой поддержке проектов РНФ (17-14-01063), РФФИ (16-34-60060, 18-34-00294), проектов Минобрнауки РФ 6.9654.2017/8.9, 6.12738.2018/12.2, а также Фонда поддержки прикладных экологических разработок и исследований «Озеро Байкал»

Andrianova A.V.[1, 2], Yakubaylik O.E.[1, 3], Shan'ko Yu.V.[1]

FEATURES OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF BAIKAL AMPHIPODS IN THE ENISEIY RIVER AND DATA VISUALIZATION IN THE GEOINFORMATIONAL WEB-SYSTEM

[1]Institute of Computational Modeling SB RAS, 660036 Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50/44
[2]Scientific Research Institute of Ecology of Fishery Reservoirs
660097 Krasnoyarsk, ul. Parizhskoi Kommuny, 33
[3]Siberian Federal University, 660041 Krasnoyarsk, pr. Svobodnyy, 79
AndrAV@icm.krasn.ru

Nowadays, it is generally recognized that the problem of biological pollution is one of the most important global environmental problems of our time, it is also actual for the Yenisey River. Invasions of alien species in new ecosystems lead to significant changes in reservoirs – recipients, in particular, to a decrease in species diversity and the stability of aquatic ecosystems. It is known that the damming of the Yenisey caused a radical change in the hydrological, hydrochemical and hydrobiological regimes, especially in the afterbay of the Krasnoyarsk hydro-electric power station. Large-scale rearrangements have also occurred in the communities of benthic invertebrate animals – zoobenthos, which is the main food resource for most species of fish in Siberian rivers. At the same time the species diversity of bottom invertebrates has decreased significantly, but their number has increased. Quantitative characteristics of zoobenthos in the area from the dam to the Angara's estuary have greatly increased: quantity – by more than 2 times, biomass – by 5 times. The growth of indicators is determined, firstly, by the spread of endemic amphipods (crustaceans) from Lake Baikal through the Angara river upstream of the Yenisey, while their proportion in the total zoobenthos biomass increased by 10 times.

This work is devoted to the spatial dynamics of Baikal endemic amphipods in the Yenisey, which spread far beyond the Baikal not only downstream, but also upstream. The results of expedition hydrobiological studies, conducted in 2015-2016 in several zones of the Yenisey River from its head to the mouth, are presented. In the Upper Yenisey, three zones were explored: in the Republic of Tuva, lower than the Sayano-Shushensky reservoir (from the city Sayanogorsk to the city Minusinsk) and below the Krasnoyarsk reservoir to the mouth of the river Angara. In the Middle Yenisey, the area from the mouth of the river Angara to the village Surgutiha was explored, in the Lower Yenisey – from the city Dudinka to the delta, including the Brekhov Islands.

In the Yenisey we discovered several species of amphipods, but throughout the whole river there was only *Gmelinoides fasciatus* Stebb. *Philolimnogammarus viridis* Dybowsky took the second place. Only in the lower reaches and in the delta of the Yenisey the leading positions were transferred to *Pontoporeia affinis* Lindstrom – a representative of the estuary-relic complex of organisms. The number of amphipods in different zones of the Yenisey varied significantly. At the highest investigated site (the Republic of Tuva) under conditions of high flow velocity and large rocky-pebble soil, the amphipods are presented extremely poor: only *G. fasciatus* was found individually. The maximum density of the amphipods was below the Sayano-Shushensky reservoir near cities Sayanogorsk and Minusinsk (3.8 thousand ind./m^2 and 10.4 g/m^2), while their share in the zoobenthos averaged 70% of the population and 53% of the biomass. Further downstream, the number of amphipods decreased and in the Lower Yenisey fell to an average of 0.3 thousand specimens/m^2 with a biomass of 0.6 g/m^2 (13% abundance and 7% biomass of benthic fauna Baikal endemics actively populated the Upper Yenisey section below the Sayano-Shushensky hydroelectric power station, especially in the areas of massive macrophyte distribution. There is a divergence of ecological niches in *G. fasciatus* and *Ph. viridis* in the Yenisey: the dominant prefers silty sand-and-shingle biotopes with a calm speed rate; the subdominant tends to prefer stony-pebble bottom washed by a rapid current. *P. affinis* in the lower Yenisey has aclimated on silty and sandy-silty deposits. For all three studied species of amphipods, there was a tendency to increase in density in the presence of higher aquatic vegetation. Over the past 15 years, the density and proportion of crustaceans in the zoobenthos in the Angara - Podkamennaya Tunguska area have increased, especially of *G. fasciatus* – the number increased in 4 times and the biomass – in 7 times.

The results of hydrobiological studies has been designed in the form of geospatial database in the geoportal, which gives the possibility to visualize and process geodata, and gives access to it from third-party applications based on cartographic web services. At this stage of the research, information on the hydrography of the Yenisey River basin was updated. On the basis of the data from the geoportal, prepared in accordance with the State Water Cadastre, geo-referencing of the hydrobiological monitoring observation points to kilometer points along the fairway of the Yenisey River was carried out ("coordinate system of the river"); the use of such a coordinate system makes it possible to evaluate various parameters along the course of a river. Also, a set of specialized layers of geospatial data was formed. Creation of a geospatial database with the results of expeditionary work and the introduction of a geoinformational web system for information and analytical support of hydrobiological monitoring greatly expands opportunities in the analysis and representation of geodata, forms the basis for interdisciplinary research.

Андрианова А.В.[1, 2], Якубайлик О.Э.[1, 3], Шанько Ю.В.[1]

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД В Р. ЕНИСЕЙ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ ВЕБ-СИСТЕМЕ

[1]Институт вычислительного моделирования СО РАН, 660036 Красноярск, Академгородок, 50/44
[2]НИИ Экологии рыбохозяйственных водоемов, 660097 Красноярск, ул. Парижской Коммуны, 33
[3]Сибирский Федеральный университет, 660041 Красноярск, пр. Свободный, 79
AndrAV@icm.krasn.ru

В настоящее время общепризнано, что проблема биологического загрязнения – одна из острейших глобальных экологических проблем современности, в том числе и для р. Енисей. Инвазии чужеродных видов в новые экосистемы приводят к значительным изменениям в водоемах – реципиентах, в частности, к снижению видового разнообразия и устойчивости водных экосистем. Известно, что зарегулирование Енисея вызвало коренное изменение гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов, особенно в нижнем бьефе Красноярской ГЭС. Масштабные перестройки произошли и в сообществах донных беспозвоночных животных – зообентосе, который является основным кормовым ресурсом для большинства видов рыб в сибирских реках. При этом существенно снизилось видовое разнообразие донных беспозвоночных, но их количество увеличилось. Количественные характеристики зообентоса на участке от плотины Красноярской ГЭС до устья Ангары существенно возросли: численность увеличилась более чем в 2 раза, биомасса – в 5 раз. Рост показателей обусловлен, прежде всего, распространением эндемичных амфипод (ракообразные) из оз. Байкал через р. Ангару вверх по течению Енисея, при этом их доля в общей биомассе зообентоса увеличилась в 10 раз.

Данная работа посвящена пространственной динамике байкальских эндемичных амфипод в Енисее, которые распространились далеко за пределы Байкала не только вниз, но и вверх по течению. Представлены результаты экспедиционных гидробиологических исследований, проведенных в 2015–2016 гг. в нескольких зонах Енисея от истока до устья. В Верхнем Енисее исследовали 3 зоны: в рес-

публике Тыва, ниже Саяно-Шушенского вдхр. (от г. Саяногорска до г. Минусинска) и ниже Красноярского вдхр. до устья р. Ангары. В Среднем Енисее исследовали участок от устья р. Ангары до пос. Сургутиха, в Нижнем Енисее – от г. Дудинка до дельты, включая Бреховские острова.

В Енисее нами обнаружено несколько видов амфипод, но на всем протяжении реки встречался и доминировал лишь *Gmelinoides fasciatus* Stebb. Второе место занял *Philolimnogammarus viridis* Dybowsky. Лишь в низовье и дельте Енисея лидирующие позиции перешли к *Pontoporeia affinis* Lindstrom – представителю эстуарно-реликтового комплекса организмов. Количество амфипод в различных зонах Енисея существенно варьировало. На самом верхнем исследованном участке (республика Тыва) в условиях высокой скорости течения и крупного каменисто-галечного грунта амфиподы представлены крайне бедно: единично встречался лишь *G. fasciatus*. Наибольшей плотности амфиподы достигали ниже Саяно-Шушенского водохранилища в районе городов Саяногорск и Минусинск (3.8 тыс. экз./м^2 и 10.4 г/м^2), при этом их доля в зообентосе в среднем составила 70 % численности и 53 % биомассы. Далее по течению количество амфипод снижалось и в Нижнем Енисее упало в среднем до 0.3 тыс. экз./м^2 при биомассе 0.6 г/м^2 (13 % численности и 7 % биомассы донной фауны). Байкальские эндемики активно заселили участок Верхнего Енисея ниже Саяно-Шушенского вдхр., особенно в зонах массового распространения макрофитов. Наблюдается дивергенция экологических ниш у *G. fasciatus* и *Ph. viridis* в Енисее: доминант предпочитает заиленные песчано-галечные биотопы со спокойным скоростным режимом; субдоминант склонен к каменисто-галечным грунтам, омываемым быстрым течением. *P. affinis* в низовье Енисея освоила илистые и песчано-илистые отложения. Для всех трех исследованных видов амфипод отмечена тенденция к увеличению плотности в присутствии высшей водной растительности. За последние 15 лет возросла плотность и доля рачков в зообентосе на участке Ангара – Подкаменная Тунгуска, особенно *G. fasciatus* – в 4 раза численность и в 7 раз биомасса.

Результаты гидробиологического мониторинга оформлены в виде геопространственной базы данных на геопортале, который предоставляет средства для визуализации и обработки геоданных, доступа к ним из сторонних прикладных программ на основе картографических веб-сервисов. На данном этапе исследований была актуализирована информация по гидрографии бассейна р. Енисей. На основе данных геопортала, подготовленных согласно сведениям Государственного водного кадастра, была выполнена геопривязка точек наблюдений гидробиологического мониторинга к километровым отметкам вдоль фарватера р. Енисей («система координат реки»); использование такой системы координат дает возможность оценки различных параметров по течению реки. Был также сформирован набор специализированных слоев геопространственных данных. Создание геопространственной базы данных с результатами экспедиционных исследований и внедрение геоинформационной веб-системы для информационно-аналитического обеспечения гидробиологического мониторинга значительно расширяет возможности в анализе и представлении геоданных, формирует основу междисциплинарных исследований.

Anikienko I.V., Ryadinskaya N.I., Iljina O.P.

ANATOMICAL PECULIARITIES OF BRUSH ARTERIUM ARCHERY ARCTICS OF BAIKAL SEAL

Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky; Molodejnii village, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038
babushcinai@mail.ru

The article describes the features of the location and divergence of the vessels from the arch of the aorta. The arch aortic of Baikal seal has an ampoule extension, and the carotid arteries separate branches from the brachiocephalic artery and left subclavian artery, the carotid artery departs directly from the aortic arch in some cases.

Аникиенко И.В., Рядинская Н.И., Ильина О.П.

АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕТВЛЕНИЯ АРТЕРИЙ ДУГИ АОРТЫ БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»; 664038, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, 1/1
babushcinai@mail.ru

Изучению морфологии сосудистой системы у ластоногих посвящено достаточное количество работ, однако касается это, прежде всего, кольчатой и каспийской нерп, в то же время данные о топографии и анатомии артерий байкальской нерпы неполны и отрывочны. Кроме того, условия обитания байкальской нерпы значительно отличаются от ее ближайших родственников (большая глубина озера Байкал, длительность периода холодов и ледяного покрова озера, особенности распределения продовольственных ресурсов), способствуя формированию различий в строении органов и систем органов.

Объектом нашего исследования явилась байкальская нерпа, добытая в Кабанском районе Республики Бурятия в рамках Программы НИР, утвержденной в Росрыболовстве РФ. Исследования проводились на базе кафедры анатомии, физиологии и микробиологии Иркутского государственного аг-

рарного университета им. А.А. Ежевского. Для изучения топографии и морфометрии артерий применяли препарирование, а также препараты с предварительной инъекцией монтажной пеной “Макрофлекс” и противопожарной пеной “Invamat” через брюшную аорту. Для получения морфометрических показателей артериальные сосуды измеряли с помощью сантиметровой ленты, транспортира и штангенциркуля.

Основной артериальной магистралью является аорта. При выходе из сердца аорта образует дугу, которая на уровне 7-го шейного позвонка переходит в грудную, брюшную аорту и следует вдоль позвоночного столба. Дуга аорты имеет ампулообразное расширение, диаметр которого в самой широкой части у исследуемых животных составлял в среднем 4,53±0,2 см, в самой узкой 1,68±0,14 см, по данным литературы аналогичное расширение аорты имеется у кольчатой нерпы (Hrvoje Smodlaka, 2004). Протяженность дуги аорты составила 20,40±1,32 см. Порядок отхождения сосудов от дуги аорты схематично представлен на рисунке.

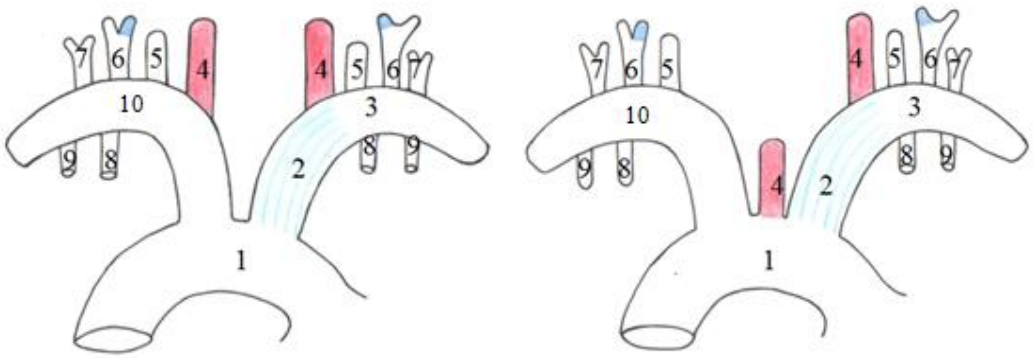


Схема вариантов ветвления артерий дуги аорты байкальской нерпы: 1 – дуга аорты; 2 – плечеголовная артерия; 3 – правая подключичная артерия; 4 – сонная артерии; 5 – позвоночная артерия; 6 – реберно-шейный ствол (разветвляется на глубокую и поверхностную шейные артерии); 7 - плечешейный ствол; 8 – внутренняя грудная артерия; 9 – наружная грудная артерия; 10 – левая подключичная артерия

От дуги аорты отходит плечеголовная артерия под углом 85°±2,89°, диаметр которой в месте отхождения от аорты составил 1,55±0,13 см. От плечеголовной артерии отходит правая сонная артерия (диаметр (d) в месте отхождения 0,72±0,11 см). Далее плечеголовная артерия переходит в правую подключичную артерию, диаметр которой 0,97±0,22 см. От правой подключичной артерии в каудальном направлении отходит внутренняя грудная артерия (d 0,7±0,05 см) и наружная грудная артерия (d 0,1±0,01 см), в краниальном направлении позвоночная артерия (d 0,6±0,01 см).

У исследуемых животных было отмечено два варианта отхождения левой сонной артерии: в первом случае (10%) сонная артерия отходит от левой подключичной артерии, во втором (90%) – непосредственно от дуги аорты, ее диаметр составил 0,93±0,09 см.

Затем от левой подключичной артерии (d 1,23±0,17 см) отходит позвоночная артерия (d 0,6±0,01 см), реберношейный ствол, плечешейный ствол, а также внутренняя грудная артерия, наружная грудная артерия.

Таким образом, у байкальской нерпы в архитектонике артерий дуги аорты имеются анатомические особенности, выраженные: в ампулообразном расширении дуги аорты, в отхождении отдельными ветвями от плечеголовной артерии и левой подключичной артерии сонных артерий, вариабельности отхождения левой сонной артерии (от дуги аорты и от левой подключичной артерии), что возможно связано с глубоководным погружением.

Anoshko P.N., Makarov M.M., Kirilchik S.V., Smolin I.N., Dzyuba E.V.

RESEARCH PERSPECTIVES OF WINTER DISTRIBUTION OF BAIKAL OMUL AND MONITORING OF ITS RESERVES

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
apn000@mail.ru

We investigated for the first time distribution of Baikal omul *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) in winter using two methods: hydroacoustics and method of quantitative DNA analysis of the habitats. The survey was performed from the ice in March 2018 (5 points) at the cross-section Listvyanka-Tankhoy using an eco-sounder Furuno FCV1100 with an antenna of one-beam type. Samples for DNA analysis of the habitats were synchronously collected.

The data on distribution of Baikal omul were compared with the gradients of DNA concentration of the habitats. The results obtained showed that in the long term both approaches can significantly enrich knowledge on the structure of omul stocks and can be used for monitoring of fish reserves and forecast of their changes.

Аношко П.Н., Макаров М.М., Кирильчик С.В., Смолин И.Н., Дзюба Е.В.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ ЗИМНЕГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЕГО ЗАПАСОВ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
apn000@mail.ru

Впервые исследование распределения байкальского омуля *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) в зимний период проведено с использованием двух методов: гидроакустического и метода количественного анализа ДНК окружающей среды. Работы проводились со льда в марте 2018 г. по разрезу пос. Листвянка – пос. Танхой в 5 точках с применением эхолота Furuno FCV1100 с антеннами типа «один луч». Параметры эхолота: длительность зондирующего импульса 3 мс, частота зондирования 2 Гц. Низкочастотная антенна 28 кГц с диаграммой направленности 24°, высокочастотная антенна 200 кГц – 12°. Синхронно был проведен отбор проб на анализ ДНК окружающей среды.

Характер акустической записи во всех точках был сходен. Омуль распределялся на глубинах от 50 до 350 м. Единовременно в конусе луча эхолота регистрировалось 0-10 целей в среднем 3.3, исключая неразрешимые скопления. На глубинах 200-350 м не были зарегистрированы плотные агрегации, единичные цели не проявляли активности в части вертикальных перемещений. Плотные скопления зарегистрированы в зоне подводного склона на глубинах 50-200 м. В этой зоне была отмечена активность как отдельных особей, совершавших вертикальные перемещения на 13-15 м вверх за 2-3 мин, так и спуск скоплений рыб с глубин 80-115 к 125-175 м с 6:20 по 7:00 часов, т.е. скорость их миграции составляла около 50 м за 40 мин. Размерный состав объектов, зарегистрированных обоими лучами, был восстановлен из значений силы обратного акустического рассеяния. Омуль представлен особями длиной 22-42 см, с двумя модами 27-28 и 32-34 см. Анализ ДНК окружающей среды позволил сопоставить ее концентрацию с особенностями батиметрического распределения рыб, а также получить ориентировочные данные об уровне генетического полиморфизма омуля в исследованных точках.

Характерные особенности сезонной динамики скоплений байкальского омуля относительно хорошо изучены. Несмотря на то, что на этих знаниях должен основываться промысел, исследования состояния запасов байкальского омуля не позволили сформулировать условия их рациональной эксплуатации, что привело к необходимости введения в 2017 г. ограничений на промышленный и любительский лов. В настоящее время нет достоверных оценок состояния запасов этого промыслового вида. Гидроакустический метод оценки запасов является одним из наиболее перспективных. В связи с этим важной задачей является его дальнейшее совершенствование. Омуль может служить объектом разработки фундаментальных подходов гидроакустических ресурсных исследований. С одной стороны особенности распределения рыб позволяют отделить омуля от других видов прибрежного комплекса, с другой – омуль значительно отличается силой обратного акустического рассеяния от обитающих в Байкале пелагических беспузырных керчаковых видов.

Известно, что основная часть омулевого стада в зимний период обитает в склоновой зоне (преимущественно до глубин 350 м) прилегающей к основным рыбопромысловым районам: дельтам и устьям нерестовых рек. Ранее по данным гидроакустических съемок было отмечено различие в батиметрическом распределении популяций, обусловленное их морфо-экологической дифференциацией (Гидроакустический учет…, 2009). Эти особенности могут определять различный уровень генетического полиморфизма, установленный на основании анализа ДНК окружающей среды.

Проблемой точности определения численности байкальского омуля является мозаичность распределения и динамичность его скоплений в рыбопромысловых районах. Изучение особенностей формирования части популяции, обитающей в открытых водах, в т.ч. размерно-возрастной структуры и генетического полиморфизма, позволит разработать эффективные методы мониторинга запасов и прогнозов их изменения.

Работа выполнена в рамках тем: 0345-2016-0002 «Молекулярная экология и эволюция живых систем Центральной Азии в условиях глобальных экологических изменений» и 0345-2016-0006 «Палео- и современные изменения озерных систем и ландшафтов Восточной Сибири».

Antokhina O.Yu.[1], Antokhin P.N.[1], Devyatova E.V.[2], Mordvinov V.[I.2]

SCENARIOS OF BLOCKING EVENTS DEVELOPMENT OVER EURASIA AND ANALYSIS OF THEIR EFFECT ON TOTAL AMOUNT OF PRECIPITATION IN THE SELENGA RIVER BASIN

[1]E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 634055, Tomsk, Academician Zuev sq. 1
[2]Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, 664033, Irkutsk, Lermontov Street, 126a antokhina@iao.ru

The long low-water period in the basin of Lake Baikal started in 1996 and continues till now. The main reason for the decline in water content is the decrease of inflow of the key tributary of Lake Baikal – the Selenga River. One of the main causes of the low water period in the Selenga basin is the decrease in summer precipitation from 1996, mainly in July. Midsummer precipitations in the Selenga basin related with the frontal system of the East Asian summer monsoon. The monsoon intensity has decreased over recent decades. As the monsoon has cyclonic origin over the northern part of Eastern Asia the reason for monsoon decreasing perhaps is the frontal system weakening. That is a factor obstructing the penetration monsoonal air masses to the Selenga basin. The atmospheric blocking events are the possible mechanism responsible for the frontal system formation. At the moment, there are facts confirming the existence of a relation between precipitations over the Selenga basin and Eurasian blocking events frequency. In this work we present a catalog of the types (schemes, scenarios) of blocking event development over different parts of Eurasia from 1979 to

2017. We also analyze the relation of these types to precipitation anomalies over the Selenga basin. The scenario can be the single blocking development, the simultaneous or sequential development of two or more blocking, the displacement of the blocking to a adjacent region (characterized by other relation with precipitation anomalies over the Selenga basin). We have identified six main types (scenarios).

Антохина О.Ю.[1], Антохин П.Н.[1], Девятова Е.В.[2], Мордвинов В.И.[2]

ТИПИЗАЦИЯ БЛОКИРУЮЩИХ СОБЫТИЙ НАД ЕВРАЗИЕЙ И АНАЛИЗ ИХ ВЛИЯНИЯ НА СУММАРНОЕ КОЛИЧЕСТВО ОСАДКОВ В БАССЕЙНЕ Р. СЕЛЕНГИ В ИЮЛЕ

[1]Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, 634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1
[2]Институт солнечно-земной физики СО РАН, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 126а, а/я 291
antokhina@iao.ru

В бассейне озера Байкал с 1996 года наблюдается затяжное маловодье, основной причиной которого является низкий приток реки Селенги. Селенга имеет преимущественно летнее питание. Снижение притока в основном обусловлено снижением количества осадков, выпадающих в июле. Осадки, выпадающие в бассейне в середине лета, связаны с активностью фронта летнего муссона Восточной Азии, которая в последние десятилетия снижается. Так как природа этого муссона в северных районах Восточной Азии является циклонической, предполагается, что причиной его ослабления может быть уменьшение интенсивности фронтальной системы, способствующей продвижению муссонной влаги к бассейну Селенги. Одним из возможных механизмов формирования этой фронтальной системы являются атмосферные блокинги. На данный момент известны факты, подтверждающие существование связи между режимом осадков в бассейне Селенги и повторяемостью событий блокирования в различных регионах Евразии. В данной работе мы представляем каталог основных типов (схем) развития событий блокирования в июле над Евразией с 1979 по 2017 гг. и анализируем их влияние на количество осадков в бассейне Селенги. Выделенные схемы могут представлять собой развитие одиночного блокинга над определенным регионом Евразии, одновременное или последовательное развитие двух или более блокингов в разных частях Евразии, смещение блокинга в соседний регион с иным типом связи с осадками над Селенгой. Всего выделено шесть основных типов (схем).

Aslamov I.A.[1], Kirillin G.[2], Kozlov V.V.[3], Zdorovennov R.E.[4], Granin N.G.[1]

THE RESULTS OF THE HEAT FLUX STUDIES AT THE WATER-ICE BOUNDARY LAYER OF LAKE BAIKAL

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB), Berlin, Germany
[3]Institute for System Dynamics and Control Theory SB RAS, Irkutsk, Russia
[4]Northern Water Problems Institute, KarRC RAS, Petrozavodsk, Karelia
ilya_aslamov@bk.ru

Seasonal formation of ice cover is an essential feature of polar seas and surface waters. The demand on a better quantitative description of the formation, evolution, and decay of the seasonal ice, as a function of external forcing, has grown recently because of large-scale trends to shortening of the ice season and decrease of the arctic sea ice extent. Closure of the global mass budget of the arctic seasonal ice is a complex problem, related, apart from the atmospheric and terrestrial heat sources, to the heat upward heat transport stored in the Arctic Ocean. An important role in the upward heat transport is played by the storage of the solar radiation in the under-ice water and the advective transport by the under-ice currents. Lake Baikal is the lake most closely resembling the Arctic Ocean with regard to the seasonal ice dynamics. Among other great lakes of the world Lake Baikal reveals the longest ice-covered period and the most steady ice cover, occupying the entire lake for 3-5 months of the year.

Ice cover on polar and temperate lakes creates seasonally developing boundary layer at the ice base with specific features: fixed temperature at the solid boundary and stable density stratification beneath. Turbulent transport in the boundary layer determine the ice growth and melting conditions at the ice-water interface, especially in large lakes and marginal seas, where large-scale water circulation can produce highly variable mixing conditions. Since the boundary mixing under ice is difficult to measure, existing models of ice cover dynamics usually neglect or parameterize it in a very simplistic form. We present first detailed observations on mixing under ice of Lake Baikal, obtained with the help of advanced acoustic methods.

In order to reveal the major factors governing the ice-water heat flux in lakes, we analyze the outcomes from a field campaign held on Lake Baikal. Two autonomous stations were installed in the vicinity of a quasi-stationary longshore current in January-March 2017. Station 1 was installed 4.5 km from the lake shore at the point with maximum speeds of the under-ice currents and station 2 was located 3.5 km to the north from station 2. Each station registered temperature at 30 vertical levels distributed within the ice cover, the water boundary layer, and the air above the ice. Three sensors of the short-wave solar radiation registered the vertical radiation decay within the air-ice-water system. Ice thickness was registered by a 330-kHz echo-sounder, deployed upward-looking at a fixed distance from the ice surface. Two-dimensional electromagnetic current meters "INFINITY-EM" ("JFE Advantech Co., Ltd.") were used to measure the current velocities (velocity range ± 5 m/s, resolution 0.02 cm/s, accuracy ± 1 cm/s). The current meters were positioned at a distance of 1 m from the surface of the ice cover. Four additional current meters were deployed at Station 1 at distances 0.6, 0.8 and 1.4 m from the ice surface.

Detailed characteristics of turbulent mixing in the under-ice boundary layer were obtained with the help of the high-resolution Doppler flow rate meter HR Aquadopp (Nortek AS, Norway). The profiler was deployed for 48 hours successively at each of the two stations. The values of short-period fluctuations of the flow velocity were used to calculate dissipation rate of the kinetic energy of turbulence (TKE) based on the Kolmogorov's hypothesis on the self-similarity of the velocity structure functions. In addition, the detailed profiles of mean currents, obtained with a time interval of 2 s and a spatial resolution of 15 mm, served to verify long-term point measurements by electromagnetic recorders, demonstrating good agreement.

The dissipation rate of the turbulent kinetic energy (TKE) was derived from spectra of velocity fluctuations at a single point under ice, and from correlations (structure functions) of current velocities along vertical profiles in the boundary layer. The range of the dissipation rate variability covered 2 orders of magnitude (10^{-9} - 10^{-7} W/kg). Intensity of mixing was closely connected to mean speeds of the under-ice currents, the latter being of geostrophic origin and having lake-wide scales. Turbulence directly affected heat flux at the ice-water interface and, by this, the ice growth and melting rate. To quantify these effects, we develop a parameterization of the water-ice heat flux based on the Kolmogorov microscale involving the dissipation rate of TKE. The parameterization describes well the thickness of the viscous sub-layer at the ice base, and the conductive heat flux across it, determined from the fine-scale temperature measurements in the boundary layer. The thickness of the viscous sublayer was 1-2 mm, with a temperature drop of about 0.07 K. Heat flux from water to ice calculated from parameterization varied from 5 to 40 W/m^2 with time and agreed well with alternative estimates from the heat balance and from the numerical model. The parameterization can be implemented in coupled lake-ice models, which typically use TKE dissipation rate as a prognostic variable.

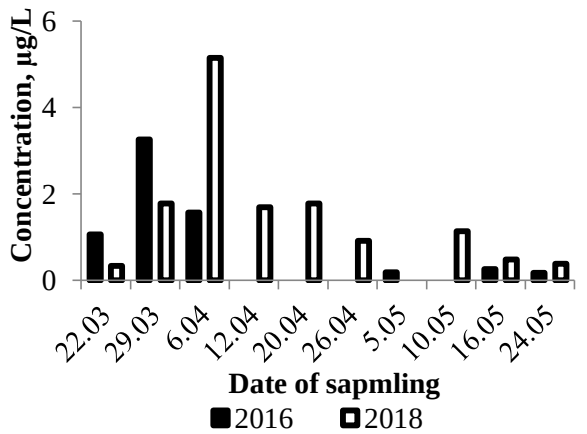
This study is part of the joint Russian-German project ‘IceBound’ funded by the German Research Foundation (DFG KI-853/11-1) and by the Russian Foundation for Basic Research (15-55-12378 NNIO_a). Field work was carried out under state assignment No 0345–2016–0008.

Babenko T.A., Shishlyannikov S.M., Gorshkov A.G.

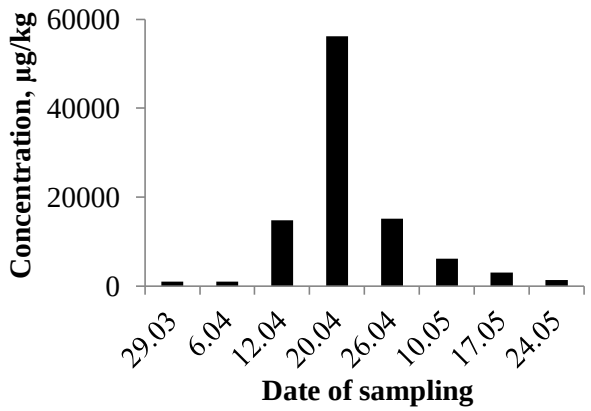
PHYTOPLANKTON AS A BIOGENIC SOURCE OF DI-(2-ETHYLHEXYL) PHTHALATE IN THE WATER ECOSYSTEM OF THE LAKE BAIKAL

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
krom_07@lin.irk.ru

Diesters of o-phthalic acid (phthalates) – products of organic synthesis being used as plasticizers of plastics, which volume of production reaches 5-6 million tons per year. Phthalates are not chemically bonded in polymer matrix, so they easily transfer to environment during the plastic products life cycle. Phthalates have a toxic effect, they are included in the persistent organic pollutants (POPs) and found in all environmental objects. Their presence in aquatic ecosystems is associated with anthropogenic sources. According to monitoring of POPs in the waters of Lake Baikal pelagic and its coastal zone are characterized with high distribution heterogeneity and temporal variations of phthalate content. In particular, sharp fluctuations of the concentration of di-(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) during the spring period (March-May, 2016 and 2018) were noted in the water of the Listvennichnyi gulf and the maximum concentrations of DEHP were recorded in water samples collected in the period of preservation of the ice cover on the lake and the growth of planktonic algae in the water. The content of DEHP in plankton samples collected simultaneously with water samples reached 1000-56000 μg / kg (dry weight). Under the conditions of the model experiment in biomass S. Acus subsp. radians, the dominant species of Baikal phytoplankton, was detected by DEHP at a concentration level of 5600 μg / kg (dry mass). Based on the results of field and laboratory studies, an assumption has been made about the effect of biological cycles of phytoplankton development on the spatial and temporal variability of the content of DEHP in Baikal waters, as a biogenic phthalate source in the lake ecosystem.



The content of DEHP in the water of the coastal zone of the Listvennichnyi



The content of DEHP in plankton (dry weight) of the coastal zone of the Listvennichnyi

The authors are sincerely grateful to the staff of the LIN SB RAS V.A. Obolkin, T.A. Shishlyannikova for sampling water and plankton in the coastal zone of Listvyanka.

The research was carried out within the framework of the state task of the FAO Russia (project No. 0345-2016-0008, state registration No. AAAA-A16-116122110065-4) on the equipment of the Limnological Institute SB RAS.

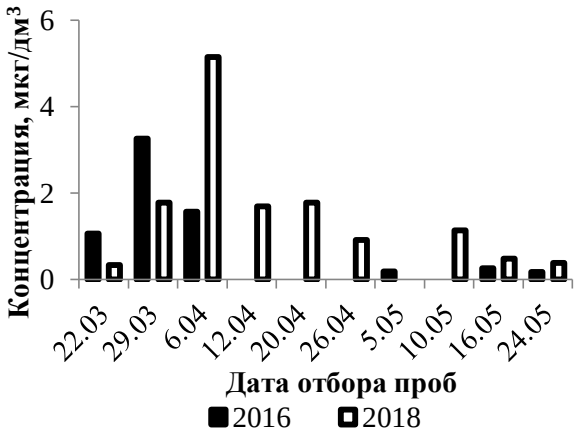
Бабенко Т.А., Шишлянников С.М., Горшков А.Г.

ФИТОПЛАНКТОН КАК БИОГЕННЫЙ ИСТОЧНИК ДИ-(2-ЭТИЛГЕКСИЛ) ФТАЛАТА В ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

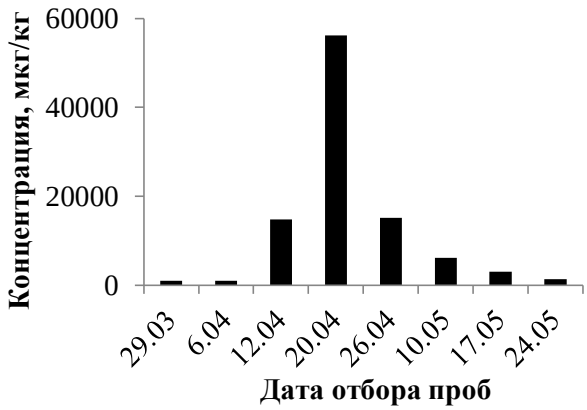
Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
krom_07@lin.irk.ru

Диэфиры *о*-фталевой кислоты (фталаты) – продукты органического синтеза, используемые в качестве пластификаторов пластмасс, объем производства которых достигает 5-6 млн. тонн в год. В полимерной матрице фталаты не связаны химически, поэтому легко переходят в окружающую среду при эксплуатации и утилизации изделий из пластмассы. Фталаты обладают токсическим действием, внесены в число стойких органических загрязняющих веществ (СОЗ), обнаружены во всех объектах окружающей среды и их присутствие в водных экосистемах связывают с поступлением из антропогенных источников.

По данным мониторинга СОЗ в водах Байкала установлено, что пелагиаль и его прибрежная зона характеризуются высокой неоднородностью распределения и временной изменчивостью содержания фталатов. В частности, в воде залива Лиственничный в течение весеннего периода (март-май, 2016 и 2018 гг.) отмечены резкие колебания концентрации ди-(2-этилгексил)фталата (ДЭГФ), причем максимальные концентрации ДЭГФ были зарегистрированы в пробах воды, собранных в период сохранения ледяного покрова на озере и развития в воде планктонных водорослей. В образцах планктона, собранного одновременно с пробами воды, содержание ДЭГФ достигало 1000-56000 мкг/кг (сухой массы). В условиях модельного эксперимента в биомассе *S. acus* subsp. *radians*, доминирующего вида байкальского фитопланктона, обнаружен ДЭГФ на уровне концентраций 5600 мкг/кг (сухой массы). На основании результатов полевых и лабораторных исследований сделано предположение о влиянии биологических циклов развития фитопланктона на пространственную и временную изменчивость содержания ДЭГФ в водах Байкала, как биогенного источника фталата в экосистеме озера.



Содержание ДЭГФ в воде прибрежной зоны залива Лиственничный



Содержание ДЭГФ в планктоне (сухой вес) прибрежной зоны залива Лиственничный

Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам ЛИН СО РАН В.А. Оболкину, Т.А. Шишлянниковой за отбор проб воды и планктона в прибрежной зоне п. Листвянка.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ФАНО России (проект № 0345–2016–0008, № гос. рег. АААА-А16-116122110065-4) на оборудовании приборного центра коллективного пользования физико-химического ультрамикроанализа ФГБУН Лимнологический институт СО РАН.

Baigal-Amar T.[1], Ayushsuren Ch.[2], Khishigjagal M.[1], Oyuntuya Sh.[1], Ariunsuren P.[1], Tumenbayar P.[1], Dambadarjaa N.[1], Enkhtur A.[1], Buyanbaatar A.[1]

ECOSYSTEM RESEARCH ON A DRYING LAKE IN KHUVSGUL MONGOLIA

[1]School of Agroecology, Mongolian University of Life Sciences
[2]Laboratory of Hydrobiology, Institute of General and Experimental Biology, MAS
a buyanbaatar@muls.edu.mn

A number of lakes throughout the world are drying or completely dry due to over or improper use and climate change. Mongolia's geographical location, extreme climate, fragile ecosystems, agricultural dependence on climate requires adaptation to global climate change and smart usage of natural resources. In the 1940s in Mongolia, there were 4296 lakes and ponds with area of more than 0.003 km^2, and their total area was 15514.7 km^2. The water level of most lakes in Mongolia had been steadily increasing from mid-1960s to 1995 and declining from 1996 to 2016. According

to the 2015 year Landsat data, 3464 lakes, ponds were counted and their total area was 14312.6 km^2 and 832 lakes have dried up and the area has decreased by 1202.1 km^2 or 7.8%. One of the drying lakes is named Duruutsagaan, which locates in north central Mongolia (N49°, 02'08", E101°12'15"). The drying and degradation of the lake is related to global warming, and on the other hand, environmental degradation and exploitation. Therefore, it is essential to study each compartments in and near lake ecosystem in define causes of degradation and drying.

The purpose of this study is to determine current condition by each ecosystem compartment in and around the Lake Duruutsagaan and define cause of the lake water degradation and drying. The Lake Duruutsagaan ecosystem study was carried out in the following natural elements, climate, hydrology, hydrobiology, forest, soil, pasture, plant species composion, and animals

Climate: The average annual air temperature in the region from 1940 to 2016 has increased, and annual precipitation decreased due to seasonal pattern of precipitation and a slight increase in winter precipitation.

Hydrology: The lake area was 9.6 km^2 in 1986 and increased in 1996 and 2000 until 11.4 km^2. Since 2000, the lake area is decreased steadily, reaching 7.9 km^2 as July 2017. The water calcium and potassium content (and) is very high decreased and water quality was deteriorated. The major cations content (98 mg Ca/L, 45 mg Mg/L, 3454 мg Na/L and 33.5mg K/L) in the lake water is high and according to the Mongolian lake categorisation it is classified into large, permanent, highly mineralized and saline lakes.

Hydrobiology: Species diversity in this lake is limited and only few species of crustaceans that can tolerate high salinity and pollution are present. As well as biomass of pollution indicator is high. According to the concentration of phosphorus and chlorophyll a in Duruutsagaan lake, it is considered as an eutrophic lake.

Forest: As a result of climate warming and grazing in the research area, annual growth rate of forest tree stems decreased and natural regeneration has stopped.

Soil: The study shows that the surface texture deficiency of the soil surface is high, so it may be possible to fill lake's bottom capillary pores. In addition, only less than 10% of total mass of the biofilm on stones of the lake bottom is organic and more than 90% is inorganic compounds, indicates the erosion of the lake shore is high.

Plants: Of the estimated 21825.07 hectares areas around Duruutsagaan Lake, 36.7% is rocky land, 30.7% is pastureland with grasses, 13.3% is marsh pasture, no pasture with shrubs, 31.7% is forests, 1.1% is salt-marsh, and 3.8% is lake area. There are 20 different types of pasture and 120 species of pasture plants, 79 species of medicinal plants, and 5.7% of all plants are endemic species in Mongolia, which require plant protection program in this area.

Pasture: The pasture carrying capacity around the Duruutsagaa Lake is 2.5 times higher, off all area 7.04% is strongly and 80.95% is moderately degraded and only forest edge (12.03%) and in the forests is pasturable. Therefore due to overgrazing the bare ground is supporting evaporation and negative impacts on lake water.

Animal: The concentration of humans has increased dramatically, reducing red deer and roe deer pedigree from the area. The number of small animals, squirrels, mice and rodents is increasing because the plants are degraded. This is an indication of the degradation of the environment around the lake.

Balin Yu.S., Klemashova M.G., Kokhanenko G.P., Nasonov S.V., Novoselov M.M., Penner I.E.

LIDAR STUDIES OF FORMATION OF VERTICAL STRUCTURE OF TROPOSPHERIC AEROSOL FIELDS OVER LAKE BAIKAL IN BACKGROUND CONDITIONS AND DURING FOREST FIRES

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 1, Academician Zuev square, Tomsk 634055, Russia
nsvtsk@gmail.com

Lake Baikal is one of the most valuable natural complex of Siberia. The problems related to preservation of this natural object are of universal importance. A special role in research and protection of the Baikal environment is played by studies of atmospheric aerosol fields (Balin et al., 2007). The aerosol is one of the most important component of the atmosphere, which influences its optic status and thus the Earth's radiation budget and climate. The aerosol formation depends on regional factors, such as topography, vegetation and so on. Hence, it is of prime importance to perform such studies in diverse geographical regions in order to find and determine regularities of its vertical and spatial distribution. Besides, the atmosphere can highly polluted with aerosol admixtures coming both from natural disasters such as forest fires, volcano eruptions, sand storms and from industrial one such as emergency emissions during chemical and radiation accidents.

Here we show features of vertical structure of the aerosol in the mountain depression of Lake Baikal both under natural (background) conditions and in the presence of local and remote sources of smoke such as forest fires. The experiments were done in the summertime in the test ground Boyarski (51.84° N, 106.06° E) on the southeastern shore of Baikal.

The remote lidar techniques that allow monitoring of large areas without sampling are the most effective tool for rapid detection and identification of atmospheric aerosol fields. During the experiments, we used a lidar "LOZA-M2" equipped with two-wave (λ_1=1064 nm and λ_2=532 nm) laser (Balin et al., 2011). Detection of elastic backscattered radiation was done in analogue mode at a shifted wavelength λ_3=607 nm of spontaneous Raman scattering in photon-counting mode. As the measurements are performed for almost 24 h, there is an opportunity to study a day and night time-space dynamics of vertical distribution of the aerosol as well as its transformation at a shift of the air masses.

The typical vertical structure of aerosol fields over Baikal in the summertime is induced by some specific features of air circulation in the mountain depression and represents a stable vertical distribution by aerosol strata (Balin, Ershov, 2000). A large quantity of smoke aerosol originating for local and remote forest fires characterized the field works of 2013 and 2015. We found that the time-space structure of the smoke aerosol fields significantly

differed depending on proximity of the forest fires to the coastal area of the lake. A fine fraction of aerosol prevailed in 2013 when forest fires in Yakutia were a remote source of smoke aerosol. In 2015, a coarse fraction predominated. Its source was a forest fire at the opposite shore of the lake, ca. 60 km from the test ground.

The work is financially supported by the RFBR #17-29-05044_ofi.

Балин Ю.С., Клемашева М.Г., Коханенко Г.П., Насонов С.В., Новоселов М.М., Пеннер И.Э.

ЛИДАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АЭРОЗОЛЬНЫХ ПОЛЕЙ ТРОПОСФЕРЫ НАД ОЗЕРОМ БАЙКАЛ В ФОНОВЫХ УСЛОВИЯХ И В ПЕРИОД ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Россия, г. Томск, площадь Академика Зуева, 1
nsvtsk@gmail.com

Озеро Байкал является одним из наиболее ценных природных комплексов Сибири. Вопросы, связанные с охраной природы этого объекта, имеют общемировое значение. Особое место в изучении и охране окружающей среды акватории оз. Байкал занимают исследования аэрозольных полей атмосферы (Балин и др., 2007). Аэрозоль является одним из наиболее важных составляющих атмосферы, играя значимую роль в изменении ее оптического состояния, что в свою очередь оказывает влияние на радиационный баланс и, соответственно, на климат Земли. Влияние на формирование аэрозоля оказывают региональные факторы – рельеф местности, растительный покров и т.д. В этой связи, особенно важно проводить такие исследования в разных географических регионах, для определения его высотного и пространственного распределения и выявления закономерностей. Кроме того, повышенное загрязнение аэрозольными примесями атмосферы может быть вызвано как чрезвычайными ситуациями природного характера, к которым относятся лесные пожары, извержения вулканов, песчаные бури, так и техногенного – промышленные выбросы, аварии на химически и радиационно опасных объектах.

В работе показаны особенности вертикальной структуры аэрозоля в горной котловине озера Байкал, как в естественных (фоновых) условиях, так и при наличии источников дымов, как от удаленных, так и локальных, находящихся в прибрежной территории озера, лесных пожаров. Эксперименты проводились в летний период, в прибрежной зоне южной части оз. Байкал, на полигоне ст. Боярский (51,84° с.ш., 106,06° в.д.).

Для решения задач оперативного обнаружения и идентификации аэрозольных полей атмосферы наиболее эффективны дистанционные лидарные методы, которые позволяют проводить мониторинг огромных территорий без отбора проб. В экспериментах использовались технические возможности аэрозольно-рамановского лидара «ЛОЗА-М2», с двумя длинами волн излучения лазера λ_1=1064 нм и λ_2=532 нм (Балин и др., 2011). Прием упругого обратнорассеянного излучения на этих длинах волн осуществлялся в аналоговом режиме, а на смещенной длине волны λ_3=607 нм спонтанного комбинационного рассеяния – в режиме счета фотонов. Благодаря тому, что измерения осуществляются практически круглосуточно, существует возможность исследовать как суточную пространственно-временную динамику изменения высотного распределения аэрозоля, так и его трансформацию при смене воздушных масс.

Из-за специфических особенностей циркуляции воздуха в горной котловине, типичная высотная структура аэрозольных полей в летний период над оз. Байкал представляет собой некоторое устойчивое высотное разделение на ряд аэрозольных слоев (Балин, Ершов, 2000). Однако отличительными особенностями экспедиций, проведенных в 2013 и 2015 гг., было наличие большого количества дымового аэрозоля в атмосфере от очагов лесных пожаров разной удаленности. Было отмечено существенное отличие пространственно-временной структуры дымовых аэрозольных полей от локальных лесных пожаров на прибрежной территории озера, от случая, когда источники примесей были расположены на значительном удалении. В 2013 году, в случае дальнего источника дыма (в результате заноса дымового аэрозоля от лесных пожаров Якутии) преобладала мелкодисперсная фракция аэрозоля. В 2015 году, в случае ближних источников дыма (лесной пожар на противоположном берегу озера, примерно в 60 км от места проведения эксперимента) преобладала грубодисперсная фракция аэрозоля.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № № 17-29-05044_офи.

Bashenkhaeva M.V., Zakharova Yu.R., Galachyants Yu.P., Sakirko M.V., Likhoshway Ye.V.

COMPARATIVE ANALYSIS OF FREE-LIVING AND PARTICLE-ATTACHED BACTERIAL COMMUNITIES OF LAKE BAIKAL

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
maria.bashenkhaeva@gmail.com

In aquatic ecosystems free-living and particle-attached bacterial communities take part in different stages of the cycle of matter. In marine ecosystems particle-attached bacteria play an important role in the destruction of complex organic compounds that are broken down into simpler compounds consumed by free-living bacteria (Richardot et al., 2000; Stocker, 2012; Dang, Lovell, 2016). This work aims to compare the taxonomic structure of the free-living and attached bacterial communities of Lake Baikal in the subglacial period by pyrosequencing the fragments of the 16S rRNA gene.

Sampling was conducted jointly with the diving research group of the LIN SB RAS under the supervision of the senior researcher I.V. Khanaev. Water samples from underside of the ice sheet (sub-ice communities) were taken using syringes; samples of under-ice water from a depth of 10 m were taken using a Niskin

bathometer. The fraction of attached bacteria was obtained by filtration through the 5 μm pore diameter filters; then filtrate was passed through 0.2 μm filters to obtain a fraction of free-living bacteria. Pyrosequencing of V3- V4 regions of the 16S rRNA gene was carried out on a GS FLX 454 genome sequencer (Roche, USA). Analysis of pyrosequencing data was performed using the Mothur program package.

As a result, 30553 sequences of the V3-V4 region of the 16S rRNA gene were obtained from 6 samples of the free-living fraction and 6 samples of aggregated fraction. In the free-living fraction of sub-ice communities the largest shares belonged to the phyla *Proteobacteria* (43%) and *Bacteroidetes* (16%). The genera *Massilia*, *Albidiferax* and *Flavobacterium* were the most abundant. Phyla *Bacteroidetes* (35%) and *Cyanobacteria* (21%) dominated in the fraction of attached bacteria, the highest amount of sequences belonging to the genus *Flavobacterium* and unclassified *Cyanobacteria*. The phyla *Actinobacteria* (48%) and *Verrucomicrobia* (24%) dominated in the free-living fraction of the under-ice water communities. Representatives of the genera *Ilumatobacter*, *Candidatus* Methylacidiphilum and the family *Sporichthyaceae* were the most abundant. Phyla *Proteobacteria* (51%) and *Cyanobacteria* (22%) dominated in the fraction of attached bacteria, specifically representatives of the genus *Massilia* and unclassified *Cyanobacteria*. Clustering analysis using a weighted UniFrac metric showed that fractions of free-living and attached bacteria formed separate clades on the UPGMA tree. Correlations between environmental parameters (temperature, pH, microalgae biomass, concentration of Si, PO_4^{3-}, NH_4^+, NO_3^-, NO_2^- and organic matter) and the structure of bacterial communities were investigated. Correlations were found with Si concentrations (r2 = 0.7197, P <0.011), NO_2^- (r2 = 0.4970, P <0.045), organic matter (r2 = 0.4603, P <0.06) and pH (r2 = 0.4117, P <0.092).

Thus, it is shown that the free-living and attached bacterial fractions are different in structure. The diversity is higher in the free-living fraction than in the attached one. Differences in the structure are noted between the communities of different biotopes: the sub-ice communities and under-ice water. The correlations between the community composition and the concentrations of silicon and organic matter suggest the relationship of bacterial communities with microalgae.

This work was supported by the Russian Foundation for Fundamental Research in the framework of the scientific project No. 18-34-00461.

Башенхаева М.В., Захарова Ю.Р., Галачьянц Ю.П., Сакирко М.В., Лихошвай Е.В.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВОБОДНОЖИВУЩИХ И ПРИКРЕПЛЕННЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
maria.bashenkhaeva@gmail.com

В водных экосистемах свободноживущие и прикрепленные к частицам бактериальные сообщества участвуют в разных этапах круговорота веществ. Известно, что в морских экосистемах прикрепленные бактерии играют важную роль в разрушении сложных органических соединений, которые распадаются на более простые вещества, потребляемые свободноживущими бактериями (Richardot et al., 2000; Stocker, 2012; Dang, Lovell, 2016). Целью данной работы было сравнить таксономическую структуру свободноживущих и прикрепленных бактериальных сообществ озера Байкал в подледный период с помощью пиросеквенирования фрагментов гена 16S рРНК.

Отбор проб проводили совместно с сотрудниками группы водолазных исследований ЛИН СО РАН под руководством с.н.с. И.В. Ханаева. Пробы воды пограничного слоя раздела фаз «лед – вода» отбирали с нижней поверхности льда с помощью шприцов; пробы подледной воды с глубины 10 м были отобраны с использованием батометра Нискина. Фракцию прикрепленных бактерий получали методом осаждения на фильтры с диаметром пор 5 мкм; затем полученный фильтрат пропускали через 0,2 мкм фильтры для получения фракции свободноживущих бактерий. Пиросеквенирование проводили на платформе GS FLX 454 Roche (ЛИН СО РАН), данные анализировали с помощью программного пакета Mothur.

В результате было получено 30553 последовательности V3-V4 области гена 16S рРНК, относящиеся к домену *Bacteria*, из 6 образцов свободноживущей фракции и 6 образцов агрегированной. В сообществах нижней поверхности льда в свободноживущей фракции наибольшие доли принадлежали к филумам *Proteobacteria* (43%) и *Bacteroidetes* (16%). Наиболее обильными были рода *Massilia*, *Albidiferax* и *Flavobacterium*. Во фракции прикрепленных бактерий доминировали филумы *Bacteroidetes* (35%) и *Cyanobacteria* (21%), из которых наибольшие доли принадлежали роду *Flavobacterium* и неклассифицированным *Cyanobacteria*. В сообществах подледной воды в свободноживущей фракции доминировали филумы *Actinobacteria* (48%) и *Verrucomicrobia* (24%). Наиболее обильными были представители рода *Ilumatobacter*, *Candidatus* Methylacidiphilum и семейства *Sporichthyaceae*. Во фракции прикрепленных бактерий доминировали филумы *Proteobacteria* (51%) и *Cyanobacteria* (22%), а именно представители рода *Massilia* и неклассифицированные *Cyanobacteria*. Кластерный анализ с использованием метрики взвешенный UniFrac показал, что фракции свободноживущих и прикрепленных бактерий образуют на дереве отдельные клады. Была исследована взаимосвязь между различными параметрами окружающей среды (температура, pH, биомасса микроводорослей, концентрация Si, PO_4^{3-}, NH_4^+, NO_3^-, NO_2^-, органическим веществом) и структурой бактериальных сообществ. Выявлены корреляции с концентрациями Si (r2 = 0.7197, P < 0.011), NO_2^- (r2 = 0.4970, P < 0.045), органическим веществом (r2 = 0.4603, P < 0.06) и pH (r2 = 0.4117, P < 0.092).

Таким образом, показано, что по структуре свободноживущие и прикрепленные бактериальные фракции в подледных сообществах различны. В свободноживущей фракции разнообразие было выше, чем в прикрепленной. Различия в структуре были показаны и между сообществами разных биотопов: раздела фаз «лед – вода» и подледной воды. Корреляция структуры бактериальных сообществ с кремнием и органическим веществом позволяет говорить о взаимосвязи бактериальных сообществ с развитием микроводорослей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-34-00461.

Baturina M.A.

TO THE STUDY OF OLIGOCHAETA FAUNA OF LAKES OF BOL'SHEZEMEL'SKAYA TUNDRA

Institute of biology Komi SC URD RAS, 167982, Syktyvkar, Kommunisticheskaya str., 28

The aquatic biota of the lakes in the north are adapted to low temperatures and, despite the similarity of species in different latitudes, in general, the taxonomic composition may be different. That's why studying regional biodiversity is important (Čiamporová-Zaťovičová et al., 2010). Zoobenthos is one of the most important components of the continental water bodies' biocenoses (Koveshnikov, 2009). Changes in the structure of the bottom invertebrate's communities may indicate on ecosystem's restructuring. Oligochaeta is one of the widespread groups of zoobenthos in variety of conditions, geographical latitudes and types of water bodies.

The territory of the tundra in the European North-East of Russia from the right bank of the Pechora River to the Polar Urals is indicated as the Bol'shezemel'skaya tundra (North ..., 1966). The first analysis (Finogenova, 1962, 1966; Popchenko, 1978, 1988) of the Oligochaeta's fauna of Bol'shezemel'skaya tundra water bodies was described only for main watershed with major systems of Vashutkiny Lakes, Padimejskie Lakes and Ambarty Lake (67°34 to 68°00` N and 61°30` 62°54` E). Modern studies refer to the different types of water bodies of Kharbeiskie Lakes system (67°31,351'-67°36,463' N, 62°49,747'-62°56,665' E). For the Bolshoi Kharbei Lake's researches different stages are separated and the level of biota's development is described (Fefilova et al., 2014; Baturina et al., 2014). In general, the benthic community in Kharbeiskie Lakes is characterized by a high biodiversity (H=3,2+0,13 bit/ind.) and the degree of uniformity (0,17<S>0,23; 0,14<H'>0,18), especially in the littoral and sublittoral zone (Baturin et al., 2015). For lakes systems of the Bol'shezemel'skaya tundra studied earlier (Zvereva, 1966, 1970; Zvereva et al., 1964, etc.) and nowdays (Fefilova et al., 2014; Baturina et al., 2014; Bolotov et al., 2014) high level of diversity and productivity of bottom communities was described. At present stage the fauna's of Oligochaeta of Kharbeiskie Lakes researches more than 70 species and forms of the six families are developed. The estimated values of the expected species richness of the Oligochaeta in the studied water bodies exceed the actually detected quantity of species by 7.1% for the Chao1, by 16.3% for the Jackknife2 (Gotelli, Colwell, 2011; Koleff et al., 2003). This is indicating that the detected list of Oligochaeta species in the lakes on near complete.

Our research was supported within the framework of the state task № 0414-2018-0005, by Complex UB RAS Programs № 18-4-4-37 and RFBR according to the research project №18-54-00009 Bel_a and grant № 18-44-110017.

Батурина М.А.

К ИССЛЕДОВАНИЯМ ФАУНЫ ОЛИГОХЕТ ОЗЕР БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ

ФГБУН Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 167982, г. Сыктывкар, ГСП-2,
ул. Коммунистическая, 28

Водная биота северных озер адаптирована к низким температурам и, несмотря на схожесть видов на разных широтах, в целом таксономический состав ее может отличаться, что подчеркивает важность изучения именно регионального биоразнообразия (Čiamporová-Zaťovičová et al., 2010). Зообентос является одним из важнейших компонентов биоценозов континентальных вод (Ковешников, 2009) и изменения в структуре сообществ донных беспозвоночных могут отражать общесистемные перестройки. К одной из широко распространенных групп зообентоса в разнообразных условиях, географических широтах, типах водоемов относятся малощетинковые черви Annelida (Clitellata: Oligochaeta).

Территория тундровой зоны на крайнем Северо-Востоке европейской части России от правого берега Печоры до отрогов Полярного Урала выделена в Большеземельскую тундру (Север …, 1966). Первые работы (Финогенова, 1962, 1966; Попченко, 1978, 1988), посвященные фауне малощетинковых червей водоемов Большеземельской тундры, касались только ее главного водораздела, где находятся крупные системы Вашуткиных, Падимейских озер и оз. Амбарты (от 67°34`до 68°00` с.ш. и от 61°30` до 62°54` в.д.). Современные исследования относятся к различным типам водоемов системы Харбейских озер (67°31,351'-67°36,463' с.ш., 62°49,747'-62°56,665' в.д.). В исследованиях озер системы прослеживаются отдельные этапы, для которых описан уровень развития биоты (Фефилова и др., 2014; Батурина и др., 2014). В целом донное сообщество в Харбейских озерах характеризуется высоким разнообразием (H=3,2±0,13 бит/экз.) и степенью выравненности (0,17<C>0,23; 0,14<H'>0,18), особенно в зонах литорали и сублиторали (Батурина и др., 2015). Для всех исследованных систем озер Большеземельской тундры ранее (Зверева, 1966, 1970; Зверева и др., 1964; и др.) и в современный период (Фефилова и др., 2014; Батурина и др., 2014; Болотов и др., 2014) отмечался высокий уровень разнообразия и продуктивности донных сообществ. В составе фауны олигохет водоемов системы Харбейских озер на современном этапе исследований установлено более 70 видов и форм из шести семейств. Расчетные значения ожидаемого видового богатства малощетинковых червей в исследованных водоемах превышают реально обнаруженное число видов на 7,1% для алгоритма Chao1, на 16,3% для алгоритма Jackknife2 (Gotelli, Colwell, 2011; Koleff et al, 2003), что указывает на достаточно полный список выявленной в озерах фауны.

Работа выполнена в рамках государственного задания № гос. регистрации 0414-2018-0005, Комплексной программы УрО РАН № 18-4-4-37 и поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-54-00009 Бел_а.

Baturina N.[1, 2]

MACROZOOBENTHOS COMMUNITIES OF RIVERS AND STREAMS AT SOUTH SIBERIA MTS

[1]Novosibirsk State University
[2]Institute of Systematics and Ecology of Animals
Natalya.s.baturina@gmail.com

Current research aimed to give a taxonomic and functional characterization of benthic communities within mountain streams of the Altai-Sayan mountainous country. The paper is based on the material collected at rivers and streams of the Western Sayan, Northern Altai, Salair ridge, Shoria mts in the summer period during 2009-2017. At all 25 watercourses were surveyed, more than 250 quantitative samples of macrozoobenthos were collected. For each sampling point, the parameters of the main abiotic factors were taken. Benthic organisms were collected from equal transects with triplicate repetition per sampling site.

To compare the communities were used: the Shannon diversity index, the Pielou's evenness index, the degree of diversity for each trophic-functional group. Then, based on the obtained similarity matrices, dendrograms were constructed using the pairwise clustering method using the Bray-Curtis similarity index. For the calculations used software PAST.

For explored natural regions 297 taxa belonging to such orders as Trichoptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Diptera, Coleoptera, Megaloptera, Amphipoda, Pulmonata, Veneroida, Rhynchobdellida, Tricladida were identified. Shown that taxonomic structure of benthos population of south part of Western Siberia have relatively high degree of similarity between the population of Western Sayan, Northern Altai and Shoria mts. However, the benthos population of Salair Ridge shows a slight similarity with the above-mentioned regions. In the fauna of Salair Range, species with a Palearctic type of distribution predominate. The East Palearctic species, which form the main part at communities of Western Sayan and Northern Altai, represent only 12.0% of the species richness. While Western Palearctic species occupy 15.0 and 6.0% respectively for the population of North Altai and Western Sayan.

A comparative analysis of the structural and functional organization of communities of benthic invertebrates of the southern margin of the Altai-Sayan mountain system makes it possible to identify 10 types of communities whose trophic-functional structure is determined by the geomorphology of the river valley, and also by the type of available organic matter. In the population of macrozoobenthos of mountain streams, the main change in the taxonomic structure occurs during the transition from the zone of crenon to the zone rhithron, where the upper crenon communities can be significantly different from each other. It is shown that river metarhithron zone is characterised by maximum diversity and evenness of communities taxonomic structure. The communities taxonomic diversity reducing is noted for the crenon communities and in c of increased cases of anthropogenic impact.

The study was carried out with partial financial support from the RFBR grant (16-34-00632).

Батурина Н.С.[1, 2]

СООБЩЕСТВА МАКРОЗООБЕНТОСА ГОРНЫХ ВОДОТОКОВ ЮЖНОЙ СИБИРИ

[1] Новосибирский Государственный Университет
[2] Институт Систематики и Экологии Животных СО РАН
Natalya.s.baturina@gmail.com

Цель данной работы – дать таксономическую и функциональную характеристику бентосных сообществ в пределах горных водотоков на территории Алтае-Саянской горной страны. В работе представлен материал, собранный на водотоках Западного Саяна, Северного Алтая, Салаирского кряже, Горной Шории. Сбор материала проводился в летний период 2009-2017 гг. Обследовано 25 водотоков, собрано более 250 количественных проб макрозообентоса. Для каждой точки отбора проб производилась съёмка параметров основных абиотических параметров. На каждом водотоке производилась закладка учетных трансект в пределах стометрового высотного интервала с трехкратной повторностью учётных площадок.

Для сравнения сообществ использовались индекс разнообразия Шеннона, индекс выравненности, степень разнообразия для каждой трофико-функциональной группы. Затем по полученным матрицам сходства строились дендрограммы с использованием попарного метода кластеризации с использованием индекса сходства Брея-Кертиса. Для расчетов использовано программное обеспечение PAST.

В ходе работы было выявлено 297 таксонов относящихся к таким отрядам как, Trichoptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Diptera, Coleoptera, Megaloptera, Amphipoda, Pulmonata, Veneroida, Rhynchobdellida, Tricladida. Сравнение таксономической структуры населения макрозообентоса отдельных природно-территориальных комплексов в пределах юга Западной Сибири показало относительно высокую степень сходства между населением Западного Саяна, Северного Алтая, Горной Шории. Однако, население макрозообентоса Салаирского кряжа демонстрирует слабое сходство с вышеперечисленными регионами. В фауне Салаирского кряжа преобладают виды с палеарктическим типом распространиения. Восточнопалеарктические реофильные виды, составляющие основу сообществ Западного Саяна и Северного Алтая, представлены лишь 12,0% от видового богатства. Западнопалеарктические виды занимают 15,0 и 6,0% соответственно для населения Северного Алтая и Западного Саяна.

Сравнительный анализ структурно-функциональной организации бентосных сообществ рек юга Западной Сибири позволяет выделить 10 типов сообществ, структура которых определяется геоморфологией русла реки, а также типом доступного органического вещества. В населении макрозообентоса горных водотоков основные изменения в таксономической структуре сообществ происходят при переходе из зоны кренали в зону эпиритрали, причем кренальные сообщества верховьев рек могут существенно отличаться по своей структуре. Показано, что максимальное разнообразие и выравненность таксономической структуры сообществ свойственны участкам метаритрали. Снижение уровня разнообразия сообществ отмечается для кренальных сообществ и в условиях повышенной антропогенной нагрузки.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке и гранта РФФИ №16-34-00632.

Bazarsadueva S.V., Taraskin V.V., Radnaeva L.D.

FATTY ACID COMPOSITION OF DEEPWATER BAIKAL SPONGES FROM HYDROTHERMAL DISCHARGE AREA

Federal State Budget Scientific Establishment the Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russia

This paper presents a study of fatty acid composition of deep water sponges *Baicalospongia intermedia* sampled during the 2008-2010 International Scientific Expedition “The MIR’s on Lake Baikal” in the Frolikha Bay where are the area of hydrothermal vents’ discharge at the depth of 400-450 meters. 64 fatty acids with different unsaturation were found in the tissue of these sponges using gas chromatography with mass-spectrometry.

Базарсадуева С.В., Тараскин В.В., Раднаева Л.Д.

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ГЛУБОКОВОДНЫХ БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК ИЗ ЗОНЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, Россия
bselmeg@gmail.com

Озеро Байкал - участок мирового природного наследия, старейший (25 млн. лет) и самый большой (23000 км^3) пресноводный водоем в мире. Одним из наиболее интересных районов озера Байкал является бухта Фролиха, которая характеризуется выходами гидротермальной разгрузки (Голубев, 2007). Ее дно сверху покрыто весьма тонким слоем современных мягких илов, ниже которых залегают валунно-галечный материал, пески и плотные глины, отложившиеся в последний ледниковый период. Температура воды с приближением ко дну увеличивается, что говорит о том, что происходит разгрузка термальных вод. На поверхности донных осадков располагаются «поля» губок и развиваются бактериальные обрастания – микробные маты. Губки широко распространены в морских и пресноводных экосистемах. Они обладают самым большим среди водных животных разнообразием стеринов и ЖК, которые имеют необычные, а иногда уникальные структуры. Некоторые липиды губок характеризуется как биологические активные (Ichiba et al., 1995). Известны исследования по липидному составу некоторых байкальских губок, обитающих на небольшой глубине (Dembitsky et al., 1993, 2003; Глызина, 2002), но губки глубоководной зоны озера Байкал не изучены.

Для изучения липидного состава были отобраны образцы глубоководных губок *Baicalospongia intermedia* в районе гидротермальной разгрузки бухты Фролиха (озеро Байкал) с глубины 400-450 м на расстоянии 330-1450 м от места гидротермальной разгрузки и 420-950 м от пункта измерения максимального значения теплового потока.

Определен широкий спектр кислот – 64 ЖК различной степени ненасыщенности. Общее содержание насыщенных жирных кислот (ЖК) составляет 25.6 – 30.7% от суммы жирных кислот. В липидах губок обнаружен ряд насыщенных ЖК от С12 до С24, среди которых доминирующими являются разветвленная ЖК i16:0 (7.0-8.2 отн.%), стеариновая 18:0 (4.8-6.2 отн.%), i18:0 (2.0-3.2 отн.%) и пальмитиновая 16:0 (2.0-2.7 отн.%), которые также являются доминирующими у большинства морских губок (Жукова, 2009; Родькина, 2005). Тогда как в губках *B. intermedia*, обитающих в Южном Байкале на глубине 8-10 м, основной насыщенной ЖК является пальмитиновая 16:0 (11.1 отн.%) кислота (Dembitsky et al., 1993). Низкая температура, по-видимому, обусловливает пониженное содержание насыщенных жирных кислот (НЖК) в исследуемых образцах губок.

Пресноводные губки также, как и морские содержат большое разнообразие изо- и антеизокислот; в исследуемых губках найдены разветвленные изо- и антеизо-кислоты с общим числом атомов углерода от С13 до С20. Обнаружена редкая i23:0 кислота, которая составляет от 0.14 до 0.18 % от суммы ЖК. Длинноцепочечные ЖК изо- и антеизо- строения, вероятно, синтезируются собственной губкой путем элонгации изо- и антеизо-предшественников бактериального происхождения с более короткими углеводородными цепями (Родькина, 2005).

Содержание мононенасыщенных ЖК (МНЖК) в исследуемых губках колеблется от 33.9 до 39.1 % от суммы ЖК, а содержание полиненасыщенных (ПНЖК) – 28.4-32.3 отн. % от суммы ЖК. Среди МНЖК доминирующими являются изомеры 16:1 и 18:1 кислот, а также кислота 24:1. МНЖК ряда С20 – С23 и С27 обнаружены во всех губках, их содержание ниже, чем С16 и С18 МНЖК. Высокая концентрация ненасыщенных жирных кислот, особенно 16:1 и 18:1, очевидно, связана с активной деятельностью микроорганизмов. Основной вклад в сумму ПНЖК вносит демоспонгиевая сверхдлинноцепочечная кислота 26:3, которая также найдена в больших количествах в байкальских и некоторых морских губках (Latyshev et al., 1992). Ее содержание в губках, обитающих в 420 и 550 м от выхода термальных источников выше, чем в губках, обитающих на расстоянии 930-950 м, и составляют 23.8-24.7 и 20.1-21.5 отн.%, соответственно. В *B. intermedia*, обитающих на небольших глубинах, среди МНЖК доминируют также изомеры кислот 16:1 и 18:1, однако среди ПНЖК основными являются изомеры кислот 18:2 и 18:3, в меньшей степени кислота 26:3 (Dembitsky et al., 1993). Низкие температуры воды озера Байкал, способствуют более высокому содержанию ненасыщенных и низкому содержанию насыщенных ЖК, что способствует поддержке на определенном уровне «жидкокристаллическое» состояние мембранных структур.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-35-00439 мол_а.

Bazhenova O.P.

TO THE QUESTION OF THE CRITERIA FOR IDENTIFYING A RARE SPECIES OF ALGAE ON THE EXAMPLE OF WATER BODIES OF OMSK PRIIRTYSHYE

Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia
olga52@bk.ru

On the basis of the taxonomic list of algae, created as a result of multi-year research (1998-2018) of phytoplankton in the water bodies of Omsk Priirtyshye, a rare species are identified as a subjects to entry into the preliminary Red List of the region. The leading positions in the number of a rare species are occupied by Bacillariophyta, Chlorophyta, Euglenophyta and Cyanobacteria, which generally corresponds to the importance of these algal groups in the addition of the taxonomic structure of the phytoplankton of Omsk Priirtyshye. There are considered the discriminatory criteria of a rare species by the frequency of their occurrence in the water bodies of the region, inclusive of the literary and our own data. It is established that the city's water bodies and the transboundary Irtysh River are the most significant categories of a protected water bodies in Omsk Priirtyshye by the number of a rare algae species.

Баженова О.П.

К ВОПРОСУ О КРИТЕРИЯХ ВЫДЕЛЕНИЯ РЕДКИХ ВИДОВ ВОДОРОСЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ

Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Россия, г. Омск
644008 Институтская пл., 1
olga52@bk.ru

В исследованиях фитопланктона крупных регионов большое значение имеет создание таксономического списка видов, отражающего биоразнообразие. На основе таких списков можно выделить редкие виды водорослей, подлежащие включению в Красную книгу, что играет большую роль в охране природы региона. Оценить видовое богатство фитопланктона, слагаемого представителями различных отделов, крайне сложно, этот процесс требует длительных систематических исследований, а по отношению к какому-либо региону – изучения большого числа водных объектов.

Проводимые в 1998–2018 гг. исследования фитопланктона рек и озер бассейна среднего течения реки Иртыш (Омское Прииртышье) позволили составить таксономический список водорослей, включающий к настоящему времени 1149 ВВТ из 8 отделов: Cyanobacteria – 163, Cryptophyta – 11, Miozoa – 20, Ochrophyta – 107, Euglenophyta – 151, Bacillariophyta – 323, Chlorophyta – 281, Charophyta – 93. Для установления частоты встречаемости видов применяли количественное определение градаций шкалы «Присутствие», рекомендуемое Н. В. Кондратьевой и П. М. Царенко (2008): 1) вид крайне редкий – найден не более чем в 3% от общего числа обследованных участков; 2) вид очень редкий – найден в 3,1–5% от общего числа обследованных участков; 3) вид редкий – найден в 5,1–10% от общего числа обследованных участков.

Соответствие частоты встречаемости вида градациям 1-3 свидетельствует о необходимости его включения в предварительный Красный список региона. Исходя из наших данных, отнесение вида к 1 категории означает, что он встречен лишь в одном водном объекте, а виды, найденные в 2-3 водных объектах, относятся ко 2 и 3 категориям. Виды первых трех категорий мы рассматриваем под общим названием «редкие».

Согласно приведенным критериям в число редких видов водорослей вошли представители всех отделов, доля редких видов составила 68,5% от общего количества идентифицированных ВВТ. Наибольшее число редких видов относится к отделу Bacillariophyta, причем около половины диатомей (165 ВВТ) относятся к категории крайне редких видов. Этот факт обусловлен, прежде всего, тем, что в таксономической структуре Bacillariophyta преобладают представители экологической группы случайно планктонных водорослей, которые достаточно редко встречаются в планктоне.

Лидирующие позиции по числу редких видов занимают также Chlorophyta, Euglenophyta и Cyanobacteria, что в целом соответствует значимости этих отделов в сложении таксономической структуры фитопланктона Омского Прииртышья. Максимальная доля редких видов отмечена для класса Xanthophyceae (87,5%), их наибольшее число найдено в р. Оми. Зеленые водоросли (Chlorophyta) по видовому богатству соперничают с диатомеями, в то же время, среди Chlorophyta отмечена самая низкая доля редких видов 1 категории – 21,4%. Доля редких видов 1-3 категории в составе различных отделов фитопланктона, очень высокая и колеблется в пределах 68,2-87,5%, но для Chlorophyta она составляет 45,6%. Большинство видов Chlorophyta широко распространены в различных водных объектах региона и достигают высокого обилия в летне-осенний период. Как известно, видовое богатство и интенсивная вегетация Chlorophyta часто связаны с высоким уровнем эвтрофирования водных объектов, весьма характерным для Омского Прииртышья.

Таким образом, количество редких видов водорослей в планктоне водных объектов Омского Прииртышья, выделенных по указанным критериям, составляет весьма значительную долю от общего видового богатства и составляет 787 ВВТ. Такая ситуация предполагает более строгий отбор критериев выделения. Учитывая, что соответствие частоты встречаемости вида градациям 1–3 свидетельствует о необходимости его включения в предварительный Красный список обследованного региона, в нашем случае его объем будет неоправданно завышен. Вероятно, критерии выделения редких видов, рекомендованные для высших растений и животных (шкала МСОП и ее модификации) плохо работают в микромире, что заставляет выбирать упрощенный вариант шкалы выделения редких видов водорослей.

С учетом вышесказанного, мы рекомендуем оставить для внесения в предварительный Красный спи-

сок те виды водорослей, встречаемость которых в водных объектах Омского Прииртышья соответствует 1 категории. В этом случае количество редких видов водорослей снизится до 462 ВВТ. В дальнейшем необходимо рассмотреть такие созологические категории редких видов водорослей как «реликт» и «эндем». Вопросам эндемизма пресноводных водорослей посвящено множество работ, но эта проблема все еще находится в стадии широко идущего обсуждения без формулировки каких-либо общепринятых концепций.

Наибольшее количество редких видов водорослей 1 категории найдено в городских водоемах – 164 ВВТ(14,3%), на втором месте находится трансграничная река Иртыш (122 ВВТ или 10,6%). В остальных реках и озерах региона присутствие указанной категории видов существенно ниже. Таким образом, городские водоемы представляют собой наиболее значимую категорию охраняемых водных объектов в Омском Прииртышье, что связано с высоким уровнем антропогенной нагрузки, характерным для этих водоемов. Значение охраны трансграничной реки Иртыш в этом аспекте еще более возрастает. К настоящему времени в Красную книгу Омской области не внесен ни один вид водорослей, поэтому работа по включению их редких видов в предварительный Красный список региона является чрезвычайно актуальной.

Bazova N.V., Bazov A.V., Borisova N.G.

LONG-TERM HYDROBIOLOGICAL MONITORING (1919-2017) AS A BASIS OF ECOLOGICAL SECTURITY OF CATCHMENT AREA OF THE SELENGA RIVER (MAIN TRUBUTARY OF LAKE BAIKAL)

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia

The paper reports results of multiyear (1987-2017) studies of Selenga macrobenthos during the subglacial period as well as monitoring data (1919-2017) on the Selenga stock of Baikal omul. The results underlie fo recast of impact of the intended hydropower stations (Mongolia) on the ecosystem of the Selenga River within the bounds of the Russian Federation.

Базова Н.В., Базов А.В., Борисова Н.Г.

ДОЛГОВРЕМЕННЫЙ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ (1919-2017 ГГ.) – ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДНОГО БАССЕЙНА РЕКИ СЕЛЕНГИ (ГЛАВНОГО ПРИТОКА ОЗ. БАЙКАЛ).

ФГБУН Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ

В докладе планируется привести результаты многолетних исследований макрозообентоса реки Селенги в подледный период (1987–2017 гг.), а также результаты наблюдений за селенгинским стадом байкальского омуля (1919–2017 гг.). Результаты исследований положены в основу работ по прогнозу воздействия планируемого строительства гидроэнергетических объектов (территория Монголии) на экосистему р. Селенги в пределах Российской Федерации.

Belkina N.A.[1], Strahovenko V.D.[2], Kulik N.V.[1], Efremenko N.A.[1], Subetto D.A.[1]

FORMATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF MODERN LACUSTRINE DEPOSITS OF ONEGO LAKE

[1]NWPI KarRC RAS Russian Federation 185030, Petrozavodsk, A. Nevskogo Ave., 50
[2]IGM SB RAS Russian Federation, 630090, Novosibirsk, Academician Koptyug Ave., 3
bel11863@mail.ru

The aim of the work is to reveal the regularities in the chemical composition of the bottom sediments of Lake Onego (the second largest reservoir in Europe, S = 9720 km^2, V = 295 km^3) under modern conditions.

The glacial origin and large size of the lake in conditions of temperate climate support to the long stay of the finely suspended matter in the water column. The distribution of sedimentary material is controlled by the dynamics of water. The central deep-water region of the lake and northwestern bays (50% of the bottom) is covered with thin clayey silt. Complex morphology of the basin and uneven anthropogenic impact – are the cause of the existence of local basins with different sedimentation regimes. Mineral bio-chemo- genic sediments accumulate in the central regions. The sediments enriched with organic matter are found in small productive bays. Clastic sediments settles in areas of river floodplains. The sediments, contaminated with suspended sewage material, are formed in the bays, near large industrial centers.

The formation of bottom sediments is largely determined by the composition of the rocks in the catchment area and the well-developed river network, which is the main supplier of the substance to Onego Lake. Acidic bedrock is the source of supply to the lake of silicon. A long light day in the summer contributes to the development of the diatom complex of phytoplankton, which provides a high proportion of biogenic silicon in the material composition of the sediments. Low phosphorus content in rocks causes the ecosystem to be limited by phosphorus. Podzolic soils in the catchment area and high concentrations of iron and manganese in the rocks provide the entry into the Lake Fe, Mn and P as part of iron-humus complexes. Precipitation of humus suspensions helps maintain the oligotrophic status of Lake Onega and the accumulation of these elements in sediments. Bottom sediments inherit the mineral composition of terrigenous material entering the lake. Silica, Fe-illite and Fe-chlorite prevail among authigenic minerals. The transformation of the mineral part of the sediment in the process of diagenesis depends on the characteristics of the terrigenous component of the flowing streams, and the quantitative and qualitative composition of the organic matter entering the bottom sediments.

The work was supported by the grant of the RSF 18-17-00176.

Белкина Н.А.[1], Страховенко В.Д.[2], Кулик Н.В.[1], Ефременко Н.А.[1], Субетто Д.А.[1]

ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СОВРЕМЕННЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

[1]ИВПС КарНЦ РАН РФ, РК, 185030, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, д. 50
[2]ИГМ СО РАН РФ, 630090, г. Новосибирск, пр. академика Коптюга, д. 3.
bel11863@mail.ru

Целью работы является выявление закономерностей формирования химического состава донных отложений Онежского озера – второго по величине водоем Европы (S=9720 км^2, V=295 км^3) в современных условиях.

Ледниковое происхождение и большие размеры водоема в условиях умеренного климата способствует длительному пребыванию мелкодисперсного взвешенного вещества в водной толще. Распределение осадочного материала контролируется динамикой вод: глубоководная область центральных районов озера и северо-западных заливов (50% от площади дна) покрыта тонкими глинистыми илами Сложная морфология котловины и неравномерность антропогенного воздействия являются причинами существования локальных бассейнов с различным режимом седиментации. В центральных районах в настоящее время накапливаются минеральные био-хемогенные осадки, в малых продуктивных заливах встречаются осадки, обогащенные органическим веществом, в районах впадения рек оседают терригенные наносы. В заливах, на берегах которых расположены крупные промышленные центры формируются зоны, где донные отложения, загрязнены взвешенным материалом промышленных и бытовых сточных вод.

Формирование донных отложений во многом определяется составом пород водосборной территории и хорошо развитой речной сетью, являющейся основным поставщиком вещества в Онежское озеро. Преимущественно кислые коренные породы являются источником поступления в озеро кремния, что вместе с долгим световым днем в летний период способствует развитию диатомового комплекса фитопланктона и обеспечивает высокую долю биогенного кремния в вещественном составе осадков. Низкое содержание фосфора в породах определяет лимитирование экосистемы по фосфору. Развитые подзолистые почвы на территории водосбора и высокие концентрации железа и марганца в породах обеспечивают вынос в озеро Fe, Mn и частично P в составе железо-гумусовых комплексов, осаждение которых способствует поддержанию олиготрофного статуса Онежского озера и накоплению этих элементов в донных отложениях. Донные отложения в целом наследуют минеральный состав терригенного материала, поступающего в озеро. Среди аутигенных минералов преобладают кремнезём, Fe-иллит и Fe-хлорит, встречаются аморфный и кристаллический гётит, бернессит, прохроит, пиролюзит, вивианит, родохрозит, сидерит. Преобразование минеральной части осадка в процессе диагенеза в определенном районе озера зависит от особенностей терригенной составляющей впадающих в него водотоков, и количественного и качественного состава органического вещества, поступающего в донные отложения.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 18-17-00176.

Belov S.Yu.

DEVELOPMENT OF APPROACHES AND METHODS FOR MONITORING THE STATUS OF ECOSYSTEMS BY REMOTE SENSING IN THE SHORT-WAVE RANGE OF RADIO WAVES

M.V. Lomonosov Moscow State University
Belov_Sergej@Mail.Ru

The problem of remote diagnostics of a “rough” earth's surface and dielectric subsurface structures in the shortwave radio wave band is considered. A new incoherent method for estimating the signal-to-noise parameter is proposed. Specification was carried out for the ionospheric case. This range makes it possible to diagnose a subsurface layer of the earth, since the scattering parameter is also formed by inhomogeneities in the dielectric permeability of subsurface structures. The idea of the method for determining this parameter is that, by having synchronous information about a wave reflected from the ionosphere and about a wave reflected from the earth and the ionosphere (or having passed the ionosphere twice when probing from a satellite), it is possible to extract information about the scattering parameter. The paper presents the recording quadrature components of the signal in the short-wave range of radio waves. A comparative analysis is performed and it is shown that according to the analytical (relative) accuracy of the definition of this parameter the new method is an order of magnitude larger than the widely used standard method. An analysis of the analytical errors in estimating this parameter allowed us to recommend a new method instead of the standard one.

Белов С.Ю.

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ И МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ ДИСТАНЦИОННЫМ ЗОНДИРОВАНИЕМ В КОРОТКОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ РАДИОВОЛН.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, д. 1, с. 2
Belov_Sergej@Mail.Ru

Мониторинг поверхности земли методом дистанционного зондирования в коротковолновом диапазоне радиоволн может позволить оперативно выявлять некоторые геофизические параметры природных систем (Белов, 2016). Данный диапазон позволяет диагностировать и подповерхностный слой земли (толщины порядка длины волны падающего излучения), поскольку параметр рассеяния формируется также и неоднородностями диэлектрической проницаемости подповерхностных структур

(Belov, Belova, 2017). Данным методом при организации мониторингового зондирования, возможно выявлять области изменения этих сред (Belov, 2017), например, для оценки воздействия антропогенных факторов на экосистему, опасных природных явлений, а также некоторых экстремальных событий техногенного характера (Belov, 2016), в том числе и для целей контроля изменения ландшафтов и их компонентов, решения проблем рационального и экологичного недро- и природопользования, прогнозирования изменчивости экосистем (Belov et al., 2016).

В работе рассматривается задача дистанционной диагностики «шероховатой» земной поверхности и диэлектрических подповерхностных структур в КВ-диапазоне (Белов, 2017). При этом в качестве параметра, характеризующего рассеивающую способность радиоволн земной поверхности, используется соотношение сигнал/шум. Идея метода определения этого параметра заключается в том, что, располагая синхронной информацией о волне, отражённой от ионосферы и о волне, отражённой от земли и ионосферы (или прошедшей ионосферу дважды при зондировании со спутника), возможно извлекать информацию о параметре рассеяния земной поверхности (Белов, 2017). Тестирование произведено на примере двукратного отражения от ионосферы при вертикальном зондировании.

Для получения необходимых экспериментальных данных используется импульсный метод когерентного приёма (Belov, Belova, 2017). Этот метод позволяет регистрировать низкочастотные квадратурные составляющие ионосферного сигнала $E_c(t)$, $E_s(t)$. Модернизация обеспечила регистрацию на ЭВМ упомянутых параметров сигнала одновременно для сигналов различной кратности. Это достигнуто применением специальной многоканальной системы стробирования и регистрации (Belov, Belova, 2016). В работе представлены образцы регистрации квадратурных компонент сигнала с помощью наземного измерительного комплекса установки когерентного зондирования в коротковолновом диапазоне радиоволн на тестовом полигоне МГУ для первого отражения. Установка позволяет осуществлять одновременную регистрацию параметров кратных ионосферных отражений, причём даже с использованием ЭВМ с не очень высоким быстродействием за счёт применения оригинальных алгоритмов оптимизации (Белов С.Ю. Программа регистрации квадратурных компонент n-кратного отражённого от земной поверхности радиосигнала. Свидетельство о регистрации права на программное обеспечение №RU.2016612172 от 19.02.2016 г.).

В работе представлена разработанная и сконструированная автором экспериментальная аппаратура наземного измерительного комплекса установки когерентного зондирования рассеивающей способности земной поверхности в коротковолновом диапазоне радиоволн для оценки параметра сигнал/шум. Предложен новый некогерентный метод оценки параметра сигнал/шум. Выполнен сравнительный анализ и показано, что по аналитической (относительной) точности определения этого параметра новый метод на порядок превосходит широко используемый стандартный.

Bessudova A.Yu., Firsova A.D.

SCALED CHRYSOPHYTES AND THEIR STOMATOCYSTS IN THE MOUTHS OF THE KICHERA AND THE UPPER ANGARA RIVERS AND IN THE CHANNELS OF THE NORTH BAIKAL SOR

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
annabessudova@mail.ru

The golden algae of the class Chrysophyceae Pascher of the families Chromulinaceae Engler, Paraphysomonadaceae Preisig & Hibberd, Mallomonadaceae Diesing and Synuraceae Lemmermann form a scaled biosilica envelope. As one of the most important component of freshwater phytoplankton, the scaled chrysophytes occur worldwide except Antarctica. The small size and complexity of taxonomic identification with standard light microscopy methods make difficult to detect them when assessing waterbody productivity and phytoplankton diversity. Identifying a taxonomical rang of these organisms became possible due to development of scanning and transmission electron microscopy methods. Thanks to these methods, it became possible to detect fine structure details of their silica scales and spines allowing the taxonomic identification of these algae. The ability of the chrysophytes to form silica stomatocysts (statospores) at some stages of their development or under changing environment is important for paleoreconstructions (Duff et al., 1995; Voloshko, 2016).

We had previously found a high specious diversity of the scaled chrysophytes, 72 species and intraspecific taxons, in Lake Baikal and in its two the most affluent tributaries: the Selenga (delta channels) and Barguzin (mouth) Rivers (Bessudova et al., 2018).

This work was aimed to identify species composition of scaled chrysophytes and stomatocyst morphotypes in the mouths of the Kichera and the Upper Angara Rivers and in the North Baikal Sor by means of electron microscopy.

The samples were taken in the mouths of the Kichera and the Upper Angara Rivers and in the Kichera, Middle and Dushkachan Channels in July 2017. The sampling was done with bathometer; the samples were fixed with Lugol's iodine. Sedimentation method (Kuzmin, 1975) was used for sample processing. In order to identify a taxonomical rang of small-celled chrysophytes with more accuracy, the bathometric samples were washed, annealed with 30% H_2O_2 and thermostated at 75°C for 2 h, then they were washed again. The washed samples were placed on grids with 3 mm mesh covered with Formvar films, dried at the room temperature and analyzed with LEO 906E («Carl Zeiss», Germany). The abundance of scaled chrysophytes was assessed with scanning electron microscopy Quanta 200 (FEI Company, USA) in 10-15 mL samples taken with 1-µm Millipore filters (Whantman, USA) in addition to the bathometric samples.

Thirty species and intraspecies taxons of scaled chrysophytes altogether were identified in the area studied, namely *Chrysosphaerella* – 1; *Paraphysomonas* – 2; *Spiniferomonas* – 8; *Mallomonas* – 14; *Synura* – 5. The most frequent were the following species: *Mallomonas alpina* Pascher & Ruttner in Pascher, *M. corymbosa* Asmund, *M. tonsurata* Teiling and *Spiniferomonas trioralis* f. *cuspidata* Balonov. Rare species of chrys-

ophytes such as *Synura macropora* Skaloud, Skaloudová, Procházková & Nemcová and *S. mammillosa* Takahashi, *Spiniferomonas silverensis* Nicholls and *S. triangularis* Siver were found too. The last three species were identified in the Baikal Region for the first time.

A high diversity of chrysophyte stomatocysts were found during the study. Thus, 24 morphotypes, a major part of which is widely distributed, occurred in the Kichera Channel. Small morphotypes with 4-4.5 μm flanges dominated. They resembled the 223 Duff & Smol stomatocysts typical of deep oligotrophic mountain lakes where they can be sometimes very abundant. The 31 Duff & Smol (*cysta geometrica* Nygaard) stomatocysts were frequent too. This morphotype has a high tolerance to a cold water and various trophicity. The high diversity and abundance of stomatocysts in July may evidence the end of vegetation period for the majority of the chrysophytes. It is the first study of chrysophyte morphotypes composition in this area.

The sampling was done within the Project #0345-2016-0008; the study of the scpecies composition of chrysophytes was performed at financial support of the RFBR within the Project #18-34-00203. The microscopic analyses were done in the Shared Research Facilities for Physical and Chemical Ultramicroanalysis LIN SB RAS.

Бессудова А.Ю., Фирсова А.Д.

ЧЕШУЙЧАТЫЕ ХРИЗОФИТОВЫЕ И ИХ СТОМАТОЦИСТЫ В РАЙОНЕ УСТЬЕВ РЕК КИЧЕРА, ВЕРХНЯЯ АНГАРА И ПРОРВАХ СЕВЕРО-БАЙКАЛЬСКОГО СОРА

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия,
annabessudova@mail.ru

Золотистые (хризофитовые) водоросли класса Chrysophyceae Pascher из семейств Chromulinaceae Engler, Paraphysomonadaceae Preisig & Hibberd, Mallomonadaceae Diesing и Synuraceae Lemmermann формируют чешуйчатый панцирь из биогенного кремнезема. Являясь важнейшим компонентом фитопланктона пресноводных экосистем чешуйчатые хризофитовые распространены по всему земному шару, за исключением Антарктиды. Однако, мелкие размеры и сложность определения их таксономической принадлежности с помощью стандартных методов исследования – световой микроскопии (СМ) затрудняют их обнаружение при оценке продуктивности водоемов и видового разнообразия фитопланктона. Определение видовой принадлежности этих организмов стало возможным с развитием методов сканирующей и трансмиссионной электронной микроскопии (СЭМ и ТЭМ). С их помощью выявляются детали тонкой структуры кремнистых чешуек и шипов, которые позволяют определять их видовую принадлежность. Способность хризофитовых формировать кремнистые стоматоцисты (статоспоры), в определенные стадии своего развития или под воздействием изменений окружающей среды играет важную роль в палеореконструкциях (Duff et al., 1995; Voloshko, 2016).

Ранее, в районе, охватывающем оз. Байкал, и две главные по водности реки, впадающие в озеро – Селенгу (протоки ее дельты) и Баргузин (устьевая зона), обнаружено высокое видовое разнообразие чешуйчатых хризофитовых – 72 вида и внутривидовых таксона (Bessudova et al., 2018).

Целью данного исследования было определение видового состава чешуйчатых хризофитовых и морфотипов стоматоцист золотистых водорослей в устьях рек Кичера, Верхняя Ангара, и прорвах Северо-Байкальского сора с применением электронной микроскопии.

Материалом для данного исследования послужили пробы, отобранные в июле 2017 г. в устьях рек Кичера и Верхняя Ангара, а также в Кичерской, Средней и Душкачанской прорвах. Отбор проб осуществляли батометром, фиксировали йодным раствором Люголя. Обработку проб проводили седиментационным методом (Кузьмин, 1975). Для более точного определения видовой принадлежности мелкоклеточных хризофитовых водорослей батометрические пробы отмывали, прожигали 30 % H_2O_2 и прогревали в термостате при 75 °С 2 ч, а затем снова промывали. На сеточки с диаметром 3 мм с формваровой пленкой-подложкой наносили отмытую пробу, высушивали при комнатной температуре и анализировали с помощью LEO 906E («Carl Zeiss», Германия). Для определения обилия чешуйчатых хризофитовых одновременно с батометрическими пробами осуществляли отбор образцов объемом 10–15 мл на фильтры Mllipore с диаметром пор 1 мкм («Whatman», США) и исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа Quanta 200 («FEI Company», США).

Всего в исследуемом районе обнаружено 30 видов и внутривидовых таксонов чешуйчатых хризофитовых: *Chrysosphaerella* – 1; *Paraphysomonas* – 2; *Spiniferomonas* – 8; *Mallomonas* – 14; *Synura* – 5. Наиболее часто в период исследования встречаются виды: *Mallomonas alpina* Pascher & Ruttner in Pascher, *M. corymbosa* Asmund, *M. tonsurata* Teiling и *Spiniferomonas trioralis* f. *cuspidata* Balonov. Обнаружены редкие виды хризофитовых – *Synura macropora* Skaloud, Skaloudová, Procházková & Nemcová и *S. mammillosa* Takahashi, *Spiniferomonas silverensis* Nicholls и *S. triangularis* Siver. Последние три вида обнаружены в Байкальском регионе впервые.

В ходе исследований также выявлено большое разнообразие стоматоцист золотистых водорослей. Так, например, в Кичерской прорве встретилось 24 морфотипа, большая часть которых является широко распространенными. Преобладали мелкие морфотипы с гребнями (4-4,5 мкм) имеющие сходство со Стоматоцистой 223 Duff & Smol, которые характерны для глубоких, олиготрофных, горных озер, где нередко достигают высокой численности. Часто встречалась также Стоматоциста 31 Duff & Smol (*cysta geometrica* Nygaard). Этот морфотип характеризуется толерантностью к холодным водам, а также трофности воды. Большое разнообразие численность стоматоцист в июле могут говорить об окончании вегетации большего числа золотистых водорослей. Ранее состав морфотипов хризофитовых водорослей в этом районе не исследовался.

Отбор проб выполнен в рамках проекта 0345-2016-0008, исследование видового состава чешуйчатых хризофитовых выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 18-

34-00203. Микроскопические исследования проведены в ЦКП «Электронная микроскопия» Объединенного ЦКП «Ультрамикроанализ» ЛИН СО РАН.

Blinov V.V., Granin N.G., Mizandrontsev I.B., Tomberg I.V.,
Sinyukovich V.N., Gnatovsky R.Yu., Zhdanov A.A.

THE INCREASE OF mineralization IN UNDER-ICE LAYER OF WATER IN SOUTHERN BAIKAL, ION BALANCE.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
bwad@lin.irk.ru

The authors recorded changes of mineralization in the under-ice layer of water. The ion balance analysis showed that the increase in mineralization is influenced not only by salinization during formation and growth of ice, but also by the water of the Selenga River were mineralization is higher than in Lake Baikal, as well as by evaporation during the autumn-winter ice-free period.

Блинов В.В., Гранин Н.Г., Мизандронцев И.Б., Томберг И.В.,
Синюкович В.Н., Гнатовский Р.Ю., Жданов А.А.

ПОВЫШЕНИЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ПОДЛЕДНОМ СЛОЕ ВОД ЮЖНОГО БАЙКАЛА, ИОННЫЙ БАЛАНС

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
bwad@lin.irk.ru

Известно, что при образовании и нарастании льда в поверхностном слое вод Байкала повышается минерализация за счет вымораживания солей. Повышение минерализации генерирует конвекцию в подледном слое воды (Гранин и др., 1999), которая влияет на перемешивание в период нарастания ледового покрова и играет важную роль в поддержании клеток диатомовых водорослей.

Целью работы является балансовые оценки поступления солей в подледном слое вод Южного Байкала. Проведены расчеты количества солей, выделевшегося при нарастании ледового покрова, а также рассмотрены дополнительные факторы влияния на увеличение минерализации в зимний период.

Изменение минерализации за период ледостава (далее приращение минерализации) рассчитывалось по данным измерений вертикального распределения электропроводности с пересчетом на сумму ионов (или ионную минерализацию – *Sc*) за период 2001-2016 гг. (март). Были рассмотрены центральные станции поперечных разрезов в южной котловине озера: м. Кадильный – р. Мишиха (ц.с.К-М), п. Листвянка – п. Танхой (ц.с.Л-Т) и п. Маритуй – п. Солзан (ц.с.М-С). Приращение минерализации (ΔQ_{Sc}) рассчитывалось интегрированием *Sc* в слое, где отмечалось изменение минерализации.

Проведен расчет поступления солей при образовании и нарастании ледового покрова ($\Delta Q_{лед}$) с учетом минерализации поверхностного слоя воды до периода ледообразования и толщины льда во время ледовых экспедиций. При оценке баланса между ΔQ_{Sc} и $\Delta Q_{лед}$ были получены величины невязки по рассматриваемым станциям. Наибольшая невязка (ΔQ_{Sc} - $\Delta Q_{лед}$) отмечалась в средней части котловины (ц.с.К-М и ц.с.Л-Т).

Различия в балансе минерализации обусловлены влиянием более минерализованных вод р. Селенга, поступление которых в подледный период оценивается до 60 % стока в южную котловину (Верболов и др., 1986). Анализ расчетов приращения минерализации за счет вод р. Селенга показал, что наибольшее влияние отмечается на ц.с.К-М, которая находится ближе к р. Селенга. В юго-западной части (ц.с. М-С) южной котловины такое влияние уже слабое. При анализе балансовых оценок минерализации поверхностного слоя вод выявлено, что дополнительным фактором, который необходимо учитывать при оценке изменения минерализации, является испарение с поверхности открытой воды до периода ледообразования.

Таким образом, показано что на повышение минерализации в подледном слое воды влияет не только осолонение при образовании и нарастании льда, но и воды р. Селенга с минерализацией выше, чем в Байкале, а также испарение в осенне-зимний период открытой воды.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания института №0345-2016-0008.

Bobrov V.A., Budashkina V.V., Shcherbov B.L.

USE OF THE ELEMENT COMPOSITION OF MADACULAR DUST AS A NATURAL ARCHIVE OF THE LONGTERM ATMOSPHERIC EMISSIONS OF HEAVY METALS OF ANTHROPOGENE ORIGIN

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Akademika Koptyuga Avenue, 3
bobr@igm.nsc.ru

Wind erosion of the arid zones of the Euro-Asian continent is considered to be the main mechanism for trapping microparticles from the earth's surface, which forms an atmospheric aerosol. The atmosphere is filled with long-range and ultra-long-range aerosols – particles of 1-4 μm in size and smaller. In the words of Academician A.P. Lisitsyn, this is "the realm of substance invisible to the eye, and in quantities that are usually invisible without the use of modern instruments" (Lisitsyn, 2001). In the process of air transport of a mineral substance that enters the atmosphere, its fractionation takes place, both in granulometric and in geochemical formulations. With the distance from the source (arid zone), the fraction of microparticles increases, and the ratio of chemical elements becomes universal.

Foreign researchers proposed the use of household (domestic) and street dust as a natural archive of local atmospheric depositions of heavy metals of anthropogenic origin (Balabanova, 2010, 2011; Bavec, 2016).

An alternative approach to the study of long-term atmospheric deposition (over 50 years) of technogenic radi-

onuclides and heavy metals is the use of attic dust. The possibility of using attic dust as any long-term monitor for determining air pollution has been proved by numerous studies. For the first time, the corresponding analytical work on the analysis of 137Cs and 239Pu near the nuclear test site of Nevada was presented (Cizdziell et al., 1998). Moreover, undisturbed dust layers in attic beams were used for historical reconstructions of air pollution of 210Pb and 137Cs in 1879-1995. in New Jersey (USA) (Lacque, 2003). Thus, it has been proven that attic dust is an effective and cheap monitor for mapping long-term aerosol pollution and assessing the risk to human health living in industrial settlements. Thus, the study of granulometric fractions, sources of exposure and pathways of exposure of heavy metals to people of different ages (4 to 104 years) in Sydney, Australia, using integrated attic dust, revealed that the anthropogenic component of heavy metals is about 25%, 75% of crustal origin (Davis, 2005).

The main objective of this study was to study the elemental composition of attic dust as an indicator of the accumulation of heavy metals of technogenic origin. For analysis, 34 samples of dust were taken from the attics of private houses in the Altai Territory, located along the latitudinal transect from the northwestern "background" section (Slavgorod, Blagoveshchenka) to the southwestern "technogenic" section (Gornyak, Zmeinogorsk). The subject of the study was the geochemical composition of the dust (the main dimension of the microparticles is 1.2-1.4 μm and higher), selected in the attics of different age-old apartment houses in the countryside. Atmospheric dust was collected by a spatula in paper envelopes from various internal parts (floor, overlapping) in the attics of houses. The study of the geochemical composition of the attic dust was carried out by a number of analytical methods - X-ray fluorescence based on the SBP3 accelerator of the Institute of Nuclear Physics of the SB RAS, neutron activation and atomic absorption in IGM SB RAS.

All samples of attic dust were grouped according to the duration of accumulation of the substance. The first group (6 samples) contained dust accumulated during the period 1914-1940. ("Preatomic") period. The second (12 samples) is attributed to the "atomic" years, characterized by rapid development of industry in the south of Siberia and Eastern Kazakhstan, the development of virgin lands and the functioning of the Semipalatinsk test site (1945-1962). The third group (9 samples) characterized the last 30 years, after 1970, when the nuclear tests and active development of virgin lands were completed. The fourth (7 samples) – the period of stabilization of industrial and agricultural production (after 1980). The mean values of the content of elements within their group have relatively low coefficients of variation (V% is the ratio of the mean square to the mean): 1 group – 5-15%, 2 group – 7-16%, 3 group – 10-30%, 4 group – 8-21%. Despite the spread of values by groups, the "total average" remains at 10%.

The final results of the study are presented in the form of "enrichment coefficients" EF (Enrichment Factor), which are calculated according to the formula EF = (Xi / XAl) dust / (Xi / XAl) clay. The sulphate agrees with the approach (Shotyk et al., 1996), where Xi - the concentration of each element, normalized by the content of a conservative element (aluminum). Coefficients EF of heavy metals (Cd, Pb, Zn, Hg) in attic dust are greater than 1 and above the "conditionally background" values for soils of the Altai Territory. It is this group of elements that refers to the most active air migrants with an anthropogenic source. In particular, this is shown by geochemical studies of forest fires in Siberia (Shcherbov, 2012). As for ore elements (Mn, Cr, Co, Ni, Cu), their elevated concentrations are also caused by man-made or anthropogenic sources. Elevated levels of Na, Ca and Mg attic samples are due to other sources of income - the widespread distribution of saline lakes in the surveyed areas.

Thus, the impact of technogenic and anthropogenic processes (nuclear weapon tests, general industrialization, development of virgin lands, household waste) on the atmosphere of Western Siberia in the twentieth century proved to be commensurate with natural factors for a number of volatile elements (Cd, Hg, Zn, Pb, Sb and other). This ratio remains stable for the last 2000 years (Gavshin et al., 2003; Bobrov et al., 2013). The same elements that have high variability and anomalously high contents are formed due to local deposition (Shcherbov, 2012). Elements introduced by global atmospheric transport are correlated with rock-forming (crustal) elements and therefore have less variability.

The work was carried out with the partial support of the RFBR grant № 17-45-540063 r-a.

Бобров В.А., Будашкина В.В., Щербов Б.Л.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ЧЕРДАЧНОЙ ПЫЛИ В КАЧЕСТВЕ ПРИРОДНОГО АРХИВА ДОЛГОВРЕМЕННЫХ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ АНТРОПОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,
630090, Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3
bobr@igm.nsc.ru

Ветровая эрозия аридных зон Евро-Азиатского континента считается основным механизмом захвата микрочастиц с земной поверхности, формирующим атмосферный аэрозоль. Атмосфера наполнена аэрозолями дальнего и сверхдальнего распространения – частицами размером 1-4 мкм и более мелкими. По выражению академика А.П. Лисицына, это «царство вещества, невидимого глазом, причем в количествах, обычно незаметных без применения современных приборов» (Лисицын, 2001). В процессе воздушного переноса минерального вещества, поступившего в атмосферу, происходит его фракционирование, как по гранулометрическому, так и по геохимическому, составам. С удалением от источника (аридной зоны) доля микрочастиц возрастает, а соотношение химических элементов становится универсальным.

Зарубежными исследователями предложено использовать бытовую (домашнюю) и уличную пыль в качестве природного архива локальных атмосферных выпадений тяжелых металлов антропогенного происхождения (Balabanova, 2010, 2011; Bavec, 2016).

Альтернативный подход к изучению долговременных атмосферных выпадений (более 50 лет) техногенных радионуклидов и тяжелых металлов – это использование чердачной пыли. Возможность применения

чердачной пыли как любого долгосрочного монитора для определения загрязнения атмосферы доказано многочисленными исследованиями. Впервые была представлена соответствующая аналитическая работа по анализу ^{137}Cs и ^{239}Pu возле ядерного полигона Невады (Cizdziell et al., 1998). Более того, ненарушенные слои пыли на чердачных балках использовались для исторических реконструкций загрязнения воздуха ^{210}Pb и ^{137}Cs в 1879-1995 гг. в Нью-Джерси (США) (Lacque, 2003). Таким образом, было доказано, что чердачная пыль – эффективный и дешёвый монитор для составления карт долгосрочного аэрозольного загрязнения и оценки риска для здоровья человека, живущего в промышленных населённых пунктах. Так, исследование гранулометрических фракций, источников поступления и путей воздействия тяжелых металлов на жителей разных возрастов (от 4 до 104 лет) Сиднея (Австралия) по интегрированной чердачной пыли позволило выявить, что антропогенная составляющая тяжелых металлов около – 25%, 75% – корового происхождения (Davis, 2005).

Основной задачей данного исследования было изучение элементного состава чердачной пыли как индикатора накопления тяжелых металлов техногенного происхождения. Для анализа были взяты 34 образца пыли с чердаков частных домов Алтайского края, расположенных вдоль широтного трансекта от северо-западного «фонового» участка (Славгород, Благовещенка) до юго-западного «техногенного» участка (Горняк, Змеиногорск). Предметом изучения послужил геохимический состав пыли (главная размерность микрочастиц 1,2-1,4 мкм и выше), отобранных на чердаках разновозрастных жилых домов в сельской местности. Атмосферная пыль была собрана шпателем в бумажные конверты с различных внутренних деталей (пола, перекрытий) на чердаках домов. Изучение геохимического состава чердачной пыли выполнено рядом аналитических методов – рентгено-флуоресцентным на базе ускорителя ВППЗ ИЯФ СО РАН, нейтронно-активационным и атомно-абсорбционным в ИГМ СО РАН.

Все образцы чердачной пыли были сгруппированы по продолжительности накопления вещества. Первая группа (6 образцов) содержала пыль, накопившуюся в период 1914-1940 гг. («доатомный») период. Вторая (12 образцов) отнесена к «атомным» годам, характеризующимся бурным развитием промышленности юга Сибири и Восточного Казахстана, освоением целинных земель и функционированием Семипалатинского полигона (1945-1962 гг.). Третья группа (9 образцов) характеризовала последние 30 лет, после 1970 г., когда закончились ядерные испытания и активное освоение целинных земель. Четвертая (7 образцов) – период стабилизации промышленного и сельскохозяйственного производства (после 1980 г). Средние значения содержания элементов в пределах своей группы имеют относительно невысокие коэффициенты вариации (V% – отношение среднеквадратического значения к среднему): 1 группа – 5-15%, 2 группа – 7-16%, 3 группа – 10-30%, 4 группа – 8-21%. Несмотря на разброс значений по группам, «общее среднее» остаётся на уровне 10%.

Окончательные результаты исследования представлены в виде «коэффициентов обогащения» EF (Enrichment Factor), которые рассчитываются по формуле $EF = (X_i/X_{Al})_{пыль} / (X_i/X_{Al})_{глин.сланец}$ согласено подходу (Shotyk et al., 1996), где X_i – концентрация каждого элемента, нормированного по содержанию консервативного элемента (алюминия). Коэффициенты EF тяжелых металлов (Cd, Pb, Zn, Hg) в чердачной пыли больше 1 и выше «условно фоновых» значений для почв Алтайского края. Именно эта группа элементов относится к наиболее активным воздушным мигрантам, имеющим антропогенный источник. В частности, это показано геохимическими исследованиями лесных пожаров Сибири (Щербов, 2012). Что касается рудных элементов (Mn, Cr, Co, Ni, Cu), то их повышенные концентрации так же обусловлены техногенными или антропогенными источниками. Повышенные содержания в образцах чердачной пыли Na, Ca и Mg обусловлены другими источниками поступления – повсеместное распространение соленых озер в обследованных районах.

Таким образом, воздействие техногенных и антропогенных процессов (испытания ядерного оружия, общая индустриализация, освоение целинных земель, бытовые отходы) на атмосферу Западной Сибири в XX веке оказались соизмеримыми с природными факторами по ряду летучих элементов (Cd, Hg, Zn, Pb, Sb и др.). Это соотношение остается стабильным последние 2000 лет (Гавшин и др., 2003; Бобров и др., 2013). Те же элементы, которые имеют высокую вариабельность и аномально высокие содержания, формируются за счет локальных выпадений (Щербов, 2012). Элементы, привнесенные глобальным атмосферным переносом, соотносимы с породообразующими (коровыми) элементами и поэтому имеют меньшую вариабельность.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 17-45-540063р-а.

Bogdanov B.E.

ICHTHYOFAUNA OF THE BAIKAL WATER SYSTEM: MODERN STRUCTURE AND HISTORY OF FORMATION

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
bakhtiar.bogdanov@mail.ru

There are many scientific works, both historical and contemporary, dedicated to the issues related to the description of the taxonomic and biological diversity of fishes, the structure and the formation history of the ichthyofauna in Baikal and its basin. One of the controversial statements frequent for faunistic descriptions is immiscibility of the Baikal endemic and Siberian-Baikal non-endemic faunas represented by local forms of widespread European-Siberian species. Another controversial point concerns a slightly less popular statement that modern ichthyophauna of the Baikal region, as well as Siberia in general (disregarding Lake Baikal with its endemic fauna), is the remnant of the once common European-Siberian ichthyofauna existing in its present form now in the Oligocene-Miocene, but rather depleted due to extinction of thermophilic species in the Pleistocene.

Analysis of the current publications about phylogeny and phylogeography of Eurasian fishes gives a new insight into the taxonomic structure and the formation history of the Baikal ichthyofauna and the Baikal region. Ac-

cording to recent data, the modern ichthyofaunal of the Baikal water system formed in stages during the past two million years from 1) cold-water species of Boreal (European-Siberian) and Upland-Asian faunas of the Neogene; 2) younger (Pleistocene and Holocene) species migrating from the Amur, Central Asian and Ponto-Caspian basins, and 3) autochthonous (endemic) forms and species with a different evolutionary age: from the Lower Pleistocene to Holocene. All these species and forms interact in some way and form stable species compositions associated with habitat in the certain landscape and ecological zones of Lake Baikal and its basin. Therefore, the statement about the immiscibility of Baikal endemic and Siberian-Baikal non-endemic faunas is not relevant.

The work is done within the Basic Research VI.50.1.4. (0345-2016-0002) “Molecular ecology and evolution of living systems of the Central Asia under the global climate change”.

Богданов Б.Э.

ИХТИОФАУНА СИСТЕМЫ ВОД БАЙКАЛА: СОВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА И ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
bakhtiar.bogdanov@mail.ru

Существует немало научных трудов, как исторических, так и современных, посвящённых вопросам, связанным с описанием таксономического и биологического разнообразия рыб, структуры и истории формирования ихтиофауны Байкала и его бассейна. Один, из спорных моментов, часто встречающийся в фаунистических описаниях, это тезис о не смешиваемости эндемичной байкальской и не эндемичной сибирско-байкальской фаун, представленной местными формами широко распространённых европейско-сибирских видов. Другой спорный вопрос касается, чуть мене популярного утверждения, о том, что современная ихтиофауна байкальского региона, как и Сибири в целом (без учёта Байкала, с его глубоко эндемичной фауной), является остатком некогда единой европейско-сибирской ихтиофауны, существовавшей в нынешнем виде уже в олигоцене-миоцене, но несколько обеднённой, за счёт вымирания теплолюбивых видов в плейстоцене.

Анализ современных публикаций о филогении и филогеографии рыб Евразии, позволяют несколько иначе взглянуть на таксономическую структуру и историю формирования ихтиофауны Байкала и байкальского региона. Согласно последним данным современная ихтиофауна системы вод Байкала формировалась поэтапно на протяжении последних 2 млн лет из 1) холодноводных видов бореальной (европейско-сибирской) и нагорно-азиатской фаун неогена; 2) более молодых (плейстоценовых и голоценовых) видов – мигрантов из амурского, центрально-азиатского и понто-каспийского бассейнов и 3) автохтонных (эндемичных) форм и видов, имеющих также разный эволюционный возраст: от нижнего плейстоцена до голоцена. Все эти виды и формы, так или иначе, взаимодействуют и, в том числе, образуют устойчивые видовые композиции, связанные с обитанием в определённых ландшафтно-экологических зонах Байкала и его бассейна. В связи с чем, тезис о не смешиваемости байкальской эндемичной и сибирско-байкальской не эндемичной фаун теряет свою актуальность.

Работа выполняется в рамках проекта VI.50.1.4. (0345-2016-0002) «Молекулярная экология и эволюция живых систем Центральной Азии в условиях глобальных экологических изменений».

Bogdanov B.E., Teterina V.I., Kirilchik S.V.

ECOLOGICAL FORMS OR YOUNG SPECIES: THE PHENOMENON OF MODERN SPECIATION IN LAKE BAIKAL USING THE EXAMPLE OF COTTOID FISH OF GENERA *CYPHOCOTTUS* AND *BATRACHOCOTTUS*

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
bakhtiar.bogdanov@mail.ru

Endemic fishes of Lake Baikal – grayling, whitefish and sculpins, are characterized by the presence of complexes of forms with different stages of speciation. On the one hand, the abundance of intermediate forms generates uncertainty with the definition of boundaries and number of taxa, but, on the other hand, allows us to track the intermediate stages of speciation and come to an understanding of its possible scenarios. In this respect, the sculpins are of the greatest interest, since they have the highest species diversity.

In the presented study the phenetic relationships of 6 sculpins species were estimated by 6-11 meristic and 28 plastic characters. To detect population structure of the species cytochrome b gene (Cytb) of mtDNA and the ribosomal DNA first internal transcribed spacer (ITS1) sequences were used. The genera *Batrachocottus* and *Cyphocottus* were chosen for the study, as they are represented by a series of forms homologous in phenotype and biology at different stages of speciation. The structures of these genera look like a “chains of forms”, with all overlapping phenotypic characters. However, in the genus *Batrachocottus*, analyzed “forms” are definitely biological species: diagnosed from exterior features, reproductively isolated, and with their own distribution areas. Thus, the genus *Batrachocottus* includes four species: “good species” *B. baicalensis*, early diverged from the others, and a group of young species consisting of *B. nikolskii*, *B. multiradiatus* and *B. talievi*. The genus *Cyphocottus* has a similar taxonomic structure. The form described as *C. elegans* corresponds completely to the criteria of both biological and taxonomic species. These fishes are phenotypically similar, have a continuous distribution area, and are reproductively isolated from other. In contrast to *C. elegans* the other forms of the genus are passing through the early stages of speciation. They are not discretely different from each other, confined to certain underwater landscapes and have a complex of intraspecific forms within the polymorphic species *C. megalops*. We hypothesized that in continuing or incomplete speciation, no discrete differences between the species in the phenotypic characters are formed. Therefore, young species from intraspecific forms differ, mainly, by the level of isolation of their gene pools.

The work is done within the Basic Research VI.50.1.4. (0345-2016-0002) “Molecular ecology and evolution of living systems of the Central Asia under the global climate change”.

Богданов Б.Э., Тетерина В.И., Кирильчик С.В.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМЫ ИЛИ МОЛОДЫЕ ВИДЫ: ФЕНОМЕН СОВРЕМЕННОГО ВИДООБРАЗОВАНИЯ В БАЙКАЛЕ НА ПРИМЕРЕ КОТТОИДНЫХ РЫБ РОДОВ *BATRACHOCOTTUS* И *CYPHOCOTTUS*

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
bakhtiar.bogdanov@mail.ru

Эндемичные рыбы Байкала характеризуются наличием комплексов форм на разных этапах видообразования.

Для эндемичных байкальских рыб (хариусовых, сиговых и керчаковых) характерно то, что наряду с «хорошими видами» в озере сосуществуют «комплексы форм» находящиеся на разных этапах видообразования. Это, с одной стороны, порождает неопределённость с числом таксонов, но, с другой стороны, позволяет отследить промежуточные этапы видообразования и прийти к пониманию его возможных сценариев. В контексте данной проблемы, бычки (рогатковидные рыбы) представляют наибольший интерес, так как характеризуются наибольшим видовым разнообразием и составляют более 2/3 байкальской ихтиофауны. В представленном исследовании фенетические отношения оценивались по 6-11 меристическим и 28 пластическим признакам. Популяционно-генетические исследования проводились с использованием анализа нуклеотидных последовательностей митохондриального гена цитохрома Б (Cytb) и первого внутреннего транскрибируемого спейсера рибосомной ДНК ядерного генома (ITS1). Роды *Batrachocottus* и *Cyphocottus* были выбраны для исследования, поскольку представлены гомологическими по фенотипу и биологии рядами форм, находящимися на разных стадиях видообразования. Структура этих родов выглядят как «цепь форм», связанных интерградацией по фенотипическим признакам. Тем не менее, в роде *Batrachocottus,* исследованные «формы» определённо являются биологическими видами: репродуктивно изолированными, имеющими собственные, в большей или меньшей мере перекрывающиеся ареалы и диагностируемыми по экстерьерным признакам. Таким образом, род *Batrachocottus* включает 4 вида: «хороший вид» *B. baicalensis*, давно дивергировавший от остальных, и группу молодых видов, состоящую из *B. nikolskii*, *B. multiradiatus* и *B. talievi*. Аналогичную структуру имеет род *Cyphocottus*. Входящие в него формы (феноны) не имеют дискретных различий, но диагностируются по сочетанию признаков. Обособленное положение, полностью отвечающее критериям вида, как биологического, так и таксономического, занимает форма, описанная как *C. elegans*. Эти рыбы фенотипически однообразны, отличны от других, имеют непрерванный ареал и репродуктивно изолированы от других форм. Последние находятся на ранних стадиях видообразования и образуют комплекс внутривидовых форм в составе полиморфного вида *C. megalops*. Высказано мнение, что в условиях продолжающегося или незавершённого видообразования нередкой является ситуация, когда между видами нет дискретных различий в рядах изменчивости фенотипических признаков. Поэтому, молодые виды от внутривидовых форм отличаются, главным образом, уровнем обособленности их генофондов.

Работа выполняется в рамках проекта VI.50.1.4. (0345-2016-0002) «Молекулярная экология и эволюция живых систем Центральной Азии в условиях глобальных экологических изменений».

Bolgov M.V.

ABOUT THE PROBLEM OF LEVEL CONTROL OF LAKE BAIKAL

Institute of water problems of RAS, 119333, Moscow, Gubkin St., 3.
bolgovmv@mail.ru

In the basin of Lake Baikal for more than 15 years the long low flow period which gained catastrophic character in recent years is observed. Water supplies in reservoirs of the Angarsk cascade are reduced, the water level in Baikal is lowered below the marks established by the Government of the Russian Federation, on certain sites work of river transport is broken, there were difficulties with water supply of the population of the region.

Modeling and prediction of fluctuations of Lake Baikal level is one of the complex problems of the modern hydrometeorology. Despite existence of more than 100-year period of instrumental observations, the forecast of level it is possible only in a probability form today, i.e. it is impossible to predict calendar year of the termination of a low flow phase. The task of the probability forecast of level in the conditions of regulation of a drain from the lake is even more composite.

The problem of use of water resources of Lake Baikal is that today control of the lake is exercised on the basis of "Ground rules of use of water resources of reservoirs of the Angarsk cascade of hydroelectric power station (Irkutsk, Brotherly and Ust-Ilimsk)", accepted in 1988, and resolutions of the Government of the Russian Federation of 26.03.2001 No. 234 "About the limiting values of the water level in Lake Baikal at economic and other activity", limited the maximum and minimum levels of water in Lake Baikal with marks 456,0-457,0 m

Practice showed that it is impossible to combine requirements of these two normative documents as the restrictions set by the Resolution No. 234 cannot be executed in shallow years without the significant ecological and social and economic damages.

For ensuring steady water management and providing hydrological operating conditions of an ecosystem of the lake, the range of the limiting marks of level control of water in the lake has to be wider.

Болгов М.В.

О ПРОБЛЕМЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Институт водных проблем РАН, 119333, Москва, ул. Губкина, д.3.
bolgovmv@mail.ru

В бассейне озера Байкал на протяжении более 15 лет наблюдается затяжной маловодный период, который в последние годы приобрел катастрофический характер. Сработаны запасы воды в водохранилищах Ангарского каскада, уровень воды в Байкале снижен ниже установленных Правительством РФ отметок, на отдельных участках нарушена работа речного транспорта, возникли сложности с водоснабжением населения региона.

Моделирование и прогнозирование колебаний уровня озера Байкал является одной из сложных проблем современной гидрометеорологии. Размах колебаний уровня Байкала определяется соотношением величин речного притока к озеру, и оттока из озера, зависящего от самого уровня воды, и в естественных условиях составляет величину около двух метров. Но несмотря на наличие более чем 100-летнего периода инструментальных наблюдений, прогноз уровня сегодня возможен только в вероятностной форме, т.е. предсказать календарный год окончания маловодной фазы невозможно. Еще более сложной является задача вероятностного прогноза уровня в условиях регулирования стока из озера.

Проблема использования водных ресурсов озера Байкал заключается в том, что сегодня управление озером осуществляется на основе «Основных правила использования водных ресурсов водохранилищ Ангарского каскада ГЭС (Иркутского, Братского и Усть-Илимского)» РВ-269-87, принятых в 1988 г., и постановления Правительства Российской Федерации от 26.03.2001 г. №234 «О предельных значениях уровня воды в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности» (далее – Постановление), ограничившее максимальные и минимальные уровни воды в озере Байкал отметками 456,0-457,0 м. Практика показала, что совместить требования этих двух нормативных документов невозможно, поскольку ограничения, установленные Постановлением №234, не могут быть выполнены в маловодные годы без значительных экологических и социально-экономических ущербов. По причине принятия Постановления №234, с помощью Иркутского водохранилища (озера Байкал) может осуществляться только сезонное регулирование стока, многолетнее регулирование стока исключено. В результате, гарантия обеспечения водопользователей в маловодные годы снижена, а вероятность затопления нижнего бьефа в многоводные годы существенно увеличена.

Для обеспечения устойчивого водопользования и обеспечения гидрологических условий функционирования экосистемы озера, диапазон предельных отметок регулирования уровня воды в озере должен быть более широким.

В 2015-2016 годах рядом научно-исследовательских институтов и проектных организаций были выполнены исследования и подготовлены предложения по максимальным и минимальным значениям уровня воды в озере, обеспечивающие минимизацию негативных воздействий на состояние экосистемы озера Байкал, на устойчивость берегов озера, на процессы социально-экономического развития прибрежных территорий. Полученные рекомендации носили долгосрочный характер, однако Постановление Правительства РФ от 1 июля 2016 г. N626 «О максимальных и минимальных значениях уровня воды в озере Байкал в 2016-2017 годах», подготовленное с учетом научных результатов, установило новые требования к режиму колебаний уровня только на два года.

В последующий период времени были предложены и рассмотрены различные гипотезы о характере многолетних колебаний водности рек и уровня воды в озере, начаты новые научные исследования, но, к сожалению, современный уровень развития гидрологии таков, что мы не всегда можем выпускать прогнозы притока с точностью, позволяющей принимать долгосрочные оптимальные управленческие решения. Срок действия Постановления №626 закончился 31.12.2017, но 2017 год оказался также маловодным, величина притока воды к озеру Байкал недостаточной для сохранения отметки 456 м. Под угрозой оказалось функционирование водозаборов, устойчивое энергоснабжение населения и промышленности, поэтому Правительство РФ, приняв во внимание полученные научные результаты и опыт реализации предыдущих решений, своим Постановлением №1667 от 27 декабря 2017 года «О предельных значениях уровня воды в озере Байкал в 2018–2020 годах» установило значения максимального и минимального уровней воды в озере Байкал, в зависимости от условий водности, еще на три года.

Bolotova N.L.

PECULIARITIES OF ANTHROPOGENIC SUCCESSIONS OF THE DIFFERENT TYPE LAKE ECOSYSTEMS

Vologda State University, Vologda, Lenin street 15,
bolotova.vologda@mail.ru

As a result of global pollution the natural successions of water ecosystems have already been transformed into anthropogenic but of different degrees. The successions depend on the priority of natural and anthropogenic factors. Differences in anthropogenic succession during eutrophication, toxification, and changes in the ionic composition of water, accompanied by undesirable restructuring of communities are discussed. The nonlinear response of the large and small shallow lakes of glacial origin to anthropogenic impact is analyzed.

Болотова Н.Л.

ОСОБЕННОСТИ АНТРОПОГЕННЫХ СУКЦЕССИЙ РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Вологодский государственный университет, Вологда, ул. Ленина 15,
bolotova.vologda@mail.ru

В условиях глобального загрязнения водных экосистем их развитие можно рассматривать как антропогенные сукцессии разной степени выраженности. Это процессы эвтрофирования, токсификации, сдвиги ионной композиции воды и активной реакции среды, что сопровождается нежелательными перестройками сообществ. Антропогенные сукцессии имеют нелинейный характер, что соответствует самоорганизации экосистем в неустойчивом состоянии при многофакторной хозяйственной нагрузке в специфических условиях ландшафтно-климатической зоны. Наиболее заметные отклонения от природных сукцессий обусловлены резонансным эффектом, когда антропогенное воздействие совпадает с естественными механизмами развития экосистем.

Наглядной иллюстрацией резонансного эффекта могут служить выраженные антропогенные сукцессии мелководных озерных экосистем приледникового происхождения. Многолетние ряды наблюдений за состоянием разнотипных озер на территории Вологодской области, расположенной в подзонах средней и южной тайги на Северо-Западе России, позволили выявить особенности их развития при разной антропогенной нагрузке. Это крупные рыбопромысловые озера: Белое (1284 км^2), входящее в систему Волго-Балтийского водного пути, Кубенское (417 км^2), относящее к Северо-Двинской водной экосистеме, и оз. Воже (418 км^2), удаленное от центров хозяйственной деятельности. Два малых озера, расположенные на водосборе Белого озера ранее пять лет эксплуатировались в системе озерного товарного хозяйства. Из них Буозеро (0,9 км^2) использовалось в режиме питомника и подверглось коренному преобразованию, включая осенний спуск воды, очистку от растительности, уничтожение аборигенных рыб ихтиоцидом, внесение удобрений и зарыбление. Бессточное оз. Люпинское (2,6 км^2) служило нагульным водоемом, где проводилась реконструкция ихтиофауны за счет интенсивного изъятия местной рыбы и вселения сиговых рыб. После запуска озер было прослежено их восстановление через 10 лет. Изменение некоторых гидрохимических параметров в этих малых озерах зависело от глубины, проточности и своеобразия водосборов. Произошли сдвиги в структуре зоопланктона и зообентоса, а сиговые рыбы были вытеснены аборигенными видами. Восстановление сообществ проходило за счет регуляции по типу «трофического каскада».

Резонансный эффект эвтрофирования характерен для озер с глубиной около 2 м, которые развиваются по «макрофитному» пути: Буозеро, Воже, Кубенское. Зарастающее малое Буозеро, тесно зависящее от состояния трансформированного водосбора, отличалось наибольшими темпами эвтрофирования, что стимулировалось внесением минеральных удобрений. Выявлена высокая скорость изменения крупного озера Воже в условиях слабого антропогенного пресса, чему способствовали внутриводоемные процессы и обширный заболоченный водосбор. Эвтрофирование Кубенского озера, наряду с природными особенностями, ускорялось за счет антропогенной нагрузки на озеро и водосбор. Процессы эвтрофирования крупного оз. Белого и малого оз. Люпинского замедлялись при «фитопланктонном» пути развития на фоне их морфометрических особенностей, несмотря на разное антропогенное воздействие. Оз. Белое испытывает наибольшую и хроническую внешнюю биогенную нагрузку, тогда как оз. Люпинское выведено из хозяйственного использования в середине 1980-х годов.

Токсификация разнотипных озер определяется поступлением опасных элементов от локальных источников, загрязнением водосбора, а также аэротехногенным переносом в условиях активной атмосферной циркуляции при значительной доле осадков в водном балансе. Так, при удаленности озера Воже от источников промышленной эмиссии, накопление тяжелых металлов в тканях рыб было по отдельным элементам выше, чем в других озерах. Все рассматриваемые озера находятся в карбонатных ландшафтах, что препятствует их закислению. В малых озерах произошел сдвиг pH в щелочную сторону, особенно заметный в Буозере. Однако в крупных озерах изменение потока катионов и анионов с водосбора и аэротехногенный перенос создают предпосылки закисления при увеличении количества сульфатов и уменьшении гидрокарбонатов.

При антропогенных сукцессиях структурные перестройки трофических уровней в разных озерах отличаются специфичностью. Изменения рыбной части сообщества прослеживаются на уровне фаунистических комплексов, видовой и внутрипопуляционной структуры. Увеличивается доля рыб понтокаспийского комплекса, фитофилов, r-стратегов, хищников и угнетаются популяции сиговых. Одним из основных механизмов перестройки являются внутрипопуляционные дифференцировки по темпу роста рыб с расхождением их спектров питания, что перераспределяет потоки энергии в сообществе. В настоящее время скорость перестройки рыбного населения увеличивается на фоне климатических изменений и биоинвазий. Антропогенные сукцессии не сводятся только к количественным изменениям природных процессов, и носят эмерджентный характер. В отличие от природных сукцессий, имеющих последовательные стадии, действие антропогенных факторов отличается малой предсказуемостью при аддитивных и синергетических взаимодействиях.

Bondarenko N., Vorobyova S., Zhuchenko N., Golobokova L.

A CURRENT STATE OF LAKE BAIKAL SHALLOW PHYTOPLANKTON, SPRING 2017

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
nina@lin.irk.ru

To assess a current state of the primary link of shallow plankton in Lake Baikal along all its basins in spring 2017, a study of its water chemical characteristics, algal species composition, abundance and biomass of phytoplankton was carried out along the 44 shallow and 3 pelagic stations.

The shallow waters contained low concentrations of nutrients in the upper layer of the water column as it was usual in years when spring phytoplankton intensively bloomed. Mineral nitrogen contents varied from 20 to 70 mg·m^{-3} (reaching 140 mg·m^{-3} at bottom layers) as well as phosphate phosphor from 2 to 17 mg·m^{-3}, and silicon from 300 to 1500 mg·m^{-3}. Nitrate nitrogen contributed 70 to 85% to the total mineral nitrogen while the other share of 15 to 30% was ammonium nitrogen. Nitrite nitrogen was totally absent at the western coast of Lake Baikal and poor, about 1-2%, at its eastern coast.

It was sharp spatial heterogeneity in the phytoplankton biomass distribution along the western, from 33 to 566 mg·m^{-3}, and eastern, from 860 to 2933 mg·m^{-3}, coasts of the lake. This pattern was caused by the circumstance that the waters at the western coast got heated faster than the eastern waters and consequently diatom algae in western shallows began to sink earlier into the deeper layers. Also more abundant phytoplankton at the eastern lake shore was likely related to more amounts of nutrients inflowing into Lake Baikal by the rivers and to the fact that the eastern shore was more populated and therefore more polluted.

Dominant species were different from location to location along the lake. During the last decade since 2007, diatom *Ulnaria radians* dominated in spring phytoplankton at the southern and middle basins of Lake Baikal. In 2017, it was dominating also varying from 28 to 1400 thousand cells per litre. In the northern basin and Chivyrkuyskiy bay, chrysophyte *Dinobryon cylindricum* dominated by 25 to 1374 thousand cells per litre. This alga and green *Koliella longiseta* both dominated in Maloe More by 26 to 869 thousand cells per litre and correspondingly 144 to 508 thousand cells per litre.

Violations in regular functioning of Lake Baikal phytoplankton observing since 2000s took place in 2017 too. The typical to Lake Baikal large-cell set of diatom algae, namely *Aulacoseira baicalensis*, *A. islandica*, and *Stephanodiscus meyeri*, was not abundant varying from 0.5 to 10 thousand cells per litre like it was during the last ten years. Diatom *Nitzschia graciliformis* (former *N. acicularis*), which intensively developed over 1970-90s and showed very low numbers, less than thousand cells per litre, after 1996, increased again its number during the last time, in 2017 being maximal in the northern basin, and middle basin. This alga is known to be sensitive to evaluating phosphor contents in the environment. In 20th century, the diatom large-cell algae have produced high values of biomass periodically more than 1 g·m^{-3} in so-called melosira (high-productive) years but now small-sized algae were composing spring phytoplankton and gave less biomass. In 2017, biomass in some lake locations reached the criterion of high-productive year but in average over the lake they were lower: 547±237 mg·m^{-3} in the northern basin, 841±346 mg·m^{-3} in the middle basin, and 787±440 mg·m^{-3} in the southern basin, p=0.05. So, 2017 may be assigned as middle-productive.

A diatom analysis of the fossils obtained from the Lake Baikal bottom confirmed changes in the dominant algae composition of phytoplankton. It showed that *Ulnaria radians* increased its number in upper bottom sediments by an order, i.e. from 3.6% in 2003 to 35.5% in 2015 or 3.9 and 36.1 million valves per 1 g of dry fossil. Meanwhile valve numbers of *A. baicalensis* decreased from 42 to 22%.

Structural changes happened in plankton: decreasing role of the typical Baikalian large-cell diatom complex on the background of increasing role of small-sized algae and dominant algae inserts testify to a stressed state of the Lake Baikal shallow. So we need careful monitoring over this part of the Lake Baikal ecosystem. In the world, there are not so many long-term phytoplankton series comparable in length with the Baikalian series which is longer than 60 years. Such long series allow us to reveal changes in the ecosystem, to investigate their causes, are they natural or anthropogenic, and predict ecological trends.

Бондаренко Н.А., Воробьева С.С., Жученко Н.А., Голобокова Л.П.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИБРЕЖНОГО ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕРА БАЙКАЛ, ВЕСНА 2017

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
nina@lin.irk.ru

Для оценки современного состояния первичного звена планктона озера Байкал во всех его котловинах поздней весной 2017 года было проведено изучение химических характеристик воды, видового состава, обилия и биомассы фитопланктона на 44 прибрежных и трёх пелагических станциях.

В прибрежных водах содержание биогенных элементов в поверхностных слоях, как обычно в годы интенсивного развития весеннего планктона, было низким. Концентрация азота колебалась в пределах от 20 до 70 мг·м$^{-3}$ (в придонных слоях до 140 мг·м$^{-3}$), фосфора 2-17 мг·м$^{-3}$, кремния от 300 до 1500 мг·м$^{-3}$. Содержание нитратного азота варьировало в пределах 70-85% от суммарного минерального азота, на долю аммонийного азота приходилось от 15 до 30%. Вдоль западного побережья отмечалось отсутствие нитритного азота, а вдоль восточного побережья его низкое содержание, 1-2% от суммарного минерального азота.

Отмечена резкая пространственная неоднородность в распределении биомассы фитопланктона вдоль западного (от 33 до 566 мг·м^{3}) и восточного (от 860 до 2933 мг·м^{3}) берегов озера, что было обусловлено более ранним прогревом воды вблизи западного берега, вызвавшим опускание весеннего комплекса водорослей, а также с повышенной биогенной нагрузкой со стоком рек у восточного и плотным расположением населённых пунктов в этом районе.

По акватории озера отличались и виды-доминанты. Так же как в последнее десятилетие (с 2007 г.), в весеннем планктоне на юге и в средней котловине одним из доминирующих видов был диатомовый *Ulnaria radians*, численность которого колебалась в пределах от 28 до 1400 тыс. кл.·л$^{-1}$. В Северном Байкале и Чивыркуйском заливе доминировал золотистый *Dinobryon cylindricum*, от 25 до 1374 тыс. кл.·л$^{-1}$, а в Малом Море зелёный *Koliella longiseta*, от 144 до 508 тыс. кл.·л$^{-1}$, и *Dinobryon cylindricum*, 26-869 тыс. кл.·л$^{-1}$.

Отмеченные в начале текущего столетия нарушения в устойчивом функционировании фитопланкто-

на озера продолжились и в 2017. Численность крупноклеточного байкальского комплекса диатомовых, представленного *Aulacoseira baicalensis*, *A. islandica*, и *Stephanodiscus meyeri*, также, как было последние десять лет, незначительна, от 0.5 до 10 тыс. кл.·л$^{-1}$. Увеличивается численность доминировавшего в 1970-1990 гг. диатомового *Nitzschia graciliformis* (прежнее название *N. acicularis*), чувствительного к повышенным концентрациям фосфора в среде. В связи с доминированием мелкоклеточных представителей, в весенний период отсутствуют четко выраженные высокопродуктивные годы, когда средняя биомасса фитопланктона по котловинам превышала 1 г·м$^{-3}$, которые наблюдались в прошедшем столетии. В 2017 г. значения на отдельных станциях соответствовали высокопродуктивным годам, но средние величины 547±237 мг/м^3 в северной котловине, 841±346 мг/м^3 в средней и 787±440 мг/м^3 в южной характеризуют 2017 год, как среднепродуктивный.

Изменения в доминирующем составе фитопланктона подтверждаются результатами диатомового анализа озёрных осадков, который показал, что в поверхностных осадках Южного Байкала произошло почти на порядок увеличение количества *Ulnaria radians* (относительная численность от 3,6% в 2003 г. до 35,5% в 2015 г., или 3,9 и 36,1 млн створок в г сухого осадка). Количество створок *A. baicalensis* снизилось с 42 до 22%.

Произошедшие структурные перестройки в планктоне: снижение численности байкальского комплекса, смена доминантов и интенсивное развитие видов, имеющих более мелкие размеры, – свидетельствуют о стрессовом состоянии прибрежной зоны озера, что требует тщательного дальнейшего слежения за этой частью экосистемы. Столь длительных рядов наблюдений за фитопланктоном, как на озере Байкал, в мире немного, но именно такие наблюдения позволяют выявлять изменения в экосистеме озер, определять их природу, естественного они или антропогенного характера, и делать прогноз на будущее.

Bukhchuluun Ts.[1], Baigal-Amar T.[2]

DIATOM STUDY IN KHARA RIVER BASIN, MONGOLIA

[1]Institute of General and Experimental Biology, Mongolian Academy of Science
[2]Mongolian State University of Life Sciences
btsegmid@gmail.com; tbaigalamar@muls.edu.mn

The Khara River basin is located in northern Mongolia between latitudes 47°53’ and 49°38’ N and longitudes 105°19’ and 107°22’E with a catchment area of 14,534 km^2 including its main tributaries namely Tunhel, Sugnugur, Bayangol, Shivert and Zagdal rivers, and other smaller streams. Its total length is 362 km and with average discharges of 11.1 m^3/ to the Orkhon River. The Khara river effluences from the western side of Baga Khentii mountains and belongs to Selenge River Basin. Along the Khara River, some cities and towns like Barunkhara, Darkhan and Zuunkhara are located. Agricultural land covers 58.95%, forest 9.2%, riparian zone 3.24%, and urban 0.46% of the total catchment of the Khara River.

Diatom studies are very important for river basin monitoring to assess water quality and ecological integrity. Data on algal abundance and distribution are fundamental information for environmental protection and monitoring.

Although algae study in Mongolia have started in 1903, it required several decades until the first assessment of river water quality based on diatom communities in Mongolia has been published by Soninkhishig et al. (1999).

Diatom samples were collected from microhabitats (mud, plant, stone) along the Kharaa River basin to establish baseline information for diatom diversity in each habitat and to test for their use as water quality indicators. A total of 345 species belonging to 58 genera were recorded in this area. The diatoms recorded only on plants, stones, and mud respectively. While totally 159, 154, 226 taxa were recorded on plants, stones, and mud respectively 38 taxa were counted only on plants, 49 taxa were counted only on stones, and 94 taxa were only in mud samples. The 77 diatom taxa were commonly distributed among all habitats. The greatest number of diatom richness was determined from mud samples collected in May.

Site ecological conditions assessments were done using integration of 19 different diatom metrics and compered to reference sites namely the Khon and Eroo Rivers, which have no anthropogenic impact.

Along Khara River the points mostly marked as “moderate” and “bad” conditions. In the Hyporhithral region upstream of the Khara River, marks were 14% good, 57% moderate, and 28% bad. The biodiversity of diatom communities is decreasing along the Khara River from upstream to downstream. However, the diversity is increasing at the confluence of tributary streams with Khara main river. A general decrease of diatom biodiversity is stated for the Epipotamal region in the lower reaches until the confluence of Khara and Orkhon Rivers.

Bukin S.V.[1], Pavlova O.N.[1], Kalmychkov G.V.[2], Ivanov V.G.[1], Pogodaeva T.V.[1], Galach'yants Yu.P.[1], Bukin Yu.S.[1], Khabuev A.V.[1], Zemskaya T.I.[1]

SUBSTRATE SPECIFICITY OF METHANOGENIC COMMUNITIES FROM LAKE BAIKAL BOTTOM SEDIMENTS ASSOCIATED WITH HYDROCARBON GAS DISCHARGE

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Vinogradov Institute of Geochemistray SB RAS, Irkutsk, Russia
sergeibukin@lin.irk.ru

Mehtane production by microbial communities from Lake Baikal bottom sediments with different chemical composition of pore water was studied. Methane production was more active in the media supplemented with H_2 : CO_2 and H_2 + CH_3COONa, rather than in media with acetate as the sole source of carbon and energy. Addition of methanol stimulated methane production only in the case of microbial communities from upper silts. Ability of the communities to produce methane correlated reliably with the concentrations of the NO^{3-}, SO_4^{2-}, Cl^-, and CH_3COO^- ions in the pore water of the relevant sediments. Cultivation of communities from the mud volcano sediments resulted in development of methanogenic archaea of the family

Methanocellaceae in the media supplemented with H_2 : CO_2 and H_2 + CH_3COONa, while methanogenic archaea in the communities cultivated without additional substrates belonged to the genera *Methanoregula*, *Methanobacterium*, and *Methanosaeta*. In the course of study, the enrichment culture produced both methane and ethane was obtained. This enrichment was found to contain the only methanogenic microorganism, which was a member of the genus *Methanobacterium*.

In this work, the geochemical studies were performed within the framework of the State Assignment project 0345-2016-0007; the molecular biological and microbiological experiments were supported by the Russian Foundation for Basic Research grants nos. 16-04-00181_a and 18-34-00435_mol_a, respectively.

Букин С.В.[1], Павлова О.Н.[1], Калмычков Г.В.[2], Иванов В.Г.[1], Погодаева Т.В.[1], Галачьянц Ю.П.[1], Букин Ю.С.[1], Хабуев А.В.[1], Земская Т.И.[1]

ПРОЦЕССЫ БИОГЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕРА БАЙКАЛ

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия
sergeibukin@lin.irk.ru

Образование углеводородных газов в донных отложениях озера Байкал происходит как в результате анаэробного разложения органического вещества микроорганизмами, так в результате термокаталитических процессов. Углеводородные газы биогенного происхождения представлены метаном с примесью гомологов (этана, пропана, бутана), концентрация которых, как правило, на три порядка ниже, чем концентрация самого метана.

На сегодняшний день актуальным остаётся вопрос о влияние физико-химических параметров среды на субстратную специфичность и функционирование метаногенных сообществ в осадочной толще оз. Байкал. Так, с помощью радиоизотопного метода показано, что в осадках глубоководной зоны озера 75-100% метана образуется из H_2 и CO_2 (Намсараев и др., 1995; Zemskaya et al., 2010). На преимущественное образование метана в ходе CO_2-редукции указывает и разница между значениями $\delta^{13}C$ CO_2 и CH_4 (Krylov et al., 2010). В то же время, изотопные характеристики биогенного метана, заключенного в структуре байкальских газовых гидратов, свидетельствуют о его образовании по ацетокластическому пути (Hachikubo et al., 2010).

В связи с этим, для микробных популяций оз. Байкал, населяющих донные отложения метанового сипа и грязевых вулканов, с разным химическим составом поровых вод, экспериментально исследована способность образовывать метан при культивировании на основных субстратах метаногенеза. Более активно метан образовывался на средах с добавлением H_2 : CO_2 и H_2 + CH_3COONa, чем на средах с ацетатом, служащим в качестве единственного источника углерода и энергии. Добавление метанола стимулировало образование метана только микробными популяциями поверхностных илов. Способность к метангенерации исследованных природных сообществ достоверно коррелировала с содержанием ионов NO^{3-}, SO_4^{2-}, Cl^- и CH_3COO^- в поровых водах донных отложений, которые они населяют. При культивировании природных сообществ, в присутствии H_2 : CO_2 и H_2 + CH_3COONa развивались гидрогенотрофные метаногеные археи семейства Methanocellaceae, тогда как в составе сообществ, культивированных без дополнительных субстратов, метаногенные археи представлены родами *Methanoregula*, *Methanobacterium* и *Methanosaeta*.

В ходе исследования получена накопительная культура, образующая не только метан, но и этан, в составе которой единственным метаногенным микроорганизмом является представитель рода *Methanobacterium.*

Химические и литологический исследования выполнены в рамках государственного задания по теме 0345-2016-0007, молекулярно-биологический анализ за счёт гранта РФФИ № 16-04-00181_а, микробиологические исследования за счет гранта РФФИ № 18-34-00435_мол_а.

Bukin Yu.S., Voylo M.A., Kravtsova L.S.

BARCODE DNA TO IDENTIFY SPECIES OF NONBITING MIDGES OF *CRICOTOPUS* (DIPTERA: CHIRONOMIDAE)

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
bukinyura@mail.ru

The species identification of chironomid nonbiting midges is a complex and time-consuming task. In the coastal zone of Lake Baikal, hirnomids of the genus *Cricotopus* are often found. During the study, we identified *Cricotopus myiriophylli*, close to *Cricotopus* gr. *sylvestris*, as well as *Cricotopus* sp. 1 and *Cricotopus* sp. 2, close to *Cricotopus* gr. *tremulus*. The determination of their exact species belonging to morphology turned out to be difficult, so we tried to apply molecular genetic methods. For this purpose, DNA sequences of the mitochondrial gene of the first subunit of cytochrome c oxidase (CO1), 510 bp long, were obtained. The species status of Baikal chironomid nonbiting midges was determined using methods based on the analysis of the topologies of reconstructed phylogenetic trees. The application of the method has given unambiguous confirmation that the selected groups are really independent species.

This work was supported by budget project Nos 0345-2016-0004.

Букин Ю.С., Войло М.А., Кравцова Л.С.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДНК БАРКОДА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВИДОВ ЛИЧИНОК ХИРОНОМИД РОДА *CRICOTOPUS*

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
bukinyura@mail.ru

В озере Байкал личинки насекомых комаров-звонцов (Diptera: Chironomidae) играют важную роль в пищевой цепи. В частности, личинки этих насекомых являются основой кормовой базы молоди промысловых рыб, таких как омуль, сиг, хариус, окунь.

Видовая идентификация личинок хирономид представляет собой сложную и трудоемкую задачу. Наличие большого количества нечетко выраженных морфологических признаков часто не позволяет однозначно отнести исследуемых особей одного рода к определенному виду. В прибрежной зоне Байкала часто встречаются личинки хирномид рода *Cricotopus*. В процессе исследований нами были идентифицированы *Cricotopus myiriophylli,* близкий к *Cricotopus* gr. *sylvestris,* а также *Cricotopus* sp. 1 и *Cricotopus* sp. 2, близкие к *Cricotopus* gr. *tremulus*. Определение их точной видовой принадлежности по морфологии оказалось затруднительным, поэтому мы попытались применить молекулярно-генетические методы. Для этой цели были расшифрованы последовательности ДНК митохондриального гена первой субъединицы цитохром с оксидазы (CO1), длиной 510 п.н. Однако анализ последовательностей с использованием дистанционных методов также не дал однозначного результата. Поэтому в работе была предпринята попытка определить видовой статус байкальских личинок хирономид с помощью методов, основанных на анализе топологий реконструированных филогенетических деревьев.

Для биоинформатической обработки последовательностей CO1 использовали алгоритм – pipeline, состоящий из следующих этапов:

1) Формирование массива данных (последовательностей CO1) хирономид рода *Cricotopus* из международной базы данных NCBI.

2) Выравнивание последовательностей с использованием on-line сервиса MAFT.

3) Выбор наиболее оптимальной модели эволюции ДНК для филогенетической реконструкции с помощью программы JModelTest.

4) Реконструкция филогенетического древа с применением гипотезы строгих молекулярных часов (программа BEAST).

5) Анализ топологии филогенетического древа с помощью метода GMYC пакета "splits" языка программирования R.

Анализируемый массив данных включал 812 последовательностей CO1 хирономид рода *Cricotopus* из базы данных NCBI и 9 последовательностей байкальских хирономид этого рода. GMYC-анализ топологии древа показал, что весь массив данных включает 45 кластеров, соответствующих рангу вида. Байкальские хирономиды *C. myiriophylli, Cricotopus* sp. 1 и *Cricotopus* sp. 2 образуют независимые кластеры видового ранга. *C. myiriophylli,* хотя слабо отличается по морфологии от личинок группы *sylvestris*, тем не менее он представляет самостоятельный вид, так как топология ветвления на древе имеет поддержку более 90%. *Cricotopus* sp. 1 и *Cricotopus* sp. 2 образуют аутгруппу к *C. triannulatus,* входящего в кластер *C.* gr. *tremulus*, но также представляют собой самостоятельные виды с поддержкой топологии ветвления более 90%. Причем они достаточно надежно отличаются друг от друга (топология ветвления древа 100%). Таким образом, применение метода, основанного на анализе топологий реконструированных филогенетических деревьев по CO1, дает однозначный результат при решении спорных вопросов таксономии личинок комаров-звонцов.

Работа выполнена в рамках бюджетного проекта № 0345-2016-0004.

Burdiyan N.V., Borovkov A.B., Tihonova E.A., Alemov S.V.

MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF BOTTOM SEDIMENTS FROM SIVASH BAY (CRIMEAN)

Institute of Marine Biological Research RAS, 2, Nakhimov ave., Sevastopol 299011 CRIMEA Russia
burdiyan@mail.ru

The data on number of some groups of heterotrophic, tionov and sulfate-reducing bacteria in bottom sediments of eastern part of the Sivash bay in 2017 are given. The total number of heterotrophic bacteria varied from 10^6 to 10^7 cl. • g^{-1}; thiobacteria varied from 4.5×10^3 to 4.5×10^4 cl. • g^{-1}; sulfate-reducing bacteria from 95 to 4.5×102 cl. g^{-1}. The quantitative results of heterotrophic bacteria typical of aquatoria with a high level of organic matter. The increase (several times), in comparison with the results of 2016, the number of anaerobic bacteria group indicates the intensification of anaerobic processes in the sediments of the study area. The received results are a basis for an estimation of microbiological processes in bottom sediments of aquatoria of Sivash bay.

Бурдиян Н.В., Боровков А.Б., Тихонова Е.А., Алемов С.В.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАЛИВА СИВАШ (КРЫМ)

ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН» 99011, пр. Нахимова 2, г. Севастополь, Россия
burdiyan@mail.ru

Сиваш (Гнилое море) представляет собой систему многочисленных заливов и лагун Азовского моря, ограниченной Крымом с одной стороны и Арабатской стрелкой с другой. В настоящее время залив Сиваш

испытывает значительную антропогенную и техногенную нагрузку. Перекрытие Северо-крымского канала в 2014 г. привело к прекращению поступления днепровской пресной воды в залив и, как следствие, резкому возрастанию солёности. Во время функционирования канала солёность в заливе составляла 21.7-26.0‰ (Болтачёв, 2011), а уже в 2017 г. показатели солёности, по нашим данным, варьировали от 66.14 до 80.47‰. Очевидно, что столь существенные изменения физико-химических показателей параметров среды, вызванные ростом солёности, неизбежно приведут к трансформации всех характеристик экосистемы озера.

Целью настоящей работы являлось получение количественных характеристик отдельных физиологических групп бактерий в донных отложениях восточной части озера Сиваш вдоль Арабатской стрелки. В задачи исследования входило определение численности гетеротрофных, сульфатредуцирующих и тионовых групп бактерий.

Материалом для микробиологического анализа послужили пробы донных отложений, отобранные вручную с глубин 0,5-1,5 м в июне 2017 г. на 3 станциях. Следует отметить, что залив Сиваш является сложным, с экспедиционной точки зрения, объектом. Численность бактерий в пробе определяли методом предельных разведений с использованием элективных сред (Миронов, 1988; Бурдиян, 2011) с учетом солености воды. Наиболее вероятное число микроорганизмов в единице объема рассчитывали по таблице Мак-Креди (в трёх повторностях), основанной на методе вариационной статистики (Нетрусов, 2005).

Результаты проведенных микробиологических исследований показали, что в пробах донных отложений, отобранных на трех станциях, численность гетеротрофных бактерий находилась в пределах 10^6-10^7 кл.×г$^{-1}$. Количественные показатели сульфатредуцирующих бактерий – основных производителей сероводорода, варьировали от 95 до $4{,}5\times10^2$ кл.×г$^{-1}$. Количество тионовых бактерий, энергичных окислителей сероводорода, колебалось от $4{,}5\times10^3$ до $4{,}5\times10^4$ кл.×г$^{-1}$. По сравнению с нашими данными, полученными в аналогичных экспедиционных исследованиях на оз. Сиваш в 2016 г., отмечено увеличение численности исследуемых групп бактерий.

Таким образом, результаты наших исследований показали, что микробное сообщество донных отложений Сиваша по своим количественным характеристикам сходно с таковым в районах с повышенной антропогенной нагрузкой и загрязнением органическими веществами (Бурдиян, 2004). Количественные показатели гетеротрофных бактерий характерны для акваторий с высоким уровнем содержания органического вещества. При этом в условиях прекращения стока из Северо-крымского канала, приток данного класса веществ извне крайне ограничен. Соответственно, увеличение на один-два порядка числа гетеротрофных бактерий, по сравнению с 2016 г., по всей видимости, связано с интенсивной гибелью биоты в водоёме, одной из причин которой, очевидно, является изменение солёности лагуны. В свою очередь, об интенсификации анаэробных процессов в донных отложениях исследуемой акватории, свидетельствует и увеличение (в несколько раз), по сравнению с результатами 2016 г., численности анаэробной группы бактерий. Отмечено, что в исследуемых пробах показатели численности ТБ превалировали над СРБ, что свидетельствует о наличии бактериального (тионового) фильтра, препятствующего проникновению сероводорода в близлежащие слои воды и грунта.

Butina T.V.,[1] Bukin Y.S.,[1] Tupikin A.E.,[2] Kabilov M.R.,[2] Belikov S.I.[1]

METAGENOMIC ANALYSIS OF VIRAL DIVERSITY IN LAKE BAIKAL

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS, 8, Lavrentiev Avenue, Novosibirsk, 630090, Russia.
tvbutina@mail.ru

Viruses, the most ubiquitous, abundant and diverse biological objects on the Earth, have a significant impact on the numerous biogeochemical processes in water ecosystems and effectively regulate the abundance and diversity of aquatic organisms. Despite the active research in the field of aquatic virology in recent years, viral communities of fresh water bodies, including the largest and oldest lakes, remains poorly understood; the available descriptions of the genetic diversity of marine viruses are much more abundant than those from freshwaters.

The aim of present work was to study diversity of viral communities in Lake Baikal using metagenomic analysis. The metagenomic study is an analysis of the total genetic viral material using next-generation sequencing, and is the most informative in terms of studying the diversity, structure of viral communities and detection of new, unknown viruses in aquatic environments.

Water sampling was performed at the coastal and deep-water stations, in the southern and central basins of Lake Baikal. Samples were filtered, viral particles were concentrated and purified; and then viral DNA was isolated. Analysis of DNA-viruses genetic material was conducted on a MiSeq genome sequencer (Illumina) in the SB RAS Genomics Core Facility (Novosibirsk, Russia). Bioinformatic analysis of the resulting data sets was carried out using special programs.

As a result of metagenomic analysis, a large variety of viruses (virotypes) belonging to different families and genera was detected in the plankton of Lake Baikal. Viral genotypes of the families *Myoviridae, Siphoviridae, Poxviridae, Mimiviridae, Podoviridae,* and *Phycodnaviridae* dominated in water samples, amounting to more than 90% of reads. The viral community compositions in distinct areas of Lake Baikal were similar; however, the percentage ratio of particular taxonomic groups of viruses differed. In general, we identified a lot of virotypes infected a wide range of organisms, including bacteria, archaea, algae, amoebae, flagellates, fish, amphibians, insects, and others.

Thus, as a result of the study, new data on genetic and taxonomic diversity of the virioplankton of Lake Baikal were obtained, expanding the understanding of diversity and the role of viral communities in functioning of the largest freshwater ecosystems.

The work was supported by State Project 0345-2016-0002 and RFBR Grants 14-44-04158 and 17-44-388080.

Бутина Т.В.,[1] Букин Ю.С.,[1] Тупикин А.Е.,[2] Кабилов М.Р.,[2] Беликов С.И.[1]

МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ РАЗНООБРАЗИЯ ВИРУСОВ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Институт химической биологии и фундаментальной медицины,
630090, г. Новосибирск, Проспект Ак. Лаврентьева 8
tvbutina@mail.ru

Вирусы – наиболее распространенные, многочисленные и разнообразные биологические объекты на Земле, оказывают существенное влияние на биогеохимические процессы в водоемах, эффективно регулируют численность и видовое разнообразие водных организмов. Несмотря на активные исследования в области водной вирусологии в последние годы, вирусные сообщества пресных водоемов, в том числе крупнейших и древних озер, остаются малоизученными, имеющиеся описания генетического разнообразия морских вирусов значительно превышают таковые для пресных вод.

Целью настоящей работы стало исследование разнообразия вирусных сообществ в озере Байкал с помощью метагеномного анализа. Метагеномное исследование предполагает анализ суммарного генетического вирусного материала с использованием высокопроизводительного секвенирования и является наиболее информативным в плане оценки разнообразия, изучения структуры вирусных сообществ и выявления новых, неизвестных вирусов в водных экосистемах.

Отбор проб воды производили в прибрежных районах и на глубоководных станциях, в южной и средней котловинах оз. Байкал. Пробы фильтровали, вируссодержащий материал концентрировали, производили очистку вирусных частиц и выделение ДНК из полученного концентрата. Анализ генетического материала ДНК-содержащих вирусов производили на платформе MiSeq (Illumina) на базе ЦКП «Геномика» СО РАН (г. Новосибирск). Биоинформационный анализ полученных массивов данных проводили с помощью специализированных программ.

В результате метагеномного анализа в планктоне оз. Байкал выявлено большое разнообразие вирусов (виротипов), принадлежащих различным семействам и родам. Доминирующие вирусные генотипы, составляющие более 90% прочтений, принадлежали семействам *Myoviridae, Siphoviridae, Poxviridae, Mimiviridae, Podoviridae, Phycodnaviridae*. Сравнительный анализ выявил сходный состав вирусных сообществ, но различное соотношение отдельных таксономических групп вирусов в разных районах озера. В целом нам удалось идентифицировать большое количество виротипов, поражающих широкий спектр бактерий, архей, водорослей, амёб, флагеллят, рыб, ракообразных, насекомых и др.

Таким образом, в результате исследования получены новые данные о генетическом и таксономическом разнообразии вириопланктона оз. Байкал, расширяющие представления о разнообразии и роли вирусных сообществ в функционировании крупнейших пресноводных экосистем.

Работа выполнена в рамках государственного задания №0345-2016-0002 при финансовой поддержке проектов РФФИ №14-44-04158 и №17-44-388080.

Bystrova K.A., Murzina S.A., Nefedova Z.A., Pekkoeva S.N., Ruokolainen T.R., Nemova N.N.

LIPIDS AND FATTY ACID PROFILES OF MUSCLES AND LIVER OF SMOLTS OF THE BROWN TROUT (*SALMO TRUTTA* L.) (KOLA PENINSULA)

Institute of Biology of the Karelian Research Center RAS,
185910 Petrozavodsk, Pushkinskaya st., 11

The lipid and fatty acid status of the Brown trout smolts (4+) *Salmo trutta* L. (liver, muscles) from the Krivoy Ruchey river in the summer in order to obtain data on features of expenditure, transformation and functional role of individual lipid components during its growth and development, in biochemical adaptations and the determination of readiness for smoltification was studied. An equal content of total lipids in muscles and liver was shown (12 and 14% of dry mass respectively). The level of reserve triglycerides (TAG) and the ratio of TAG/total phospholipids (PL) were higher in the smolt muscles than in the liver. Intramuscular TAG reserves are an availible form of fat that provides energy for muscle contraction in conditions of increased motor activity. In addition, the elevated level of monounsaturated fatty acids (FAs) (35 and 19% of the sum FAs) was shown in smolts muscles in comparison with the liver, mainly due to 16:1n-7 and 18:1n-9, having food origin and being components of energy lipids. In the liver of smolts, in comparison with muscles, a higher content of structural PL and cholesterol are shown that indicates active biosynthesis of these lipids. The main proportion of liver phospholipids of the Brown trout smolts are phosphatidylcholine and phosphatidylethanolamine. Besides, its level in muscles is 2 times lower as well as other minor phospholipids. A higher level of cholesterol in the liver is presumably associated with the activation of its synthesis in it in response to active nutrition. This process correlates with the increased proportions of reserve cholesterol esters, TAG and the ratio TAG/PL in the muscles of the Brown trout smolts which accumulate lipids in salmonids. The higher proportions of polyunsaturated FAs in the liver was found in comparison with muscles (50 and 39% of the sum FAs respectively) due to a higher proportion of 20:4n-6, arachidonic acid, and 22:6n-3, docosahexaenoic acid, which correlates with a higher level of PL. There are always exogenous lipids derived from food in the liver, so its lipid composition reflects to some extent the features of nutrition as well as the physiological state of the body. In the liver of smolts metabolic processes of elongation and desaturation of 18:2n-6 and 18:3n-3, derived from

food, proceed more actively than in muscles, which correlated with increased ratios of 20:4n-6/18: 2n-6 and 22:6n-3/18:3n-3 in the liver. In addition, higher lipid metabolism intensity is shown in the liver of smolts in comparison with muscles which is determined by the ratio of 16:0/18: 1n-9.

The research was carried out using the facilities of the Equipment Sharing Centre of the Federal research centre "Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences". The study was funded by the Russian Science Foundation, the project No. 14-24-00102.

Быстрова К.А., Мурзина С.А., Нефедова З.А., Пеккоева С.Н., Руоколайнен Т.Р., Немова Н.Н.

ЛИПИДНЫЙ И ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МЫШЦ И ПЕЧЕНИ СМОЛТОВ КУМЖИ (*SALMO TRUTTA* L.) (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

Институт биологии – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», 185910 Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11

Продолжено исследование липидного и жирнокислотного статуса смолтов (4+) кумжи *Salmo trutta* L. (печень, мышцы) из реки Кривой ручей летом с целью получения данных об особенностях расходования, трансформации и функциональной роли отдельных липидных компонентов в процессах роста и развития, в биохимических адаптациях и определении готовности к смолтификации. Показано равное содержание общих липидов в мышцах и печени (12 и 14% сухой массы соответственно). Уровень запасных триацилглицеринов (ТАГ) и соотношение ТАГ/общие фосфолипиды (ФЛ) было выше в мышцах смолтов по сравнению с печенью. Внутримышечные запасы ТАГ являются доступной формой жиров, обеспечивающих энергией мышечное сокращение в условиях повышенной двигательной активности. Кроме того, в мышцах смолтов по сравнению с печенью показан повышенный уровень мононенасыщенных жирных кислот (ЖК) (35 и 19% суммы ЖК), в основном за счет 16:1n-7 и 18:1n-9, имеющих пищевое происхождение и являющихся компонентами энергетических липидов. В печени смолтов по сравнению с мышцами более высокое содержание структурных ФЛ и холестерина, что указывает на активные процессы биосинтеза этих липидов. Основную долю ФЛ печени смолтов кумжи составляют фосфатидилхолин и фосфатидилэтаноламин. Причем в мышцах их уровень в 2 раза ниже, как и других минорных ФЛ. Более высокий уровень холестерина в печени, предположительно, связан с активацией его синтеза в ней, в ответ на активное питание. Данный процесс коррелирует с повышенным содержанием запасных эфиров холестерина, ТАГ и ТАГ/ФЛ в мышцах смолтов кумжи, которые аккумулируют липиды у лососевых. Установлено более высокое содержание полиненасыщенных ЖК в печени по сравнению с мышцами (50 и 39% суммы ЖК соответственно) за счет более высокой доли 20:4n-6, арахидоновая кислота, и 22:6n-3, докозагексаеновая кислота, что коррелирует с более высоким уровнем ФЛ. В печени всегда присутствуют экзогенные липиды, поступающие с пищей, поэтому липидный состав отражает в некоторой степени особенности питания, а также физиологическое состояние организма. В печени смолтов метаболические процессы элонгации и десатурации пищевых 18:2n-6 и 18:3n-3 кислот протекают более активно, чем в мышцах, что коррелирует и с повышенными значениями соотношений 20:4n-6/18:2n-6 и 22:6n-3/18:3n-3 в печени. Кроме того, в печени смолтов показана и наиболее высокая интенсивность обмена липидов по сравнению с мышцами, определяемая по соотношению концентраций 16:0/18:1n-9.

Работа проведена с использованием научного оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук». Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 14-24-00102.

Chekmareva E.A.

THERMOVISION SURVEY ON WATER OBJECTS: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Branch of the Institute of water problems RAS, Ivankovskaya NIS, Tver Region, Konakovo, ul. Belavinskaya, 61
s_taya@list.ru

World trends in the field of hydrology are aimed at using modern means of measuring the parameters of the aquatic environment. One of the methods for measuring the temperature in the infrared without direct contact is the method thermal imaging control. It is based on a remote measurement by a thermal imager of water temperature fields on the surface of a water body with visualization of temperature data on thermograms and their subsequent analysis with the help of specialized programs. The thermal image of thermograms is created due to differences in the radiation temperature on the water surface of different parts of the water body.

Objective: to identify the advantages and disadvantages of using thermal imaging devices for contactless temperature measurement on the water surface of a water body in places where wastewater is discharged.

Advantages of thermal imaging, it is an opportunity: work at different distances from the water body; use unmanned aerial vehicles with a thermal imager installed on them; identify clear contours of the place of discharge and spread of sewage; to assess the interaction of the water body with the catchment area; measure the temperature of the host environment near the watercourse.

Disadvantages: temperature measurement only on the surface of a water body, most thermal imaging are adapted for use in a stationary environment (construction, industry, medicine), less susceptible to changes than the surface of a water body; high measurement error (up to 2°C); high cost of thermal imager with a minimum error (0.1-0.2°C); inaccuracy of measurements as a result of improper adjustment and calibration of the instrument (the reflecting temperature is set incorrectly, etc.), the interfering effect of natural factors for a clear temperature display (fog, steam, elevated ambient temperature, precipitation); absorption of a part of the radiation by the air medium.

Practice shows that shooting with a thermal imager help to promptly detect areas of discharge and spread of sewage, the zone of outlet and distribution of groundwater, identify the thermal effects during the formation of the ice cover. The use of thermal imagers for monitoring the aquatic environment presupposes the adaptation of the device for research purposes.

The study was performed with financial support RFBR, research project No. 17-45-690600 RA.

Чекмарева Е.А.

ТЕПЛОВИЗЕРНАЯ СЪЕМКА НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ: ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ

Филиал ФГБУН ИВП РАН Иваньковская НИС, Тверская область,
г. Конаково, ул. Белавинская, д. 61
s_taya@list.ru

Общемировые тенденции в области гидрологии направлены на использование современных средств измерения параметров водной среды. Один из методов измерения температуры в инфракрасной области спектра без прямого контакта – метод тепловизерного контроля. Он основан на дистанционном измерении тепловизером полей температуры воды на поверхности водного объекта с визуализацией температурных данных на термограммах и последующим их анализом с помощью специализированных программ. Тепловое изображение термограмм создается за счет различий в радиационной температуре на поверхности воды разных участков водного объекта.

Цель работы: выявить достоинства и недостатки использования тепловизеров для бесконтактного измерения температуры на поверхности воды водного объекта в местах сброса сточных вод.

Измерение температуры были выполнены в ходе обследования двух тепловых стоков, сбросного канала отводящего теплые воды с Конаковской ГРЭС и Мошковического залива. Все водные объекты впадают в Иваньковское водохранилище. Всего выполнено 82 замера температуры поверхности водной и вмещающей среды (почвы, снега).

Достоинства тепловизеров, это возможность: работать на различном расстоянии от водного объекта; использовать беспилотные летающие аппараты с установленным на них тепловизером; обозначить четкие контуры места сброса и распространения сточных вод; оценить взаимодействие водного объекта с водосборной территорией; измерить температуру вмещающей среды вблизи водотока.

Недостатки: измерение температуры только на поверхности водного объекта, большинство тепловизеров адаптированы для использования в стационарной среде (строительство, промышленность, медицина), в меньшей степени подверженной изменениям, чем поверхность водного объекта; высокая погрешность измерений (до 2°С); высокая стоимость тепловизеров с минимальной погрешностью (0,1-0,2°С); неточность измерений в результате неправильной настройки и калибровки прибора (неправильно выставлена отражающая температура и др.), мешающее влияние природных факторов для четкого отображения температуры (туман, пар, повышенная температура окружающей среды, осадки); поглощение части излучения воздушной средой.

Практика показывает, что тепловизерная съемка помогает оперативно обнаружить участки сброса и распространения сточных вод, зоны выхода и распространения грунтовых вод, выявить тепловые эффекты в период ледостава. Использование тепловизеров для мониторинга водной среды предполагает адаптацию прибора в научно-исследовательских целях.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-45-690600 р_а.

Cherniaev G.A.

ON THE TRYNITY FUNCTION OF THE BIOCHIMICAL MARKER FOR THE EGGS OF COREGONID FISHES (COREGONIDAE) – CYTOCHROME B 560 IN EMBRIOGENESIS

A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow, Russia
gerarchernyaev@mail.ru

Hemoproteid cytochrome β560, the pigment that has been discovered in water-soluble part of coregonids oocyte yolk and is treated as a biochemical marker for eggs of the family Coregonidae, in all likelihood performs protective (antioxidant) functions preventing spontaneous oxidation of embryo's fatty inclusions. Under the oxygen shortage inside the ice envelope, cytochrome β560 probably sets conditions for oxidation processes of embryo's tissue respiration.

Черняев Ж.А.

О ТРИЕДИНОЙ ФУНКЦИИ БИОХИМИЧЕСКОГО МАРКЕРА ИКРЫ РЫБ СЕМЕЙСТВА СИГОВЫХ (COREGONIDAE) ЦИТОХРОМА β -560 В ЭМБРИОГЕНЕЗЕ

Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова РАН, Москва, Россия
gerarchernyaev@mail.ru

Созданная по решению в 1916 году Комиссией Российской Императорской Академии наук по изучению Байкала (КИБ) под руководством Л.С. Берга, В.А. Обручева и А.Н. Северцова при содействии В.К. Дорогостайского и Г.Ю. Верещагина в 1917 году в Больших Котах была основана « Байкальская биологическая станция». Первый рейс на моторной лодке «Чайка», через весь Байкал в Чивыркуйский залив совершили будущие выдающиеся гидробиологи: В.К Дорогостайский, И.И. Месяцев, и студенты Л.Л. Россолимо и Л.А. Зенкевич. В 1930 году Г.Ю. Верещагин перевел Лимнологическую станцию в поселок Листвянка у истока Ангары. В 1960 году Лимнологическая станция ВСФ АН СССР была преобразована в рамках развития Си-

бирского отделения АН СССР в Лимнологический институт, коллектив которого приступил к комплексным исследованиям озера Байкал. Изучение эндемичной ихтиофауны кроме морфологического аспекта носило и практический характер. Исследовались биотехнические приемы искусственного воспроизведения ценных промысловых рыб: черного байкальского хариуса, омуля и озерного сига. С этой целью сотрудники Института: Ж.А. Черняев, А.И. Мещерякова, Т.В. Довгий, К.К. Вотинцев, А.М. Мамонтов, Н.С. Смирнова, В.В. Смирнов, проводили исследования размножения и развития промысловых рыб, используя под базы: Большереченский, Чивыркуйский, Бурдугузский и Бельский (омулевые) и Сарминский (сиговый) рыбоводные заводы и временные рыбоводные хариусовый (Фролихинский) и осетровый (Селенгинский) пункты. Одной из нерешенных для фундаментальной эмбриологии рыб, но чрезвычайно прорывной проблемой к настоящему времени, к которой коллеги-лимнологи первыми приложили руки, является пигмент - гемопротеид цитохром **β** 560, содержащийся в водорастворимой части желтка икры сиговых рыб (Черняев, Микулин, Арцатбанов, Валюшок, 1988). Данный цитохром присутствует в желтке икры всех рыб семейства *Coregonidae* - сиговые, отряда лососеобразные - Salmoniformes, подотряда- Лососевидных- *Salmonoidei*, в восстановленном состоянии, а после попадания икры в воду при нересте переходит в окисленное и так сохраняется до полного рассасывания желтка эмбрионом. Весь период развития данный гемопротеид дополнительно к каротиноидным пигментам окрашивает желток в желтый цвет. Исследование гомогенатов тканей мышц, печени, крови и почки севанского сига показали полное отсутствие в них цитохрома **β** 560. В икре других семейств лососевых рыб цитохром **β** 560 не был обнаружен. Сравнение процессов развития эмбрионов внутри отряда Лососевидных между семействами Лососевых выявило, что сиговые рыбы в отличие от лососевых и хариусовых рыб могут развиваться будучи инкапсулированы в лед (пагон) и без присутствия солнечного света, регулирующего темп эмбриогенеза, развиваться не могут. “Фотофилия” зародышей сиговых рыб резко отличает их от остальных представителей рыб отряда Salmoniformes, развитие эмбрионов которых осуществляется в каменистом грунте нерестилищ, либо под камнями при отсутствии света, который для них губителен. По имеющимся наблюдениям подвижные (свободные) эмбрионы лососевидных после вылупления из оболочки, активно используя межгравийные пустоты, уходят от света в тень (“фотофобия”). Пигментация каротинодными пигментами икры Лососевых рыб осуществляется в основном астаксантином, а икра сиговых окрашена зеаксантином. Долгое время эмбриологи школы С.Г. Крыжановского предполагали, что каротиноидные пигменты, выполняют дыхательные функции зародышей. Английские физиологи К. Смит и Ф. Хенсуолт (1972) показали, что при наличии в яйцеклетках пигментов с циклическими структурами, при воздействии света, зародыш в состоянии развиваться при крайне низких значениях кислорода, обеспечивая энергию развития за счет разложения молекул воды из плазмы клеток зародыша за счет H+ иона водорода! Именно такой «анаэробный» ход событий вероятен в эмбриогенезе сиговых рыб! Роль цитохрома β560 в качестве поглотителя световой энергии, а также его фотопротекторная и фоторегулирующая функции (а возможно, и криопротекторная) вполне вероятны и должны быть целью дальнейших изысканий.

Chernyshov M.S., Sinyukovich V.N.

PARAMETERS OF THE WATER LEVEL REGIME IN LAKE BAIKAL BASED ON THE DATA OF PRE-INSTRUMENTAL PERIOD

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
chernishov@lin.irk.ru

Monitoring of the water level of Lake Baikal has been performed since 1898. To imagine the picture of changes of the water level in the lake in earlier period, researchers use dendrochronological, archeological, chronical and other data. We consider a series of data of the average annual water levels in Lake Baikal for 1729-2017. A.N. Afanasyev (1967) reconstructed the major part of these data (1729-1897) from solar activity. The rest data present the water levels measured in the periods of natural (1898-1958) and regulated (1959-2017) water regimes of the lake.

To eliminate non-uniformity of the data connected with the regulation, the water levels recorded in 1959-2017 were brought to natural conditions according to the water balance scheme of reconstruction (Sinyukovich, Chernyshow, 2018). The analysis of the 289-year dynamics of long-term natural water levels of Lake Baikal shows that it is possible to trace long-term trends of different duration, including secular and inter-secular cycles. The beginning of the first (conditional) secular cycle and its termination corresponded to 1700-1710 (Afanasyev, 1976) and 1814, respectively. This cycle reached its maximum in 1751. The second secular cycle continued until 1903, and its maximum in 1869 was absolute, which was confirmed by the levelling of the mark of the highest water level of this year at Cape Shamansky by B.I. Dybovsky. The third cycle appeared to be longer and is likely continuing at present. Having data on natural observations of the water level and flow, it is possible to distinguish three distinct inter-secular cycles within the third one and the fourth weakly expressed cycle beginning in 1981 with long extended decline. Therefore, it is doubtful that this cycle has ended and a new stage has begun.

The highest levels of water in the lake were recorded in the third secular cycle. The main parameters of the level regime for the periods with different original data are as follows:

Period	Mean value, m	Standard deviation, m
Pre-instrumental natural (1729-1897)	455.49	0.14
Pre-instrumental natural (1898-1958)	455.61	0.17
Instrumental conditionally natural (1959-2017)	455.69	0.13
Entire series (1729-2017)	455.55	0.17

These data also attest to weak tendency of the water level rise during the last three centuries.

Чернышов М.С., Синюкович В.Н.

ПАРАМЕТРЫ УРОВЕННОГО РЕЖИМА ОЗ. БАЙКАЛ С УЧЕТОМ ДАННЫХ ДОИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПЕРИОДА

Лимнологический институт СО РАН
chernishov@lin.irk.ru

Достоверные данные наблюдений за уровнем Байкала имеются с 1898 г. Для составления картины изменений уровня озера в более ранний период используются дендрохронологические, археологические, летописные и иные сведения. Нами рассматривается ряд среднегодовых уровней оз. Байкал за 1729-2017 г., в котором большая часть данных (1729-1897 гг.) реконструирована А.Н. Афанасьевым (1967) по связи с солнечной активностью. Остальные данные - это результаты измеренных уровней, включающие периоды естественного (1898-1958 гг.) и зарегулированного (1959-2017 гг.) водного режима озера.

Для устранения неоднородности данных, связанных с регулированием, наблюденные уровни за 1959-2017 гг. были приведены к естественным условиям по воднобалансовой схеме (Синюкович, Чернышов, 2018) реконструкции. Из анализа составленной, таким образом, 289-летней динамики многолетних естественных уровней Байкала можно проследить проявление долговременных тенденций разной длительности, в том числе, вековых и внутривековых циклов. Начало первого (условно) векового цикла приходится на 1700-1710 гг. (Афанасьев, 1976), а его окончание – на 1814 г. Своего максимума данный цикл достигал в 1751 г. Второй вековой цикл продолжался до 1903 г., а его максимум в 1869 г. является абсолютным, что подтверждено нивелировкой засечки наивысшего уровня данного года, нанесенной Б.И. Дыбовским на мысе Шаманский. Третий цикл оказался более продолжительным и, возможно, продолжается в настоящее время. Внутри него, имея натурные наблюдения за уровнем и притоком, можно достаточно уверенно выделить три внутривековых цикла и менее выраженный четвертый, начавшийся в 1981 г. и отличающийся продолжительным растянутым спадом, что не позволяет на сегодняшний день уверенно говорить о его завершении и начале следующей волны.

В течение всего рассматриваемого периода более высокие уровни приходятся на третий вековой цикл. Для временных отрезков с разным характером исходных данных основные параметры уровенного режима получились следующими:

период	среднее значение, м ТО	стандартное отклонение, м
- доинструментальный естественный (1729-1897 гг.)	455,49	0,14
- доинструментальный естественный (1729-1897 гг.)	455,61	0,17
- инструментальный условно-естественный (1959-2017 гг.)	455,69	0,13
- весь ряд (1729-2017 гг.)	455,55	0,17

Приведенные данные также свидетельствуют о слабой тенденции роста уровня в течение трех последних столетий.

Chernogor L.I., Feranchuk S.I., Belkova N.L., Klimenkova E.S., Khanaev I.V., Belikov S.I.

APPLICATION OF THE MODEL CELL CULTURE OF PRIMMORPHS IN THE CONDITIONS OF MASS DEATH OF BAIKAL SPONGES

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
lchernogor@mail.ru

In recent years, Lake Baikal has faced a serious problem of mass diseases and the death of endemic freshwater sponges. The first appearance of anomalously colored pink sponges *Lubomirskia baicalensis* (Pallas, 1771) described in 2011 (Bormotov, 2011). Presently, in many areas of the lake identified diseased and dying sponges (Kravtsova et al., 2014; Khanaev et al., 2017). Simultaneously with the disease of the sponges a large-scale violation of the spatial distribution and structure of phytocoenoses of the coastal zone of the lake has been noted Baikal (Timoshkin et al., 2016). The cause of these phenomena is not known.

Baikal sponge *L. baicalensis* (Demospongiae, Lubomirskiidae) is primitive multicellular symbiotic animals. Earlier, we have shown that primmorphs cultivation *in vitro* will allow the creation of a live model system under experimentally controlled conditions in the absence of any additional organic component (Chernogor et al., 2011). The endemic freshwater Baikal sponge *L. baicalensis* (Pallas, 1776) was the subject of our investigation. The purpose of this study is to isolate and identify bacterial pathogens with the help of the cell culture of primmorphs on the basis the morphological, metagenomic and bioinformatic studies.

The association of microbiomes of microorganisms in healthy and experimentally infected cell cultures of primmorphs studied and evaluated using a comprehensive investigation of the mechanisms of the disease of endemic Baikal sponges, including the study of composition and dynamics of bacterial and eukaryotic symbionts. Results of the given work in the further become a basis for creation of a collection of modelling cellular cultures of freshwater Baikal sponges and will allow expanding representations about symbiotic mutual relations in freshwater sponges. These data, in a practical plan will help understand the causes of the epidemic that affected the Baikal sponges, which will give an opportunity to give recommendations to the relevant environmental organizations.

This work supported by budget projects of Federal Agency of Scientific Organizations: no 0345-2016-0002, by the Russian Foundation for Basic Research (grants no 16-04-00065; 16-54-150007; 18-04-00224).

Черногор Л.И., Феранчук С.И., Белькова Н.Л., Клименко Е.С., Ханаев И.В., Беликов С.И.

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЬНОЙ КЛЕТОЧНОЙ КУЛЬТУРЫ ПРИММОРФ В УСЛОВИЯХ МАССОВОЙ ГИБЕЛИ БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
lchernogor@mail.ru

В последние годы, на озере Байкал возникла серьезная проблема массовых заболеваний и гибели эндемичных пресноводных губок. Первое появление аномально окрашенных розовых губок *Lubomirskia baicalensis* (Pallas, 1771) было описано в 2011 году (Бормотов, 2011). В настоящее время, во многих районах озера выявлены больные, в том числе погибающие виды губок (Kravtsova et al., 2014; Ханаев и др., 2017). Одновременно с заболеванием губок отмечено крупномасштабное нарушение пространственного распределения и структуры фитоценозов прибрежной зоны оз. Байкал (Timoshkin et al., 2016). Причина возникновения этих феноменов не известна.

Ранее мы показали, что культивирование клеточной культуры приморф *in vitro* позволит создать живую модельную систему в экспериментально контролируемых условиях (Chernogor et al., 2011). Эндемичная пресноводная байкальская губка *L. baicalensis* (Pallas, 1776) была объектом нашего исследования. Целью данного исследования являлась изоляция и идентификация бактериальных патогенных агентов с помощью клеточной культуры примморф на основе морфологических, метагеномных и биоинформационных исследований.

Нами, исследована и оценена ассоциация микробиомов микроорганизмов в здоровых и экспериментально зараженных клеточных культурах примморф с помощью комплексного исследования механизмов заболевания эндемичных губок Байкала, которые включают изучение состава и динамики бактериальных и эукариотических симбионтов пресноводной губки. Результаты данной работы в дальнейшем станут основой для создания коллекции модельных клеточных культур пресноводных байкальских губок и позволят расширить наши представления о симбиотических взаимоотношениях в пресноводных губках. В практическом плане, эти данные позволят понять причины эпидемии, затронувшей байкальских губок, что предоставит возможность дать рекомендации соответствующим природоохранным организациям.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0345-2014-0002, а также при финансовой поддержке проектов РФФИ № 16-04-00065; № 16-54-150007; 18-04-00224.

Chuiko G.M.

MODERN APPROACH FOR THE DETERMINATION OF AREAS OF WATER BODIES CONTAMINATED WITH POPs (PCB, DDT AND ITS METABOLITES, HCCH ISOMERS) FROM ORGANIZED LOCAL SOURCES AND DIFFUSIVE RUNOFF

Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia,
Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia
gko@ibiw.yaroslavl.ru

A methodical approach is proposed for separate detection of areas of water bodies contaminated with POPs (PCBs, DDT, HCCH) from an organized local source, due to scattered unorganized terrigenous runoff, with atmospheric precipitation as a result of atmospheric transport. The method is based on the determination of the content, qualitative composition and nature of the spatial distribution of POPs and the products of their degradation. This approach was tested on the example of the Rybinsk and Gorky reservoirs in European part and some rivers in Far East of Russia.

Чуйко Г.М.

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЙОНОВ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ СОЗ (ПХБ, ДДТ И ЕГО МЕТАБОЛИТЫ, ИЗОМЕРЫ ГХЦГ) ИЗ ОРГАНИЗОВАННЫХ ЛОКАЛЬНЫХ СТОКОВ И НЕОРГАНИЗОВАННЫХ ДИФФУЗНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН
152742 Россия Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, ИБВВ РАН
gko@ibiw.yaroslavl.ru

В последние годы повышенное внимание экотоксикологов уделяется группе стойких органических загрязнителей (СОЗ), относящихся к классу хлорорганических соединений и обладающих рядом специфических свойств: 1) высокой стойкостью к физическим, химическим и биологическим факторам; 2) способностью долго циркулировать в окружающей среде; 3) глобальной распространенностью; 4) повышенной степенью биоаккумуляции за счет исключительно высокой гидрофобности и липофильности, особенно на высших уровнях трофических сетей; 5) низкой скоростью метаболической деградации; 6) способностью оказывать токсическое действие на организмы в крайне малых дозах. Все это делает СОЗ особо опасными экотоксикантами. Учитывая это, в 2001 г. в Стокгольме была принята Глобальная международная конвенция о запрещении производства и использования СОЗ, которую Россия подписала в 2002 г. и ратифицировала в 2011 г.

В силу своей высокой гидрофобности СОЗ практически отсутствуют в растворенной форме в воде. Попадая в водные объекты, они быстро сорбируются на взвешенных минеральных и органических частицах. С ними они разносятся по течению на значительные расстояния и оседают на дно, аккумулируясь в донных отложениях (ДО) в зонах повышенной седиментации, приуроченных к местам замедления течения. Являясь наиболее консервативным компонентом экосистемы, ДО служат первичным накопителем СОЗ. Их пространственное распределение наиболее точно отражает характер загрязнения ими пресноводных объектов.

В европейской части России среди СОЗ наиболее часто и в наибольших количествах встречаются полихлорированные бифенилы (ПХБ), дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) и его метаболиты, гек-

сахлорциклогексан (ГХЦГ) и его изомеры. Соотношение этих групп СОЗ в ДО располагается в ряду ∑ПХБ > ДДТ и его метаболиты > изомеры ГХЦГ.

Мониторинг СОЗ в ДО поверхностных водах России в настоящее время носит нерегулярный характер, а нормативы содержания вообще отсутствуют. Для разработки нормативов и организации экологического мониторинга необходимо классифицировать СОЗ по источникам поступления.

В водные объекты СОЗ попадают: а) из организованных локальных источников со сточными водами; б) за счет диффузного рассеянного терригенного стока; в) с атмосферными осадками в результате атмосферного переноса. Однако определить источники поступления СОЗ при их обнаружении в водном объекте достаточно сложно.

Цель работы – предложить методический подход для выявления участков водных объектов, подверженных загрязнению СОЗ из разных источников их поступления.

Суть предлагаемого подхода в определении не только содержания, но и качественного состава и характера пространственного распределения СОЗ в ДО водного объекта. Перечисленные выше СОЗ представляют собой коммерческие смеси с разным соотношением гомологических групп конгенеров (ПХБ), исходного продукта и метаболитов (ДДТ) или изомеров (ГХЦГ). После попадания в водный объект из локального источника качественный состав СОЗ, в силу их высокой устойчивости к действию внешних факторов, остается неизменным относительно исходного коммерческого препарата продолжительное время. По мере удаления от источника загрязнения их качественный состав остается неизменным, а содержание постепенно снижается, т.е. пространственное распределение носит градиентный характер. При диффузном неорганизованном терригенном стоке или выпадении с атмосферными осадками качественный состав СОЗ в силу длительной циркуляции в окружающей среде трансформирован относительно исходного продукта в сторону преобладания продуктов их деградации, содержание, как правило, существенно ниже, чем при локальном поступлении, пространственное распределение в ДО имеет равномерный характер. Данный подход успешно апробирован на примере Рыбинского и Горьковского водохранилища в Европейской части России и на ряде рек Дальнего Востока.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (№ г/р АААА-А18-118012690123-4) при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 10–05–10058, 10–05–00593 и 12–05–00572) и приоритетного проекта Правительства РФ «Оздоровление Волги».

Chuparina E.V., Azovsky M.G.

ACCUMULATION OF METALS BY MACROPHYTES IN THE BRATSK WATER RESERVOIR

Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, 1A Favorsky Str., Irkutsk 664033, Russia
lchup@igc.irk.ru

The higher aquatic plants, macrophytes, are used as the bioindicators of ecosystem contamination. Sometimes they are applied for phyto-remediation of polluted water reservoir due to their selective element intake and high sorption capacity. The work is aimed at determination of metals Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr and Pb in different macrophyte species of the Bratsk water reservoir and study of element accumulation depending on time and place of sampling. The following macrophytes were examined: submersed (*Elodea canadensis* Michx., *Potamogeton pectinatus* L., *Potamogeton perfoliatus* L. and *Myriophyllum spicatum* L.) and aquatic plants with the leaves floating over water surface (*Polygonum amphibium* (L.) S.F. Grey). They differ in the mode of nutrient intake. The macrophytes were sampled in time span 2009 to 2015 in different places of the Bratsk reservoir, distinguished by the rate of anthropogenic load. The element contents were determined by the X-ray fluorescence method. The comparison between species showed that *P. amphibium* species has the lowest element concentrations. The submersed plants appreciably accumulate metals. The element contents are much higher than in elodea Canadensis species collected from Lake Baikal (background territory). It found out that *P. perfoliatus* abundantly accumulated Ti, Cr, Ni, Cu and Pb in years 2011, 2012, 2015, and Pb in 2013. The sites with low and high metal contamination were revealed in the Bratsk reservoir. The anthropogenic impact and contamination of plants with suspended matter are proved to be the effluence factors.

Чупарина Е.В., Азовский М.Г.

НАКОПЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ МАКРОФИТАМИ БРАТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

ФГБУН Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Фаворского, 1А
lchup@igc.irk.ru

Высшие водные растения, или макрофиты, играют важную роль в биогеохимическом круговороте химических элементов в водоемах, концентрируя элементы в количествах превышающих их содержание в окружающей среде. Аккумулирующая способность водных растений зависит от ряда факторов: условий среды обитания, видовой принадлежности, обусловленной физиологическими особенностями растения, от физико-химических свойств поглощаемых элементов, антропогенного влияния и других. Водные растения часто рассматриваются как биоиндикаторы состояния водной экосистемы. Также их используют для очистки водоема от загрязнения, опираясь на избирательность поглощения и высокие сорбционные свойства.

Многолетний мониторинг качества воды и донных осадков Братского водохранилища показал изменение составов во времени под действием природных и техногенных факторов. Исследование макрофитов проводилось только с позиций ртутного загрязнения экосистемы. Актуальным является изучение аккумуляции водными растениями других металлов в условиях высокой промышленной нагрузки на регион.

Цель работы состояла в определении содержания металлов Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr и Pb в макрофитах Братского водохранилища для изучения накопления этих элементов водными растениями во времени и в зависимости от условий произрастания. Для исследований отбирались растения, отличающиеся каналами поступления питательных веществ. Погруженные слабо укореняющиеся растения, представитель элодея канадская

(*Elodea canadensis* Michx.), поглощают питательные элементы, в основном, из водной массы. В погруженные укореняющиеся растения – рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.), рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.) и уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* L.) нутриенты поступают, как из воды, так и из донных отложений. Персикария земноводная *Polygonum amphibium* (L.) S.F. Grey – укореняющееся растение с плавающими на поверхности воды листьями имеет три источника поступления компонентов: вода, грунт и воздух. Пробоотбор проводили вблизи и в отдалении от промышленных источников с 2009 по 2015 гг.

Содержание металлов определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) из навески 0,5 г, спрессованной в виде таблетки. Для выполнения измерений использовали рентгеновский спектрометр S4 Pioneer, Bruker, Германия. Анализ результатов РФА показал, что содержания элементов значительно варьируют не только между видами, но и внутри одного вида. При межвидовом сравнении было установлено, что макрофиты с плавающими на поверхности листьями имеют в своих тканях наименьшие концентрации элементов. Напротив, погруженные растения значительно накапливают микроэлементы. Сопоставление составов макрофитов Братского водохранилища и элодеи канадской, собранной в акватории озера Байкал (фоновая территория), показало, что независимо от биологической группы средние содержания Ti, Ni, Cu, Zn и Pb в несколько раз превышают фоновые значения. Изучение интенсивности поглощения Ti, Cr, Ni, Cu и Pb рдестом гребенчатым в зависимости от года отбора позволило зафиксировать усиление антропогенного влияния в 2011, 2012 и 2015 гг. Коэффициент накопления Pb был также высоким в 2013 г. При изучении распределений элементов в рдесте гребенчатом и элодее канадской, собранных в разных местах водохранилища, были определены места с невысоким уровнем накопления металлов макрофитами и загрязненные территории. Рассмотрены влияющие факторы, среди которых антропогенное воздействие и седиментационное осаждение взвешенного вещества на поверхность растений.

Churilova T.[1], Moiseeva N.[1], Latushkin A.[2], Usoltseva M.[3], Titova L.[3], Gnatovsky R.[3], Blinov V.[3], Suslin V.[2]

DEVELOPMENT OF OPERATIVE ECOLOGICAL MONITORING BASED ON REMOTE SENSING DATA: PRELIMINARY RESULTS OF INVESTIGATION OF BIOOPTICAL PROPERTIES OF LAKE BAIKAL IN JULY 2018

[1]Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, 2 Nakhimov Ave., Sevastopol, 299011, RF
[2]Marine Hydrophysical Institute RAS, 2 Kapitanskay str., Sevastopol 299011, RF,
[3]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
tanya.churilova@gmail.com

Operative ecological monitoring of Lake Baikal using remote sensing data requires development of regional algorithms taking into account biooptical properties to transfer satellite data to water productivity indicators. The most significant for solving this problem are the light absorption by phytoplankton ($a_{ph}(\lambda)$), by non-algal particles ($a_{NAP}(\lambda)$) and by colored dissolved organic matter ($a_{CDOM}(\lambda)$). To adapt three-band algorithm for assessment of chlorophyll a concentration in the upper layer of Lake of Baikal it is required to investigate spatial-temporal variability in $a_{ph}(\lambda)$, $a_{NAP}(\lambda)$ and $a_{CDOM}(\lambda)$, to parameterize light absorption by all in-water optically active components, to assess relative contribution of each components to total light absorption. For the first time in the Lake of Baikal complex biooptical investigations were carried out from July 24 to July 31 2018. Preliminary results showed a pronounced vertical heterogeneity of the upper ~ 70 m in species composition of phytoplankton community and bio-optical properties. In the layer above the thermocline (at ~5 – 10 m) the $a_{ph}(\lambda)$ spectra were characterized by the two main peaks: in the blue (~ 438 nm) and red (~ 675 nm) parts of the spectrum. The values of the chlorophyll *a* specific absorption coefficient decreased with depth. The decreasing was most significant in the blue maximum of the spectrum (from 0.060 to 0.033 m^2 mg^{-1}) than in the red (from 0.020 to 0.017 m^2 mg^{-1}). In the layer below the thermocline a local maximum at ~ 560 nm appeared on the $a_{ph}(\lambda)$ spectra which was most noticeable at ~ 30 m depth. The changes noted in the $a_{ph}(\square)$ spectra were likely to reflect depth-dependent variability in phytoplankton species composition, in particular - the relative abundance of phycoerythrin containing microalgae increased with depth. Spectral distribution of the $a_{NAP}(\lambda)$was described by the exponential function with the slope coefficient (S_{NAP}) equal to ~ 0,009 nm^{-1}. The contribution of NAP to total particulate absorption at ~ 438 nm increased with a depth from ~ 10-15% to ~ 30-40%. The $a_{CDOM}(\lambda)$ spectral distribution was described by an exponential function with the slope coefficient (S_{CDOM}) equal to 0.012-0.016 nm^{-1}. The $a_{CDOM}(\lambda)$ values at ~ 438 nm were 0.090-0.26 m^{-1}. The analysis of the light absorption by all optically active components will allow to retrieve the regularities required for development of the regional algorithm for remote assessment of quality and productivity indicators of the Lake Baikal.

Чурилова Т.Я.[1], Моисеева Н.А.[1], Латушкин А.А.[2], Усольцева М.В.[3], Титова Л.А.[3], Гнатовский Р. Ю.[3], Блинов В.В.[3], Суслин В.В.[2]

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПО СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗВЕНЧИВОСТИ БИООПТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЗЕРА БАЙКАЛ В ИЮЛЕ 2018

[1]Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН, 2 пл. Нахимова, Севастополь 299011, РФ
[2]Морской гидрофизический институт РАН, Капитанская, 2, Севастополь 299011, РФ
[3]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
tanya.churilova@gmail.com

Для развития оперативного экологического мониторинга озера Байкал с использованием данных дистанционного зондирования Земли из космоса (ДЗЗ) требуется создание региональных

алгоритмов дешифровки данных ДЗЗ в показатели продуктивности вод, основанных на особенностях биооптических показателей вод. Наиболее значимыми для решения этой задачи являются поглощение света фитопланктоном ($a_{ph}(\lambda)$), неживым взвешенным веществом ($a_{NAP}(\lambda)$) и окрашенным растворенным органическим веществом ($a_{CDOM}(\lambda)$). Для адаптации трехканального алгоритма оценки концентрации хлорофилла а для озера Байкал требуется исследовать пространственно-временную изменчивость $a_{ph}(\lambda)$, $a_{NAP}(\lambda)$ и $a_{CDOM}(\lambda)$, провести параметризацию поглощения света всеми оптически активными компонентами среды, оценить относительный вклад каждого компонента в общее поглощение света. С этой целью впервые в озере Байкал были выполнены комплексные биооптические исследования с 24 по 31июля 2018. Предварительные результаты показали ярко выраженную вертикальную неоднородность верхнего ~ 70 м по видовой структуре фитопланктона и биооптическим характеристикам. В слое выше термоклина (5 – 10 м) спектры $a_{ph}(\lambda)$ характеризуются двумя пиками: в синей (~ 438 нм) и красной (~ 675 нм) частях спектра. Величины удельных показателей (нормированных на хлорофилл а) снижались с глубиной, что было наиболее значительно в синем максимуме спектра (от 0,060 до 0,033 м^2 мг$^{-1}$), чем в красном (от 0,020 до 0,017 м^2 мг$^{-1}$). В слое под термоклином на спектрах $a_{ph}(\lambda)$ появляется локальный максимум на ~560 нм. Максимум наиболее заметен на глубинах ~30 м. Отмеченные изменения в форме $a_{ph}(\lambda)$ спектров отражают изменение с глубиной структуры фитопланктонного сообщества, в частности - относительное увеличение фикоэритрин содержащих микроводорослей. Спектральное распределение $a_{NAP}(\lambda)$ описывается экспоненциальной зависимостью с показателем экспоненты (S_{NAP}) равным ~0,009 нм$^{-1}$. Доля NAP в поглощении света взвешенным веществом на ~438 нм увеличивалась с глубиной от ~ 10–15 до ~ 30–40%. Спектральное распределение $a_{CDOM}(\lambda)$ описывается экспоненциальной зависимостью с показателем экспоненты (S_{CDOM}) равным 0,012-0,016 нм$^{-1}$. Величина $a_{CDOM}(\lambda)$ на длине волны ~438 нм составляла 0,090 – 0,26 м$^{-1}$. Анализ данных по поглощению света всеми оптически активными компонентами среды позволит получить закономерности необходимые для развития региональных алгоритмов оценки показателей качества и продуктивности вод озера Байкал по данным ДЗЗ.

Darkazanli M., Kiseleva I.

DETECTION OF PATHOGENIC *E. COLI* AND *E. COLI O157:H7* FROM ALEPPO RIVER WATER USING RAPD METHOD

Department of Experimental Biology and Biotechnologies, Institute of Natural Sciences and Mathematics,
Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia, 620002.
mdarkazanli@urfu.ru

Escherichia coli O157:H7 is a very important serotype, it causes diseases through consumption of contaminated and raw food, and one of the Shiga toxin–producing (classified as a bioterrorism agent) (Gleick, 2008).

In Syria, there is not a lot of research that study *E. coli*, and its serotypes by PCR technology. Aleppo River is highly polluted by the sewage water that transferred directly without processing. The farmers use the river water for irrigating vegetables and leafy greens directly. So, we detected *E. coli* and especially serotype *E. coli O157:H7* in water samples that were taken from villages passed by river. Sites of village: Handarat (A), Industrial Zone (B), Souq Al-hal (C), Bustan Palace area (D), a huge area of vegetables. Al-sheikh Saeed (E), Al-wodaihi (F), Zietan (G), and Jezraya (H).

Bacterial Media. Nutrient Agar, MacCONKEY Agar, Violet Red Bile Agar, EMB agar, Sorbitol-MacCONKEY Agar (Association …, 2000; MERCK …, 2000).

DNA Extraction. Protocol for Preparation of Genomic DNA from Bacteria (Jones, Bartlet, 1990).

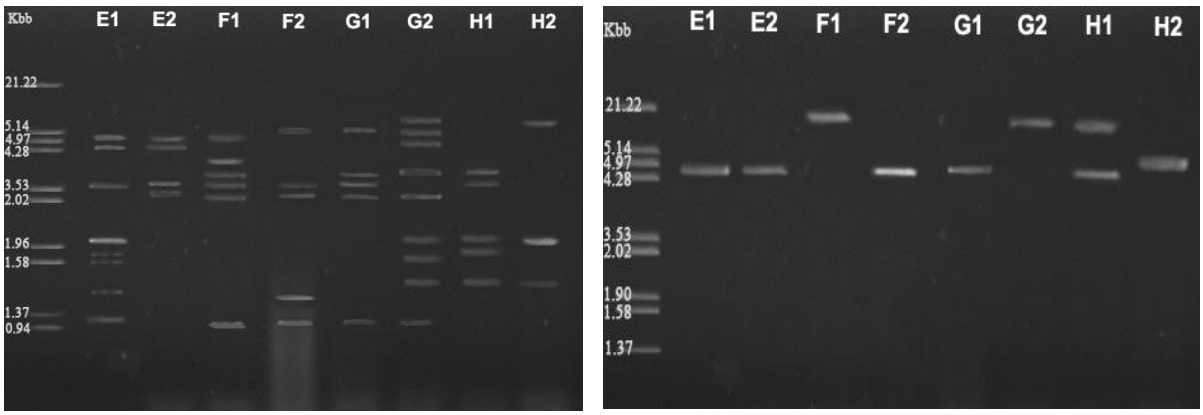
Primers. We used Primers (COL-1, OPA-03, OPA-13, OPC-12, OPE-20).

RAPD-PCR Amplification. The samples that used COL-1 for *E. coli* were amplified through 40 cycles at 60 s, 94ºC120 s, 36ºC, and 120s, 72ºC. The second samples used (OPA-03, OPA-13, OPC-12, OPE-20) were amplified through 45 cycles at 30 s, 94ºC, 15 s, 36ºC, and 30s, 72ºC.

Results. In this study, we have fulfilled a total count of bacteria, the census total coliform, and *Escherichia coli*, as well as the serotype *E. coli O157: H7* in water samples. The molecular characterization was done for eight strains of *E. coli* isolated from collected samples from the sites of all villages. The samples were inoculated on blood agar and suspicious colonies, then transferred to EMB and MacConkey agar using a primer (COL-1) in RAPD technic. Molecular characterization also performed eight strains of serotype *E. coli O157:H7* isolated in medium (Sorbitol-MacCONKEY Agar) from the following sites (Al-sheikh Saeed, Al-wodaihi, Zietan, and Jezraya), then by primers (OPA-03, OPA-13 OPC-12, OPE-20) in RAPD.

Table. Number of bands and polymorphism revealed by RAPD

Primer code	Nucleotide sequence min-max	Total scorable bands	No. of polymorphic bands	polymorphic bands (%)	Discriminatory efficiency
COL-1	10-750	25	8	32	1
OPA-03	200-3000	26	7	26.9	1
OPA-13	500-5500	45	13	28.88	1
OPC-12	1500- [b]	33	9	27.27	1
OPE-20	3500- [b]	9	3	33.3	1



RAPD-PCR test of *Escherichia coli O157:H7* with primers OPA-13, OPE-20. M: lambda EcoRI-Hind III digested DNA marker. (E1-H2) *E. coli O157:H7* isolated from water samples.

The results showed significant differences between collected samples. The total count of bacteria and total coliforms in the first site (Handarat) for water samples were the lowest, but in the last site (Jezraya) were the highest among all samples, at the beginning of village Jezraya the waste water from sewage treatment plant and all villages flows to the main river, and it increased the bacteria. The results showed also the existence of *E. coli* in all sites, and *E. coli O157:H7* in Al-sheikh Saeed, Al-wodaihi, Zietan, and Jezraya.

Extracted DNA from samples was amplified by RAPD. after electrophoresis, eight different bands were detected from isolated strains of *E. coli*. These results refer to the great genetic diversity of *Escherichia coli*. For serotype *E. coli O157:H7* thirty-two different bands were detected, and primer OPA-13was the best primers used, RAPD analysis had the high discriminatory capacity for typing *E. coli* isolates. Because of its simplicity and rapidity.

Datsenko Y.S., Puklakov V.V., Edelstein K.K.

LONG-TERM ASSESSMENT OF THE SYNOPTIC CONDITIONS INFLUENCE ON THE PHYTOPLANKTON GROWTH INTENSITY IN THE MOZHAISK RESERVOIR

Lomonosov Moscow State University
yuri0548@mail.ru

A long-term series of blue-greens and diatoms biomass in the Mozhaisk reservoir obtained by calculations via hydroecological models are analyzed. Significant statistical relationships were established for the intensity of phytoplankton development with separate characteristics of hydrometeorological conditions during the growing season.

Даценко Ю.С., Пуклаков В.В., Эдельштейн К.К.

МНОГОЛЕТНЯЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СИНОПТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В МОЖАЙСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
yuri0548@mail.ru

Изучение процессов развития фитопланктона внутренних водоемов находятся в центре большинства комплексных лимнологических исследований, т.к. фитопланктон относится к тем биотическим компонентам экосистемы водоема, которые определяют общую энергетическую основу круговорота вещества и энергии, оказывая большое влияние на качество воды и интенсивность трофических взаимодействий компонентов экосистемы. В работе анализируется влияние абиотических факторов на развитие фитопланктона в одном из базовых источников питьевого водоснабжения г. Москвы – Можайском водохранилище. Для анализа многолетней изменчивости фитопланктона за 55-летний период существования водохранилища использовались результаты расчета биомасс диатомовых и синезеленых водорослей по математической двумерной боксовой гидроэкологической модели водохранилища ГМВ-МГУ. Расчетами по модели воспроизводится ежесуточное физико-химико-биологическое состояние водных масс в отдельных участках водохранилища в зависимости от почти ежедневно меняющихся погодных условий, притока воды с водосбора и ее сброса и/или водозабора. Верификация модельных расчетов биомассы обеих групп наиболее массовых видов водорослей выполнялась по данным мониторинга Лаборатории качества воды Можайского гидроузла и нашим наблюдениям за десяток лет с наибольшим числом станций отбора альгологических проб.В многолетней изменчивости обилия фитопланктона в Можайском водохранилище выявлен устойчивый тренд увеличения средней за вегетационный сезон биомассы фитопланктона до 2016 г. по мере его старения на фоне климатического увеличения паводкового стока. Развитие синезеленых водорослей, как и фитопланктона в целом, в значительной мере определяется величиной биогенного притока, при этом здесь доминирует летняя паводочная нагрузка и отмечается тесная значимая связь с величиной водного притока в паводки. Действие этого фактора характеризуется пространственной однородностью – высокие коэффициенты корреляции характерны для всех участков водохранилища. Для синезеленых водорослей отмечены значимые связи с такими метеорологическими факторами, как количество штилей в вегетационный период и величина атмосферных осадков. Количество штилей в летний период связано с преобладанием антициклональной погоды, при которой усиливается внутрисуточная конвекция и связанный с ней вынос биогенных элементов из глубинных слоев воды к поверхности, в результате чего возрастает вероятность вспышек развития этой группы водорослей. Эта связь намного более ярко

выражена в центральной и приплотинной частях водохранилища, чем в его верхнем участке, где ветровое перемешивание играет существенно меньшую роль в динамике водных масс. В то же время суммарная биомасса синезеленых водорослей в водохранилище оказалась выше не в штилевые дни, а в периоды преобладания циклональной погоды из-за более частого и интенсивного вертикального перемешивания воды в эти дни, которые выделялись по величине атмосферного давления. Для биомассы синезеленых водорослей не обнаружено значимой корреляционной связи с температурой воды и приходящей солнечной радиацией. Однако, температура воды и температура воздуха могут быть хорошими предиктором продолжительности цветения водоема, поскольку для большинства участков водохранилища отмечена значимая положительная связь температуры воды с длительностью сохранения средней биомассы в поверхностном слое выше 1 мг/л. Начало цветения синезеленых водорослей в водоеме наиболее тесным образом связано со средней температурой воздуха в мае: чем она выше, тем раньше начинается цветение водорослей. Заметную роль играет в этом и соотношение объемов зимних вод водохранилища и водных масс поступившего половодья, большие значения которого также способствуют более раннему началу цветения. Для диатомовых водорослей характерна значительная пространственная неоднородность, при этом значение средней биомассы диатомовых водорослей по всему водоему положительно коррелирует на значимом уровне только с характеристиками весеннего половодья: чем медленнее происходит наполнение водохранилища, тем вероятнее более высокое значение средней биомассы в период цветения диатомовых. Показатели режима заполнения водохранилища в период половодья заметно влияют на развитие диатомовых водорослей только в верхнем участке водохранилище, где при высоком коэффициенте водообмена влияние притока наиболее ощутимо. В среднем и приплотинном участке водохранилище особенности пропуска половодья водохранилищем уже не играют существенной роли по сравнению с синоптическими условиями.

Denisov D.B., Terentev P.M., Valkova S.A.

BIODIVERSITY DYNAMIC OF THE LARGE ARCTIC LAKES (ON THE EXAMPLE OF IMANDRA LAKE)

Institute of Industrial Ecology Problems of the North – subdivision of the KSC RAS

Imandra Lake (Murmansk region) is one of the biggest Arctic lakes. The modern dynamics of the plankton, benthos and ichthyofauna diversity was studied (2011-2016). Compared to the, 90-th, the abundance of green algae increased in the phytoplankton community, and Cyanoprokaryota blooming become regular. The current trends of the fish community transformation processes of the Imandra Lake basin (Murmansk province) were studied. It was established that the amount of European smelt seriously increased in the fish species composition during the last decade. The growth of the smelt population is accompanied by increasing of size and weight parameters of individuals and intense of self-dispersion processes within the subordinate lake and river systems. New species of macrozoobenthos are recorded, the quantitative indices and the structure of benthic communities vary considerably of the part of water area, depending on the hydrological features of individual reaches and the level of their anthropogenic pollution. The current scale of the cardinal changes in the biological diversity of the Imandra Lake is forced to consider as a new environmental challenges that require special integrated research.

Денисов Д.Б., Терентьев П.М., Валькова С.А.

ДИНАМИКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ КРУПНЫХ ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЕМОВ АРКТИКИ (НА ПРИМЕРЕ ОЗ. ИМАНДРА)

Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр РАН»

Крупные озера Арктической зоны являются важнейшими центрами, определяющими общие показатели биоразнообразия пресноводных организмов высоких широт, которые отражают происхождение, эволюционный статус экосистем и обеспечивают их стабильность. Сообщества гидробионтов высоких широт крайне чувствительны ко всем изменениям факторов среды, включая динамику климатической системы и антропогенную нагрузку. Учитывая функциональное значение биоты арктических пресных вод, исследования биоразнообразия как фактора трофической организации и устойчивости экосистем приобретают все большую актуальность. На примере озера Имандра (Мурманская область) была изучена (2011-2016 гг.) современная динамика разнообразия основных биотических элементов экосистемы: планктона, бентоса и ихтиофауны. Водоем является самым крупным озером на Кольском полуострове, имеет статус водохранилища и подвержен многофакторному антропогенному загрязнению. Высокая степень развития береговой линии обуславливает выраженную гидрологическую изолированность многих участков акватории и определяет значимые различия в гидрохимических и гидробиологических характеристиках их вод.

Сообщества фитопланктона отличаются значительной пространственной вариабельностью. Массовыми видами водорослей планктона являлись: *Aulacoseira islandica* (Müll.) Simons.; *Asterionella formosa* Hass.; *Pantocsekiella rossii* (Håk.) Kiss & Ács; *Dinobryon divergens Imh.*; *Anabaena subcylindrica* Borge. Доминирующей таксономической группой по биомассе являются диатомовые водоросли, доля которых в составе сообществ варьирует от 56 до 100 %. Индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера варьирует в пределах 0,21-3,2 бит/экз. Наиболее высоко видовое разнообразие в заливах и губах, являющихся приустьевыми участками рек.

По сравнению с данными исследований 90-х годов (Шаров, 2004), в сообществах увеличилась доля зеленых водорослей: *Pseudosphaerocystis lacustris* (Lemm.) Nov., *Acutodesmus acuminatus* (Lag.) Tsar., *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Bréb., *Pandorina morum* (Müll.) Bory de Saint-Vincent, *Kirchneriella obesa* (G.S.West) West & G.S.West и др. В летний период регулярно наблюдаются кратковременные

явления «цветения» воды в отдельных участках акватории за счет массового развития *Dolichospermum lemmermannii* (Ricter) Wack., Hoff. & Komárec.

В настоящее время юго-западные участки акватории сохраняют статус олиготрофного арктического водоема. Эвтрофируемые центральная и северная часть характеризуется мезотрофным статусом. Следует отметить, что уровень биогенной нагрузки антропогенного происхождения в последние годы демонстрирует тренд на уменьшение, в то время как значения биомассы (с учетом экстремальных) выросли в несколько раз. Очевидно, процессы эвтрофирования стали усиливаться другими факторами, из которых наиболее мощным представляется глобальное изменение климата в сторону потепления.

Бентосная фауна оз. Имандра в настоящее время представлена 89 видами и формами беспозвоночных, принадлежащих к 15 систематическим группам различного ранга, по количеству видов и частоте встречаемости доминируют в сообществах личинки хирономид. В составе малакофауны выявлены виды, не характерные для водоемов региона – двустворчатые моллюски сем. Unionidae (*Anodonta* sp.) (Валькова, 2017) и брюхоногие моллюски *Physella acuta* Draparnaud, 1805 (Нехаев, Палатов, 2016) в водоотводящем канале Кольской АЭС. Среди ракообразных в 2016-17 гг. в составе фауны оз. Имандра впервые отмечен водяной ослик *Asellus aquaticus* L., 1758.

Численность и биомасса зообентоса значительно варьируют по акватории водоема. Структура бентосных сообществ определяется гидрологическими особенностями отдельных плесов и уровнем их антропогенного загрязнения. По уровню развития зообентоса трофический статус вод плеса Большая Имандра характеризуется как эвтрофный, плеса Йокостровская Имандра – мезотрофный, плеса Бабинская Имандра - олиготорофный.

Одной из основных тенденций функционирования экосистемы водоема в последнее десятилетие является стремительно протекающие трансформации рыбной части сообщества. В изменяющихся условиях окружающей среды (изменения климата и гидрологического режима, эвтрофикация, загрязнение вод) отмечается снижение роли длинноцикловых осенненерестующих лососевых и сиговых видов рыб и увеличение численности эврибиотных весенненерестующих видов с малой промысловой ценностью (корюшка, окунь, ерш). Усиление межвидовой конкуренции за кормовые ресурсы, нарушения естественных условий воспроизводства аборигенных видов рыб, в том числе хищных (арктический голец, кумжа), привело к тому, что европейская корюшка становится доминирующим видом, успешно конкурирующим на всех трофических уровнях (планктонофаг, бентофаг, хищник), расширяя ареал своего распространения за счет процессов саморасселения, включая типичные горные водоемы.

Современные масштабы кардинальных изменений биологического разнообразия оз. Имандра заставляют рассматривать их как новые экологические вызовы, требующие специальных комплексных исследований.

Diaz-de-Quijano D.[1], Ivanova E.A.[1], Anischenko O.V.[2]

ATMOSPHERIC NITROGEN DEPOSITION AND ITS EFFECTS ON ERGAKI MOUNTAIN LAKES (WEST SAYAN MOUNTAINS)

[1]Siberian Federal University, Svobodnyi Prospekt 79, Krasnoyarsk, 660041 Russia
[2]Institute of Biophysics SB RAS, Akademgorodok 50/50, Krasnoyarsk 660036, Russia
daniquijano@gmail.com

Atmospheric nitrogen deposition is considered to be one of the three main global ecology concerns, along with global warming and biodiversity loss. Firstly, fossil fuel combustion, since the very beginning of industrial revolution, caused a significative increase of reactive nitrogen chemical species in the atmosphere. This triggered a wide-spread atmosphere-born transport, deposition and fertilization of global ecosystems. Green revolution, after the Second World War, boosted this impact on global nitrogen cycle basically by massive synthesis of fertilizers using chemical fixation of atmospheric dinitrogen and the extension of leguminous crops. Other important anthropogenic modifications of global nitrogen cycle include intensive livestock farming or changes in the frequency and magnitude of forest fires.

As a result, atmospheric nitrogen deposition has been proved to cause changes in ecosystems N:P stoichiometry, environmental enzyme activities and to turn phytoplankton growth from natural N limitation into anthropogenic P limitation in low productive lakes. This latter effect was found to be more evident when phytoplankton growth is not temperature-limited. Therefore, the casuistry will vary around the world depending on the combination of both factors.

According to the models, the West Sayan mountains correspond to a cold but highly warmed up area and relatively low atmospheric deposition. Therefore, it would be an ideal site to study the effects of global warming with a minimal interference of atmospheric nitrogen deposition, predominantly with N-limited lakes. In this study we measured nutrients in the late season snow pack of Ergaki mountain ridge (West Sayan mountains) to verify model-based expected values of atmospheric nitrogen deposition. We also assessed phytoplankton limitation in a handful of Ergaki mountain lakes.

Half-year atmospheric deposition of nutrients and sulfate in Ergaki snowpack was determined to be on average 38 ± 14 mg NO_3-N·m^{-2}, 0.43 ±0.19mg PO_4-P·m^{-2}, 0.58 ± 0.2 mg TP-P·m^{-2} , and 187 ± 89 mg SO_4·m^{-2}. Assuming homogeneous deposition rates along the year, estimated yearly NO_3 deposition in Ergaki would be slightly lower than expected by models, whereas estimated SO_4 deposition would be notably higher than modeled. In the same vein, snow nitrate and phosphate average concentrations (14.2±4.6 μmol NO_3·l^{-1} and 0.107±0.091 μmol PO_4·l^{-1}) were very similar or lower than those in other mountain systems like the Pyrenees or Alps, whereas more sulfate was found in Ergaki snow pack (28±9 μmol SO_4·l^{-1}).

Nitrate to phosphate molar ratios in Ergaki snow (191 ± 228 , range 22-860) was comparable to that in

Pyrenean snow (240 ± 293, range 24 to 839), where high Saharan dust inputs are turning lake phytoplankton back to the original N limitation. Snow nitrate to total phosphorus (TP) atomic molar ratios were also not significantly different from those on the Bothnian Bay (north Baltic sea), although absolute values were significantly less concentrated in Ergaki snow. Overall, similar or lower nutrient loads and comparable N:P stoichiometry falls on Ergaki mountains in comparison to the mentioned areas, where atmospheric nitrogen deposition is not strong enough to clearly induce phytoplankton phosphorus limitation. Indeed, the handful of analysed Ergaki mountain lakes show diverse phytoplankton limitation situations: N, P and N-P co-limitation.

In conclusion, Ergaki mountain lakes are an ideal location to observe the effects of global warming in a highly continental climate with a low interference of atmospheric nitrogen deposition, including lakes under pre-industrial N-limitation conditions.

Dmitrieva D.A.

GROWTH AND DIET OF ASP (*ASPIUS ASPIUS* L.) IN THE RYBINSK RESERVOIR

Petrozavodsk State University, Petrozavodsk
Northern Water Problems Institute (NWPI KarRC RAS), Petrozavodsk

Asp (*Aspius aspius*) is a rheophile, benthopelagic, predatory species in the family *Cyprinidae*. Information on the biology of asp in the Rybinsk Reservoir is scarce. The present study provides some basic information on biological parameters of asp, including growth and diet which are helpful for conservation of the species.

Samples were collected in 6-year period (2012-2018). The samples were taken with nets of various mesh sizes. Total length were measured to the nearest mm, and wet weight (digestive tract included) to the nearest g. Having dissectied of the ventral cavity the stomach and gut contents were analysed. The age was determined from annual rings on the vertebrae. All statistical calculations were carried out using mathematical formulas.

The sample consisted predominantly of sub-adult fish. Total length of fish ranged from 270 to 630 mm. Wet weight (digestive tract included) ranged from 310 to 4000 g. Age ranged from 2+ to 9+ years. Most numerous were fish aged 3+.

According to the only previous analysis of asp growth in the Rybinsk Reservior, it was considerably slower in the period 1949-1967. The reason for these differences could be due to low water temperature and lack of food supply.

The diet consisted of several different categories of prey. From the whole range of food the most common were traces of predation in stomach. The most important food item was perch (*Perca fluviatilis*).

At present, it is not known whether the growth rate asp reaches its maximum values or will continue to grow. It is necessary to continue this research and accumulate knowledge about asp in the Rybinsk Reservoir.

Дмитриева Д.А.

РОСТ И ПИТАНИЕ ЖЕРЕХА (*ASPIUS ASPIUS* L.) В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск
Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск
ddaryaa95@mail.ru

Несмотря на то, что в последние годы отмечается повышение численности хищника, доля которого в уловах стабильно растет, и данный вид постепенно переходит из ранга «редкий» в обычный вид любительского промысла, биология жереха обыкновенного, обитающего в Рыбинском водохранилище, недостаточно изучена.

Целью данной работы является попытка проанализировать одни из важнейших биологических показателей, а именно рост и питание, жереха обыкновенного (*Aspius aspius* L.) – одного из компонентов рыбного населения Рыбинского водохранилища на современном этапе его развития.

Исследовали размерно-возрастные показатели и питание популяций жереха в некоторых заливах Рыбинского водохранилища. Выборки взяты в период 2012-2018 гг. на территории двух постоянных ихтиологических мониторинговых станций «Дарвинского государственного биосферного заповедника»: Мшичинский залив Рыбинского водохранилища и затопленное русло реки Лоша. Отлов проводился преимущественно набором сетей с разным размером ячей (36-80 мм). Длина тела исследованных рыб составила от 270 до 63 см, масса от 0,31 кг до 4 кг, возраст от 2 до 9 лет. Возраст рыб определяли по годовым кольцам на телах позвонков, а фактические годовые приросты по общепринятому методу Lea. Содержимое желудков (фиксированных в 4% формалине) взвешивали на торсионных весах. Кормовые объекты, по возможности, определяли до вида.

При сравнении значений роста жереха Рыбинского водохранилища за различные периоды, было установлено, что в настоящее время жерех отличается более высоким темпом роста. На увеличение темпа роста, безусловно, повлияли изменение термического режима и расширение кормовой базы, в связи с изменением трофических условий и условий для нереста многих других видов рыб. В желудках исследованных рыб пищевые объекты находились преимущественно в конечной стадии переваривания, т.е. разделение пищевого комка на фракции было невозможно. У всех особей, пойманных в зимний период, желудки были пусты. В составе пищевых комков преобладающую долю имели следы хищничества, то есть остатки не переваренных костей и чешуи рыб. При дальнейшем изучении данной фракции, было установлено, что кормовыми объектами жереха являются мальки окуня (*Perca fluviatilis* L.), другие виды-жертвы нами не были обнаружены. На сегодняшний день трудно сказать достиг ли рост изучаемого нами объекта максимальных значений с момента его освоения в водоеме, поэтому требуются дальнейшие исследования в этой области. Необходимо продолжить изучение и спектра питания жереха, просмотреть его в сезонном и возрастном аспекте, поскольку в течение времени популяционные показатели вида могут изменяться.

Domysheva V.M., Sakirko M.V., Usoltseva M.V., Khodzher T.V.

DYNAMICS OF MINERAL FORMS OF NITROGEN IN THE WATER OF LAKE BAIKAL

Limnological Institute SB RAS, Russia
hydrochem@lin.irk.ru, sakira@lin.irk.ru

Studies of spatial and temporal changes in the content of mineral forms of nitrogen in Baikal water are performed in pelagial at 20 standard stations and at a permanent station in the littoral of the southern part of the lake. Mineral nitrogen is mainly in the form of nitrate. Ammonium and nitrite nitrogen is found only in the upper 200-meter layer in small amounts. The vertical distribution of nitrates is characterized by a constant increase in concentration with depth. The existence of a well-defined relationship between the concentration of nitrate and the biomass of algae has been established. Seasonal changes in the content of nitrates with a minimum in August-September are noted only in the upper 100-meter layer of water. According to observations, there is a well-defined tendency to reduce the content of nitrates in littoral water. In the pelagial, on the contrary, in recent years there has been a slight increase in its concentration both in the upper 200-meter layer and in the entire water column.

Домышева В.М., Сакирко М.В., Усольцева М.В., Ходжер Т.В.

ДИНАМИКА МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ АЗОТА В ВОДЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
hydrochem@lin.irk.ru, sakira@lin.irk.ru

В последнее время в прибрежной зоне озера Байкал наблюдается цветение ранее не свойственных Байкалу зеленых нитчатых водорослей. что создает серьезную угрозу уникальной экосистеме озера. Такие изменения могли произойти только в результате увеличения притока биогенных элементов в озеро и несомненно должны отразиться на динамике соединений азота, как одного из важнейших компонентов необходимого для образования первичной продукции.

Целью работы является исследование пространственных изменений содержания соединений азота в водной толще и их сезонной и межгодовой динамики в условиях современного состояния озера.

Материалом для анализа послужили результаты гидрохимических исследований, выполненные в пелагиали Байкала на 20 стандартных станциях в мае-июне и августе-сентябре 2007-2017 гг. и сезонных измерений на постоянной станции в литорали южной части озера (2003-2017 гг.). Для оценки межгодовой изменчивости рассчитаны средние концентрации всех форм минерального азота на разных глубинах в каждой котловине и средние их значения в отдельных слоях водных массах озера с учетом морфометрических данных.

В природных водах минеральный азот содержится в трех формах: аммонийной, нитритной и нитратной, и количество его определяется воздействием комплекса факторов, таких как биологические, химические, геоморфологические, климатические и др. Минеральный азот в Байкале представлен в основном в форме нитрата. Аммонийный и нитритный азот обнаруживается только в верхнем 200-метровом слое в незначительных количествах – до 0,02 мг NH_4^+/дм^3 и 0,003 мг NO_2^-/дм^3. Содержание нитратов в водной толще озера изменяется в более широком диапазоне - до 0,70 мг NO_3^-/дм^3.

Вертикальное распределение нитратов характеризуется постоянным ростом его концентрации с глубиной, в отдельные годы наблюдается снижение содержания в придонной области по сравнению с вышележащими слоями воды, что обусловлено динамикой водных масс. Максимальный градиент роста концентрации отмечен в верхнем 200-метровом слое воды, глубже величина градиента снижается и остается почти постоянной до придонной области. Пространственное распределение содержания нитратов в верхнем слое (0-200 м) воды зависит от интенсивности развития фитопланктона. Установлено существование хорошо выраженной взаимосвязи между концентрацией нитрата и биомассой водорослей по данным наблюдений в пелагиали озера в весенний период.

Сезонные изменения содержания нитратов с минимумом в августе-сентябре отмечаются только в верхнем 100-метровом слое воды, иногда распространяясь на большие глубины. Концентрация нитратов подвержена и суточным изменениям с ростом в темное время и снижением в дневное время. Наибольшая амплитуда суточных изменений приходится на весенний период, наименьшая - на август-сентябрь вследствие низкого его содержания в это время.

В последние годы в августе-сентябре в поверхностной воде на отдельных станциях в пелагиали озера и, особенно, в литорали наблюдается значительное снижение концентрации нитратов вплоть до полного их исчезновения. Это нашло отражение в многолетней динамике нитратов в литорали Байкала: по данным ежегодных сезонных наблюдений прослеживается устойчивая тенденция снижения содержания нитратов в воде литорали. В пелагиали, напротив, несмотря на уменьшение концентрации нитратов в поверхностном слое воды, отмечается незначительный рост его концентрации. как верхнем 200-метровом слое воды, так и во всей водной толще.

Произошедшим изменениям в содержании нитратов, уже повлекшим изменения в экосистеме озера, способствовало возросшее поступление соединений азота из атмосферы, с водами притоков и сточными водами от многочисленных туристических комплексов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Лимнологического института СО РАН № 0345–2014–0008 при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-45-030007).

Drozdova P., Bedulina D., Saranchina A., Timofeyev M.

SEARCH FOR MOLECULAR MECHANISMS OF THE BODY COLORATION BEHIND OF *EULIMNOGAMMARUS CYANEUS* (DYBOWSKY, 1874)

Institute of Biology at Irkutsk State University, Irkutsk, Lenina str. 3
drozdovapb@gmail.com

Lake Baikal amphipods are an order of higher crustaceans, which represent the most important component of macrozoobenthic communities and are characterized by high species diversity and adaptive radiation in the lake. The mechanism underlying this diversity cannot be explain solely by adaption to habitat. An example may be the overall intensity of body color, which varies in different species from almost transparent, white or pink to blood red, dark green, violet blue, blue or orange. These differences cannot be easily connected to specific features of their habitat.

Contrasting intraspecific color morphs of a massive littoral species – *Eulimnogammarus cyaneus* (Dybowsky, 1874) – such as varying shades of blue and cyan, orange, violet and weakly pigmented, are of special interest. We suggested that this diversity might be determined genetically and checked this hypothesis by obtaining progeny of several females from a natural population. We found different color morphs among progeny of one female grown in the same flask. This result supports our hypothesis.

Coloration of many crustacean species is produced by carotenoids, orange or red pigments, and crustacyanins, proteins binding to carotenoids and forming complexes of different colors (from yellow to dark violet). We suggested that *E. cyaneus* individual with orange coloration lack some crustacyanin(s). A search for crustacyanin genes in a *E. cyaneus* transcriptome assembly retrieved four isoforms contaning full-length open reading frames. As many individuals of different color morphs were mixed for RNA isolation, we analyzed the diversity of crustacyanin sequences and found a number of positions with substitutions leading to premature stop codons in some of the sequences. If the presence of these stop codons indeed correlates with the color of the animal, coloration of this species depends on the crustacyanin proteins.

The work was supported by RScF (grant #17-14-01063) and Grant of the President of the Russian Federation (grant #MK-6804.2018.4).

Дроздова П.Б., Бедулина Д.С., Саранчина А.Е., Тимофеев М.А.

ПОИСК МОЛЕКУЛЯРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ОКРАСКИ ТЕЛА *EULIMNOGAMMARUS CYANEUS* (DYBOWSKY, 1874)

НИИ биологии «ИГУ», Иркутск, ул. Ленина, 3
drozdovapb@gmail.com

Амфиподы оз. Байкал – отряд высших ракообразных, являющийся важнейшим компонентом сообществ макрозообентоса и отличающийся в озере большим видовым разнообразием и адаптивной радиацией. Механизм формирования этого разнообразия не всегда очевидно связан с приспособлением к условиям обитания. Примером может служить вариабельность окраски: окраска тела амфипод разных видов меняется в диапазоне от почти прозрачной, белой или розовой до кроваво-красной, тёмно-зелёной, сине-фиолетовой, голубой или оранжевой. Эти различия не всегда можно соотнести с особенностями среды обитания соответствующих видов.

Особенный интерес представляет внутривидовое цветовое разнообразие такого массового вида, как *Eulimnogammarus cyaneus* (Dybowsky, 1874), у которого известны контрастно различающиеся цветовые морфы: градации голубого и бирюзового, оранжевая, фиолетовая и слабоокрашенная. Можно предположить, что это разнообразие детерминировано генетически. Для проверки этого предположения в лабораторных условиях было получено потомство самок разных морф из природной популяции. Мы выяснили, что потомство одной самки, выращенное в одном сосуде, может состоять из особей разных цветовых морф. Эти результаты свидетельствуют в пользу предложенной гипотезы.

Окраска многих ракообразных обеспечивается каротиноидами, имеющими оранжево-красные оттенки, и белками крустацианинами, образующими с каротиноидами комплексы, окрашенные в самые различные цвета (от жёлтого до тёмно-фиолетового). Можно предположить, что особи *E. cyaneus* с оранжевой окраской отличаются недостаточным набором функциональных крустацианинов. Поиск последовательностей генов крустацианинов в сборке транскриптома изучаемого вида позволил выявить четыре изоформы крустацианинов, включающие полные открытые рамки считывания. Поскольку для секвенирования транскриптома были использованы особи разных цветовых морф, объединённые для выделения РНК, мы проанализировали разнообразие последовательностей крустацианинов и обнаружили ряд позиций, в которых некоторые последовательности содержали преждевременный стоп-кодон. Если наличие стоп-кодонов действительно коррелирует с цветом особи, то можно говорить о том, что окраска изучаемого вида определяется набором крустацианинов.

Работа поддержана грантом РНФ № 17-14-01063 и грантом Президента РФ № МК-6804.2018.4.

Dulmaa A., Urgamal M.

BIODIVERSITY OF WATER VASCULAR PLANTS OF MONGOLIA AND CONSERVATION STATUS

Institute of General and Experimental Biology, Mongolian Academy of Sciences
dulmaa@biology.mas.ac.mn; urgamal@botany.mas.ac.mn

The findings of checklist of water (aquatic) vascular plant species to the flora of Mongolia, which was on the species level have been made by last conspectus of the "*Conspectus of the vascular plants of Mongolia* (Urgamal et al., 2014)". At a present, a total of 186 species (included 18 subspecies, varietes) are water plants (5.88%) belonging to 83 genera and 40 families to the vascular flora of Mongolia updated.

The most of families and genera richnest in water species are Cyperaceae (24 species), Ranunculaceae (20), Potamogetonaceae (17) families and *Potamogeton* (13), *Ranunculus* (19) and *Juncus* (8) genera.

The article reports on the new records of 3 species (*Typha joannis* Mavrodiev, *T. tzvelevii* Mavrodiev, *Mentha aquatica* L., *Oenanthe javanica* (Blume) DC.) in the Mongolia since publication (Dulmaa, Urgamal, 2014) and last conspectus.

The water plants includes to 2 species (*Batrachium mongolicum, Knorringia sibirica* subsp. *ubsunurica*) as "sub-endemic (SE)", 6 species (*Nuphar pumila, Nymphaea candida, Acorus calamus, Sagittaria natans, Scheuchzeria palustris, Typha minima*) as "very rare (VR)", 17 species (*Nymphaea tetragona, Butomus junceus, Najas marina, Potamogeton lucens, P. natans, P. obtusifolius, P. praelongus, Sparganium glomeratum, Juncus articulatus, Juncellus pannonicus, Scirpus radicans, Phragmites australis, Batrachium kauffmannii, B. mongolicum, Crassula aquatica, Callitriche hermaphroditica, Oenanthe javanica*) as "rare (R)", and 3 species (*Nuphar pumila, Nymphaea candida, N. tetragona*) as "relict (RL)" to the vascular flora of Mongolia.

The a total 7 species (EN-3, VU-1, NT-1, LC-2) in the Mongolian Red List Book (Nyambayar et al., 2011) to the vascular flora of Mongolia by criteria of IUCN (2001 and 2003). The includes to 3 species (*Nuphar pumila, Nymphaea candida, N. tetragona*) as "endangered (EN)", one species (*Acorus calamus*) as "vulnerable (VU)", one species (*Typha minima*) as "near threatened (NT)", and 2 species (*Sagittaria natans, Scheuchzeria palustris*) as "least concern (LC)".

The areas in north phytogeographical regions (Khentii, Khangai, Mongol Daurian, and Depression of Great lakes) of Mongolia show the highest richness of known water plant species with 105 to up species per region and lowest species numbers are found in south (East Gobi, Trans Altai Gobi, and Alashan Gobi regions). The most of water species spreaded Depression of Great lakes regions (121 species), Khangai mountain (116), and Mongol Daurian mountain regions (112).

Dyomin V.V., Davydova A.Yu., Morgalev Yu. N., Olshukov A.S., Polovtsev I.G.

MONITORING OF PLANKTON MOTOR ACTIVITY WITH THE USE OF DIGITAL HOLOGRAPHY AS A TECHIQUE FOR BIOINDICATION OF WATER ECOSYSTEMS POLLUTION

National Research Tomsk State University
dyomin@mail.tsu.ru

The degree of anthropogenic pollution of water areas and anthropogenic pressure on ecosystems should be determined taking into account its influence on the biota. Attempts to assess the degree of environmental hazards of technogenic and anthropogenic pollutants by their concentration relative to MPCs encounter a number of fundamental obstacles. Firstly, not all substances have MPCs. Secondly, not all substances are known for such properties as the change in toxicity when interacting with hundreds of other newly created chemicals. In the third, most often MPC is established in laboratory conditions on laboratory test organisms, the sensitivity of which may differ from the sensitivity of "wild" species. In addition, the emergence of new classes of substances, for example, nanomaterials, which are increasingly entering the environment, call in question this possibility because of the non-monotonic "dose-effect" relationship. From these positions it seems expedient to develop methods for detecting unfavorable changes in the habitat by changing the behavioral responses of autochthonous lower crustaceans. It is known that behavioral reactions to the alterative effect are the most sensitive in the series of responses "behavior - physiological changes - death". Changes in behavioral reactions can occur at concentrations of toxicant tens of times smaller than its LD_{50}. The use of the toxicity control method by behavioral reactions is realized in a number of existing devices. However, these devices are, firstly, stationary flow devices. Secondly, one type of laboratory daphnia, specially selected for sensitivity to model toxicants, is used.

The possibility of using a submersible digital holographic camera that allows recording images of hydrobionts and opening up the possibility of determining the change in their behavioral responses directly in their habitat is considered in this paper. A submersible digital holographic camera was created in the Tomsk State University that allows recording digital holograms of plankton with a resolution of 200 μm at depths of up to 500 m in monitoring mode, extracting from holographic images, processing and transmitting digital data characterizing plankton organisms (size, shape, concentration, position in space, speed of movement), and also create video of the motion of planktonic species on the basis of these holographic data (Dyomin et al., 2011, 2017).

Simultaneously controlled water volume, usually, contains dozens of planktonic individuals (most often lower crustaceans), that allows, in addition, using the behavior parameters of ensembles of test organisms for early toxicity assessment. This methodology, in conjunction with hydrophysical measurements at stationary stations, can be used to bioindicate water pollution and predict ecological disasters at an early stage of their formation. For this purpose, the experimental sample of hardware-software complex APK-E has been created and is being tested. The results of testing the complex in field conditions are presented and discussed.

Дёмин В.В., Давыдова А.Ю., Моргалев Ю. Н., Ольшуков А.С., Половцев И.Г.

МОНИТОРИНГ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПЛАНКТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОЙ ГОЛОГРАФИИ, КАК СПОСОБ БИОИНДИКАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Национальный исследовательский Томский государственный университет
dyomin@mail.tsu.ru

Степень антропогенного загрязнения водоёмов и антропогенного прессинга на экосистемы должна определяться с учетом его влиянуия на биоту. Попытки оценки степени экологической опасности техногенных и антропогенных загрязнителей по их концентрации относительно ПДК наталкиваются на ряд принципи-

альных препятствий. Во-первых, далеко не для всех веществ установлена ПДК. Во-вторых, далеко не для всех веществ известны такие их свойства, как изменение токсичности при взаимодействии с сотнями других, недавно созданных, химических веществ. В-третьих, чаще всего ПДК устанавливается в лабораторных условиях на лабораторных тест-организмах, чувствительность которых может отличаться от чувствительности «диких» видов. Кроме того, появление новых классов веществ, например наноматериалов, во всё больших масштабах поступающих в окружающую среду, ставят под сомнение данную возможность из-за немонотонной зависимости «доза-эффект». С этих позиций представляется целесообразным разработать методики обнаружения неблагоприятного изменения среды обитания по изменению поведенческих реакций автохтонных низших ракообразных. Известно, что поведенческие реакции на альтерирующее воздействие являются наиболее чувствительными в ряду ответов «поведение – физиологические изменения – гибель». Изменение поведенческих реакций может происходить при концентрациях токсиканта в десятки раз меньших его LD_{50}. Использование метода контроля токсичности по поведенческим реакциям реализовано в ряде существующих приборов. Однако эти приборы являются, во-первых, стационарными проточными приборами. Во-вторых, используют один вид лабораторных дафний, специально подобранных по чувствительности к модельным токсикантам.

В настоящей работе рассматривается возможность использования погружной цифровой голографической камеры, позволяющей регистрировать изображения гидробионтов и открывающей возможности по определению изменения их поведенческих реакций непосредственно в среде обитания. В Томском госуниверситете создана погружная цифровая голографическая камера, позволяющая регистрировать цифровые голограммы планктона с разрешением 200 мкм на глубинах до 500 м в режиме мониторинга, извлекать из голографических изображений, обрабатывать и передавать цифровые данные, характеризующие планктонные организмы (размеры, формы, концентрацию, положение в пространстве, скорость движения), а также создавать видео движения планктонных особей на основе этих голографических данных (Dyomin et al., 2011, 2017).

Единовременно контролируемый объём воды, как правило, содержит десятки планктонных особей (чаще всего низших ракообразных), что позволяет, дополнительно, использовать для ранней оценки токсичности параметры поведения ансамблей тест-организмов. Эта методология, в совокупности с гидрофизическими измерениями на стационарных станциях, может быть применена для биоиндикации загрязнений водной среды и прогнозирования экологических катастроф на ранней стадии их формирования. Для этой цели создан и проходит испытания аппаратно- программный комплекс ЭО АПК- Э. Приводятся и обсуждаются результаты тестирования комплекса в натурных условиях.

Dyomin V.V., Davydova A.Yu., Olshukov A.S., Polovtsev I.G.

PLANKTON BIODIVERSITY MONITORING WITH THE USE OF DIGITAL HOLOGRAPHIC CAMERA

National Research Tomsk State University
dyomin@mail.tsu.ru

Hydrobiological studies (sampling of phytoplankton, zooplankton, zoobenthos and periphyton) and field ichthyological survey are an important component of the ecological monitoring of aquatic environments, which are mandatory for examination of the territory to be used for construction and for monitoring of dangerous objects. Moreover, field and laboratory investigations include:

- studies of species and spatial-time structure of phytoplankton, higher aquatic plants, zooplankton, benthos and periphyton;
- studies of seasonal dynamics of species composition and abundance (number and biomass) of hydrobionts;
- identification of the trophic status of the ecosystem using hydrobiological parameters;
- processing of field data on the fauna;
- preparation of samples and their chemical and radiological analyses in the accredited laboratories;
- processing and estimation of the data and development of cartographic material.

Procedures of freshwater ecosystem investigations are well regulated from the point of view of legislation, in particular by the Water Code of the Russian Federation. On the territory of Russia, there are over two million lakes with a total area of over 350,000 km^2. According to the State Standard “Water. General Requirements of Sampling”, the minimal number of planktonic samples collected in the Russian lakes within the annual monitoring should be 30 million samples at 1.75 million stations.

In fact, regular monitoring of lakes in Russia is performed at 350 stations (Review …, 2014), that is in 5,000 times lower than it is stipulated in the Regulations. It follows that this branch is characterized by poor development but high potential growth. This growth, to a considerable extent, can be provided by stationary automatic plankton measuring instruments, including monitoring.

This work presents the results of measurements of plankton biodiversity using a submersible digital holographic camera of the hardware-software complex HSC-N. The camera provides underwater registration digital holograms of water volume containing plankton followed by automatic reconstruction of holographic images of planktonic species, determination of their size, shape, concentrations and their identification and classification. Particles of 200 μm and larger are analyzed. The water volume registered for one exposition is about 1 L. An example of the use of such camera is described in (Dyomin et al., 2017).

Automatic acquisition of information allows the researchers to perform monitoring field or stationary investigations. This work discusses prospects of the use of this complex within the system of ecological monitoring.

This work was supported by the Federal Target Program “Priority Research and Development of the Russian Scientific and Technological Complex for 2014-2020” under Agreement 14.578.21.0205.

Дёмин В.В., Давыдова А.Ю., Ольшуков А.С., Половцев И.Г.

МОНИТОРИНГ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ПЛАНКТОНА С ПОМОЩЬЮ ПОГРУЖАЕМОЙ ЦИФРОВОЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ

Национальный исследовательский Томский государственный университет
dyomin@mail.tsu.ru

Гидробиологические исследования (отбор проб фитопланктона, зоопланктона, зообентоса, перифитона, полевая ихтиологическая съемка) являются важнейшим компонентом экологического мониторинга водных сред, обязательными при маршрутном обследовании территории строительства, а также при мониторинге акватории опасных объектов. При этом полевые и лабораторные работы предполагают:

- изучение видовой и пространственно-временной структуры фитопланктона, высшей водной растительности, зоопланктона, бентоса, перифитона;
- изучение сезонной динамики видового состава и показателей обилия (численности, биомассы) гидробионтов;
- определение трофического статуса экосистемы по показателям гидробиологии;
- обработку полевых исследований животного мира;
- подготовку проб и их химический и радиологический анализ проб в аттестованных лабораториях;
- обработку и оценку полученных материалов исследований, разработку картографических материалов.

Процедуры обследования пресных водоемов достаточно хорошо регламентированы с точки зрения законодательства, в частности Водным кодексом Российской Федерации от 3 июня 2006 г. №74-ФЗ, «Положением об осуществлении государственного контроля за использованием и охраной водных объектов». На территории России расположено свыше двух миллионов озёр суммарной площадью более 350 тыс. км². В соответствии с п. 2.1 действующего ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» минимальное количество планктонных проб, которые нужно взять на территории озер России в рамках годового мониторинга, должно составить 30 млн. планктонных проб на 1, 75 млн. станций.

Фактически же регулярные исследования на озерах России осуществляются в 350 точках (Обзор …, 2014), что в 5 000 раз меньше этих нормативных требований. Отсюда можно сделать вывод, что данная отрасль характеризуются слабым развитием, но высоким потенциалом роста. Этот рост в значительной мере может быть обеспечен применением стационарных автоматических средств измерений планктона, в том числе мониторинговых.

В настоящей работе представлены результаты измерений биоразнообразия планктона с использованием погружной цифровой голографической камеры в составе аппаратно- программного комплекса ЭО АПК- Н. Камера обеспечивает подводную регистрацию цифровых голограмм объема водной среды, содержащей планктон, с последующим автоматическим восстановлением голографических изображений планктонных особей, определением их размеров, форм, концентрации, их распознаванием и классификацией. Обеспечивается исследование частиц с размерами от 200 мкм, объем среды, регистрируемый за одну экспозицию, составляет около 1 л. Пример использования такой камеры описан в (Dyomin et al., 2017).

Автоматизация процесса получения информации позволяет обеспечить мониторинговые экспедиционные или стационарные исследования. Обсуждаются перспективы применения устройства в системах экологического мониторинга, действующих в условиях глобального информационного пространства.

Проект поддержан ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы». Соглашение о предоставлении субсидии №14.578.21.0205.

Dyomin V.V., Suslayev V.I., Polovtsev I.G., Olshukov A.S., Davydova A.Yu., Zhuravlev V.A., Korovin E.Yu., Tretiakov A.S., Dotsenko O.A., Kochetkova T.D., Pavlova A.A.

SET OF HARDWARE-SOFWARE COMPLEXES FOR INVESTIGATION OF AQUATIC ENVIRONMENT IN EVALUATION OF BIORESOURCES AND ECOLOGICAL SITUATION

National Research Tomsk State University
dyomin@mail.tsu.ru, susl@mail.tsu.ru

At present, to assess bioresources and forecast consequences of anthropogenic activity, especially in aquatic environment monitoring, contactless measurement methods based on the use of electromagnetic radiation within wide frequency range (optical, microwave and terahertz) are of great importance. To obtain reliable information and calibrate different measuring devices, it is necessary to apply direct contactless methods for accurate quick analysis of hydrophysical and hydrobiological water features, including studies of plankton and other particles without their extraction from the habitats.

The use of submersible digital holographic cameras in such investigations allows the researchers to register a digital hologram of water volume containing plankton and to extract information on size, shape, spatial position, concentration and motion speed of each particle (Dyomin, Kamenev, 2016; Dyomin et al., 2017). Moreover, the results obtained can be supported by a video for observation and reconstruction of three-dimensional trajectories of particles and measurement of their behavioral responses.

For reliable description of the results, it is necessary to collect data on physical and chemical properties of the aquatic environment under study obtained from the same habitat and performed simultaneously with holographic investigations. Therefore, such characteristics as conductivity, temperature, salinity and depths at which the investigations have been carried out are measured.

The authors of this work presented a set of four hardware-software complexes (HSC) for studies of the aquatic environment, which include measurement devices and devices for information transfer to the research vessel or coast station, as well as software. These complexes can be used in:

- studies of hydrological and hydrobiological processes under laboratory conditions (HSC-L);
- assessment of bioresources, in particular food reserves in fishery (HSC-R);
- field studies of freshwater ecosystem biodiversity, limnology and plankton research (HSC-N);
- field or monitoring ecological survey of the water area for early bioindication of pollution level taking into consideration changes of plankton biodiversity and its behavioral activity (HSC-E).

The set of complexes is supplied with uniform hardware and design solution. These complexes mainly differ from each other in software. One of the complex versions (HSC-N) has been tested in the Kara Sea during the expedition of Institute of Oceanology RAS.

Some HSC modules were designed as mobile devices and used in studies of water conductivity in the Vasyugan Swamp, Ob River and in a number of rivers of the Ob basin.

This work was supported by the Federal Target Program “Priority Research and Development of the Russian Scientific and Technological Complex for 2014-2020” under Agreement 14.578.21.0205.

Дёмин В.В., Сусляев В.И., Половцев И.Г., Ольшуков А.С., Давыдова А.Ю., Журавлев В.А., Коровин Е.Ю., Третьяков А.С., Доценко О.А., Кочеткова Т.Д., Павлова А.А.

ЛИНЕЙКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ БИОРЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

Национальный исследовательский Томский государственный университет
dyomin@mail.tsu.ru, susl@mail.tsu.ru

В настоящее время для оценки биоресурсов и прогнозирования последствий антропогенной деятельности, особенно при мониторинговых обследованиях акваторий, большое значение приобретают неконтактные средства измерений, основанные на применении электромагнитного излучения в широком частотном диапазоне – оптическом, микроволновом, терагерцовом. Для получения достоверной информации, а также для калибровки различных измерительных средств необходимо использовать прямые неконтактные методы, позволяющие осуществлять точный оперативный анализ гидрофизических и гидробиологических свойств воды, в том числе исследования планктона и других взвешенных частиц, без их изъятия из среды обитания.

Использование в таких исследованиях погружаемых цифровых голографических камер позволяет зарегистрировать цифровую голограмму объема воды, содержащего планктон, извлечь из этой голограммы информацию о размерах, форме, положении в пространстве, концентрации, скорости движения каждой частицы (Dyomin, Kamenev, 2016; Dyomin et al., 2017). Кроме этого, результаты могут быть представлены видеофильмом для наблюдения и реконструкции трехмерных траекторий частиц и измерения их поведенческих реакций.

Для достоверного описания результатов необходимо иметь данные о физико-химических свойствах исследуемой водной среды, полученные в том же объеме среды и одновременно с голографическим исследованием. С этой целью измеряются такие характеристики, как электропроводность, температура, соленость и глубина, на которой проводилось исследование.

В данной работе представлена линейка из четырех аппаратно-программных комплексов (АПК) для исследования водной среды, включающих измерительные средства, средства передачи информации на судно или на береговую станцию, а также программное обеспечение. Комплексы могут быть использованы:

- при изучении гидрологических и гидробиологических процессов в лабораторных условиях (АПК-Л);
- при оценке биоресурсов, в частности, кормовой базы в рыболовной отрасли (АПК-Р);
- при натурных исследованиях биоразнообразия пресноводных водоемов, лимнологии, научном исследовании планктона (АПК-Н);
- при натурном экспедиционном или мониторинговом экологическом обследовании акватории, в котором для ранней биоиндикации загрязнений используется изменение биоразнообразия и поведенческой активности планктона (АПК-Э).

Линейка комплексов выполнена в унифицированном приборном обеспечении и конструкторском решении, основное отличие комплексов друг от друга состоит в программном обеспечении. Одна из версий комплекса АПК-Р апробирована в Карском море, во время экспедиции Института океанологии РАН.

Отдельные модули разработанных АПК выполнены в виде мобильных приборов и использовались при исследовании электропроводности воды в Васюганских болотах, в Оби и ряде рек Обского бассейна.

Проект поддержан ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы». Соглашение о предоставлении субсидии № 14.578.21.0205.

Efimova L., Sharapova E., Efimov V., Chalov S.

BIOGENIC ELEMENTS IN THE WATER OF MONGOLIAN PART OF SELENGA RIVER BASIN

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow
ef_river@mail.ru

Throughout the research concentration of biogenic elements (nitrogen and phosphorus) in the water of Mongolian part of Selenga river basin were studied. In this article were considered the stock data for years

1995-2015 and the results of field observations for 2015-2016. Annual average concentrations of N and P mineral forms in the Tuul, Khara and Orkhon river closure sites were analyzed and didn't reveal significant trends between 1995th and 2016th data. Natural content of biogenic elements varies under the influence of hydro-climatic conditions and technogenic impact level.

Ефимова Л.Е., Шарапова Е.О., Ефимов В.А., Чалов С.Р.

БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В РЕЧНЫХ ВОДАХ МОНГОЛЬСКОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА СЕЛЕНГИ

МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва
ef_river@mail.ru

Современные климатические изменения в бассейне р. Селенги привели к трансформации ее водного и химического стока (Гармаев, Христофоров, 2010). В северных районах Монголии на природные процессы накладывает отпечаток активизация хозяйственной деятельности – рост водопотребления, загрязнение реки и ее притоков сточными водами. Это приводит к изменению качества вод, поступающих на российскую часть бассейна (Сороковикова и др., 2013, 2015). Планируемое строительство водохранилищ в монгольской части бассейна реки также приведет к изменению химического состава воды (Гречушникова, Эдельштейн, 2016).

Цель исследования – оценить содержание биогенных элементов в воде Селенги и ее притоков в монгольской части бассейна. Анализ выполнен по литературным данным (1995-2015 гг.) и результатам собственных полевых исследований (2015-2016 гг.).

Монгольская часть бассейна Селенги характеризуется наиболее низкой водностью. На засушливых водосборах притоков реки климатические изменения приводят к возрастанию дефицита влажности из-за увеличивающихся потерь влаги на испарение. Модуль водного стока притоков Селенги – рек Туул и Хараа составляет от 0,4 до 0,1 л/с·км^2. Антропогенный фактор значительно изменяет природный фон содержания биогенных элементов. Водосборы рассматриваемых рек характеризуются достаточно высокой степенью хозяйственной освоенности, которая, однако, концентрируется в районе г. Улан-Батор и месторождения Заамар (р. Туул), в районе г. Дархан (р.Хараа) и ряде других населенных пунктов. Система землепользования на данный момент развита недостаточно, что приводит к значительной эрозии водосбора в результате сельскохозяйственных работ, особенно в период летне-осенних паводков, поступлению в реки взвешенных форм биогенных элементов.

Анализ среднегодовых концентраций минерального азота и фосфора в замыкающих створах рек Туул, Хараа, Орхон не выявил заметных трендов в период 1995-2015 гг. Осредненные концентрации нитратного азота в рассматриваемых створах составили 0,3-0,4 мгN/л при значительной внутригодовой изменчивости (0,21-1,98 мгN/л). Аммонийный азот изменялся в среднем от 0,1 до 0,3 мгN/л. Минимальные среднегодовые концентрации отмечены в воде р. Селенга, а максимальные – при слиянии рр.Орхон и Хангол (1,43 мгN/л). Максимальный диапазон колебаний наблюдался в воде р. Орхон, принимающей воды загрязненных промышленными и коммунально-бытовыми стоками притоков Хараа, Хонгол, Шарынгол, Бороо. Согласно экспедиционным данным, ниже карьеров в воде рек Хонгол и Хараа после поступления сточных вод происходит увеличение в воде минеральных форм азота и фосфора.

Содержание биогенных элементов характеризуется сезонной изменчивостью. Расчет средних концентраций соединений минерального азота свидетельствует об их двукратном увеличении при повышенной водности. При этом водность практически не отразилась на средних величинах содержания фосфатов.

По результатам полевых наблюдений, для рек монгольской части бассейна Селенги выявлено, что в летне-осенний период доля органической формы составляет 50-70% общего фосфора, зимой же минеральный фосфор преобладает, достигая 90% (в водах р. Туул). Зимой р. Туул в районе г. Улан-Батор перемерзает, а в незамёрзших линзах воды на плёсовых участках, между слоёв льда, скапливаются загрязнённые воды с повышенными концентрациями соединений фосфора и азота. Поступление этих вод в реку после освобождения ото льда приводит к резкому повышению содержания биогенных веществ антропогенного происхождения. Оно снижается к устью реки Туул, не оказывая заметного влияния на химический состав воды рек Орхон и Селенга.

Загрязнение речных вод биогенными элементами, поступающими с коммунально-бытовыми, промышленными и сельскохозяйственными стоками, имеет локальный характер.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-29-05027)

Eropova I.O., Takhteev V.V.

MACROZOOBENTHOS OF THE SOME THERMAL SPRINGS OF NORTHERN BAIKAL AND BARGUZIN VALLEY IN EARLY SPRING

The macrozoobenthos communities were investigated in the thermal springs of Northern Baikal (Verkhnyaya Zaimka, Hakusy) and in the Barguzin valley (Umkhey, Kuchiger, Seya). In thermal springs of the North Baikal coast and the Verkhnyaya Angara basin the gastropods are dominated (communities with two or three dominants), in the spring Verkhnyaya Zaimka in the area of cooling water – also the amphipods *Gmelinoides fasciatus*. Due to the lack of hard substrates in the studied springs of the Barguzin valley the larvae of dragonflies (Odonata) and other insects are dominated. The biomass indices of zoobenthos are high and correspond to those in eutrophic and even hypertrophic lakes.

Еропова И.О.[1, 2], Тахтеев В.В.[1]

МАКРОЗООБЕНТОС НЕКОТОРЫХ ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ СЕВЕРНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ И БАРГУЗИНСКОЙ ДОЛИНЫ В РАННЕВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

[1]Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
[2]Байкальский музей ИНЦСО РАН, пос. Листвянка Иркутской обл., Россия
eropova.irina@yandex.ru

Байкальская рифовая зона является одним из регионов планеты, для которого свойственно наличие значительного количества термальных источников, придающих ему особое ландшафтно-экологическое своеобразие. К их числу относятся термальные источники Северного Прибайкалья и Баргузинской долины, являющиеся рефугиями для ряда теплолюбивых элементов фауны и флоры, как водной, так и наземной.

Цель работы заключалась в сравнительном анализе сообществ зообентоса термальных источников Северного Прибайкалья (Верхняя Заимка, Хакусы) и Баргузинской долины (Умхэй, Кучигер, Сея).

В марте 2016 и 2017 гг. нами проведены две комплексные экспедиции по этим районам. Количественные пробы макрозообентоса отбирали с помощью круглого бентометра (S=0,017 м²). Для исследования состава фауны отбирали также качественные пробы с помощью сачка. Всего было собрано и обработано 23 пробы (12 количественных и 11 качественных). Камеральную обработку проб проводили по общепринятой методике с расчетом численности и биомассы каждой таксономической группы на 1 м². Тип сообщества зообентоса определяли по группе, которая доминировала по биомассе.

Все источники отличаются щелочной реакцией воды (pH 8,2-9,6) и ее незначительной минерализацией – от 0,12 до 0,17 г/л. Химический состав воды – гидрокарбонатно-сульфатный натриевый (Верхняя Заимка, Хакусы) и гидрокарбонатный натриевый (источники Баргузинской долины). Показатели насыщения O_2 изменялись от 5,0 мг/л до 6,9 мг/л. Температура воды варьировала от 28,8°С (Верхняя Заимка) до 55,2°С (Сеюйский) на выходе источника и от 8,8 до 25,5°С в месте отбора проб.

Вблизи места основного излияния источника Верхняя Заимка макрозообентос представлен только брюхоногими моллюсками из трех семейств: Bithyniidae, Valvatidae и Planorbidae. В зоне охлаждения вод по биомассе доминировали амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (26,8%), субдоминантами являются гастроподы (20,8%).

В составе фауны всего термального поля источника Хакусы преимущественно доминируют брюхоногие моллюски, как по численности (53,0%), так и по биомассе (51,2%). Субдоминанты по биомассе – личинки стрекоз *Orthetrum albistylum* (35,3%), на третьем месте личинки мух-львинок Stratiomyidae, относящиеся к видам *Odontomyia argentata* (F.) и *O. angulata* (Panzer) (8,5%). Гастроподы представлены гидротермальными эндемиками *Lymnaea* gr. *thermobaicalica* и неописанным видом *Gyraulus* sp., обнаружен также байкальский вид амфипод *Micruropus wohlii platycercus*.

Воды источников Умхэйской группы принимает теплое озеро (29-30 °С), где у берега были найдены живыми лишь личинки стрекоз *Orthetrum albistylum*. В нижней части термального поля в прохладной луже по численности доминируют хирономиды (45,4%), в роли субдоминантов – личинки мокрецов (36,3%); по биомассе также преобладают хирономиды (37,4%), в качестве субдоминантов – личинки львинок и стрекоз (25,2 и 21,7%). В присутствии каменистого грунта здесь появляются гастроподы (обнаружены пустые раковины). В составе макрозообентоса левобережного источника Умхэйской группы ярко выраженным доминантом, как по численности (81,8%), так и по биомассе (87,4%), оказались также личинки хирономид.

В источнике Кучигер из-за малопригодного для зообентоса субстрата (очень вязкий илистый грунт со значительным запахом сероводорода) в массовом количестве присутствуют только личинки мокрецов (Ceratopogonidae).

Вода Сеюйского источника изливается с дебитом 2 л/с и сразу же формирует горячее озеро, в котором макробеспозвоночные отсутствуют. Из озера вытекает ручей, который впадает в р. Сея; его дно покрыто обильным детритом. В ручье при 22-25°С сформировано одонатоидное сообщество с очень высокими значениями биомассы личинок стрекоз (21,47-30,29 г/м², или 91,2-99,6% всего зообентоса); по численности на первое место могут выходить личинки хирономид (до 61,5%).

Таким образом, в термальных источниках северного побережья Байкала и Верхнеангарской впадины распространены гастроподные сообщества зообентоса, в Хакусах в отдельных участках термального поля – одонатоидные. В рассматриваемых термальных источниках Баргузинской долины вследствие почти полного отсутствия твердых субстратов преобладают личинки стрекоз и других насекомых. Показатели биомассы макрозообентоса термальных источников (в пригодной для обитания животных зоне) находятся на высоком уровне, и соответствуют таковым в эвтрофных или даже гипертрофных озерах (Верхняя Заимка – до 43,06 г/м², Сеюйский – до 30,41 г/м²).

Исследования поддержаны РФФИ (грант № 17-29-05067-офи).

Fedorov Yu.A.[1], Dmitrik L.Yu.[1], Nazarenko O.V.[1], Predeina L.M.[2], Dotsenko I.V.[1]

IRON: FORMS OF MIGRATION AND STAY IN THE WATER FOR MEGAPROFIL “MINE WATER – THE RIVER DON AND AZOV SEA”

[1]Southern Federal University, Rostov on Don, Bolshaya Sadovaya str. 105/42
[2]Hydrochemical Institute, Rostov on Don, Stachki str., 198
fedorov@sfedu.ru, ldmitrik@sfedu.ru

Iron is one of the most widespread elements on our planet. This metal is present in most natural mineral formations, water, organic matter, and in the air. The important physiological and biochemical role is beyond doubt. Iron, located in the aquatic environment, can take part in the processes of self-purification, redox reactions, be a regulator of

biomass phytoplankton. It should be noted that high metal content in the water significantly impairs water quality, making it unsuitable for technical purposes, and dangerous for living organisms. The mine waters of the Eastern Donbass, which are toxic due to extremely high iron concentrations, are a vivid example of the harmful effects. On the contrary, in mud lakes (oz. Palentino, Big Tambukan), iron which in the interaction with reduced sulfur forms in the sediments gidrotroillit, which have is the therapeutic characteristic. Therefore, it is important to study the changes in the forms of finding and migration of dissolved iron overall (Fe_{total}) in water bodies of different origin, characterized by different physical and chemical conditions. The graphs of the distribution of iron overall, pH, Eh and mineralization (M) of water bodies of the Azov sea catchment were constructed according to the megaprofile "Mine waters of the coal mining area, ponds, sedimentation tanks, small rivers (Eastern Donbass) – Don river - Taganrog Bay - Azov Sea". The content of total dissolved iron decreased when moving from the area of mine waters to the Azov Sea, and the values of the hydrogen index, in the same direction, increased. For M and Fe_{total}, there was a parallel decrease in both indicators when moving through the system from the Eastern Donbass region to the Don River, then mineralization began to increase, and the concentration of dissolved iron continued to decrease. The values of the oxidation-reduction potential changed unevenly in some areas of the megaprofile, but in general, there was a tendency to reduce the values of Eh in the direction from the mine waters to the Azov Sea, which was accompanied by a decrease in the total dissolved iron. The results of full-scale experimental studies on the rivers of the Rostov region are given, which describe seasonal and daily changes in the dynamics of dissolved and suspended iron. The factors affecting the iron content in the Don River are established. The processes of Fe oxidation in various conditions are considered in detail, at the same time analyzed the change of forms of elements in different conditions. The high content of dissolved iron in the mine waters of Eastern Donbass is explained by chemical and bacterial oxidation of pyrite (FeS_2). The low values of the hydrogen index characteristic of these waters contribute to the finding of iron in the dissolved state with a high proportion in the form of finding Fe^{2+}. When the mine water enters the earth's surface and interact with rocks and surface waters, there is an increase in the pH values and the transition of Fe^{2+} to Fe^{3+}, accompanied by the deposition of the latter in the bottom sediments. Therefore, in surface waters, in particular in the Don River, dissolved iron mainly has an oxidation state form of Fe^{3+}. The prevailing form of iron migration is suspended matter. The Azov Sea is characterized by a high content of organic matter, including humic and fulvic acids. Fe^{3+} easily forms complex compounds with silicon ions and acids, which provides high stability of $Fe(OH)_3$ colloids in sea waters.

The financial support provided by the project RSF № 17-17-01229 are gratefully acknowledged.

Федоров Ю.А.[1], Дмитрик Л.Ю.[1], Назаренко О.В.[1], Предеина Л.М.[2], Доценко И.В.[1]

ЖЕЛЕЗО: ФОРМЫ МИГРАЦИИ И НАХОЖДЕНИЯ В ВОДЕ ПО МЕГАПРОФИЛЮ «ШАХТНЫЕ ВОДЫ – РЕКА ДОН – АЗОВСКОЕ МОРЕ»

[1]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая 105/42
[2]ФГБУ «Гидрохимический институт», г. Ростов-на-Дону, ул. пр. Стачки, 198
fedorov@sfedu.ru, ldmitrik@sfedu.ru

Железо – один из наиболее распространенных элементов на нашей планете, этот металл присутствует в большинстве природных минеральных образований, воде, органике и даже в воздухе, оно играет важную физиологическую и биохимическую роль. Большой интерес представляет железо, находящееся в водной среде, где оно может принимать участие в процессах ее самоочищения, окислительно-восстановительных реакциях, быть регулятором биомассы фитопланктона, и многое другое. Но высокое содержание этого металла в воде значительно ухудшает ее качество, делая не пригодной для использования в технических целях, и опасной для живых организмов. Так, ярким примером вредного воздействия могут служить шахтные воды Восточного Донбасса, которые являются токсичными из-за экстремально высоких концентраций железа. И напротив, в грязевых озерах (оз. Пеленкино, Большой Тамбукан), железо, которое при взаимодействии с восстановленными соединениями серы, образует в донных отложениях гидротроиллит, который обладает терапевтическими свойствами. Поэтому важно изучить изменение форм нахождения и миграции растворенного железа общего ($Fe_{общ}$) в водных объектах различного происхождения, характеризующихся различными физико-химическими условиями. Для этого были построены графики распределения содержаний железа общего, значений pH, Eh и минерализации (M) в водных объектах бассейна Азовского моря по мегапрофилю «шахтные воды района угледобычи, пруды отстойники, малые реки (Восточный Донбасс) – река Дон – Таганрогский залив – Азовское море». Содержание растворенного железа общего уменьшалось при продвижении от района расположения шахтных вод к Азовскому морю, а значения водородного показателя, в том же направлении, возрастали. Для M и $Fe_{общ}$ отмечено параллельное снижение обоих показателей при продвижении по системе от района Восточного Донбасса к реке Дон, далее минерализация начинала повышаться, а концентрация растворенного железа общего продолжала снижаться. Значения окислительно-восстановительного потенциала изменялись неравномерно на отдельных участках мегапрофиля, но в общем отмечена тенденция к снижению значений Eh в направлении от района шахтных вод к Азовскому морю, которая сопровождалась субпараллельным снижением содержания растворенного железа общего. Представлены результаты натурных экспериментальных исследований на реках Ростовской области, в которых описаны сезонные и суточные изменения в динамике растворенного и взвешенного железа. А так же установлены факторы, влияющие на содержание железа в реке Дон. Подробно рассмотрены процессы его окисления в различных условиях, а также изменение форм нахождения этого элемента. В шахтных водах Восточного Донбасса высокое содержание растворенного железа объяснятся химическим и бактериальным окислением пирита (FeS_2). Низкие значения водородного показателя, характерные для этих вод, способствуют нахождению железа в растворенном состоянии с высокой долей в форме нахождения Fe^{2+}. При поступлении шахтных вод, вследствие водоотлива, на земную поверхность, и их взаимодействия с породами и поверхностными водами, происходит повышение

значений pH и переход двухвалентного железа в трехвалентное состояние, сопровождающееся осаждением последнего в донные отложения. Поэтому в поверхностных водах, в частности в реке Дон, растворенное железо в основном имеет степень окисления 3+. Доминирующей формой миграции железа является взвешенное вещество. Азовское море характеризуется высоким содержанием органического вещества, в том числе гуминовых и фульво-кислот. Трехвалентное железо легко образует комплексные соединения с ионами кремния и этими кислотами, что обеспечивает высокую устойчивость коллоидов $Fe(OH)_3$ в морской воде.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 17-17-01229.

Fedorova G.A.[1, 2], Glyzina O.Yu.[1], Avezova T.N.[1], Belikova A.S.[1], Medvezhonkova O.V.[1], Timoshkin O.A.[1]

PIGMENT COMPOSITION OF BAIKAL SPONGE ALGOSYMBIONTS AS IDENTIFICATION OF SPONGE SYMBIOTIC COMMUNITY STATE

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2] Russian State University of Justice, Irkutsk, Russia
fgalina@mail.ru

The researchers presented data on magnesium-porphyrin components of the pigment apparatus of intracellular symbiotic algae of the Baikal sponge *Lubomirskia baicalensis* (Pallas, 1771). Nine chlorophylls and their derivatives were identified by MALDI-TOF/TOF. The content of chlorophylls *a* and *b* of intracellular algosymbionts of the Baikal sponge was estimated by microcolumn HPLC.

Samples of *L. baicalensis* sponges (10 visually healthy and 15 visually diseased) were collected from a depth of 5-10 m in the southern basin of Lake Baikal in 2015-2016 (Cape Beryozovy and village Bolshiye Koty). Sponge samples were frozen in liquid nitrogen and stored at -70°C until analysis.

Chlorophylls *a* and *b* were determined by HPLC on a Milichrom A-02 (ZAO EkoNova, Russia) on a RP Nucleosil 100-5 C18 (Machery-Nagel, Germany); the column temperature was 35°C and detector was 330 and 360 nm.

The elevated content of chlorophylls *a* and *b* was recorded in 70% of visually healthy and 85% of visually diseased sponges in comparison with the data of the pre-crisis period.

The ratio of chlorophyll *a/b* in visually healthy sponges was 8:1 (70%) and from 3.5:1 to 5:1 (30%). The ratio of chlorophyll *a*/*b* in the visually diseased sponges was from 6.5:1 to 14:1. This exceeds significantly the ratio of chlorophylls *a*/*b* in the pre-crisis period.

The qualitative composition of sample pigments was analyzed by MALDI-TOF/TOF equipped with a *smartbeam*-II™ *laser* with λ = 355 nm and a reflectron (UltrafleXtreme, Bruker Daltonics GmbH, Germany) in the positive ion detection mode. For registration of mass-spectra, we used 2,5-dihydroxyacetophenone (10 mg/ml in acetone) as matrix. Mass spectra showed the presence of chlorophylls *a*, *b*, c_1 and c_2, chlorophyllide *a*, pheophytin *a*, pheophorbide *a*, pyropheophorbide *a*, and protoporphyrin IX. Pigments were identified from molecular ions and isotopic pattern.

The mass spectrum contained a radical cation M^+ and protonated molecule $[M+H]^+$ corresponding to the products of cleavage of chlorophylls (pheophytins, pheophorbides, and pyrophheophorbids). It means that there is the destruction of the pyrrole ring of the molecule.

The data obtained indicate deep physiological disturbances in the photosynthetic apparatus of the Baikal sponge *Lubomirskia baicalensis*.

Федорова Г.А.[1, 2], Глызина О.Ю.[1], Авезова Т.Н.[1], Беликова А.С.[1], Медвежонкова О.В.[1], Тимошкин О.А.[1]

ПИГМЕНТНЫЙ СОСТАВ АЛЬГОСИМБИОНТОВ БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК КАК ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ СИМБИОТИЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]ВСФ ФГБОУВО «Российский государственный университет правосудия», Иркутск, Россия
fgalina@mail.ru

Получены данные по магний-порфириновым компонентам пигментного аппарата внутриклеточных симбиотических водорослей байкальской губки *Lubomirskia baicalensis* (Pallas, 1771). Методом МАЛДИ-ТОФ/ТОФ идентифицировано 9 хлорофиллов и их производных. Методом микроколоночной ВЭЖХ выполнена оценка содержания хлорофиллов *а* и *b* внутриклеточных альгосимбионтов байкальской губки.

Образцы губки *L. baicalensis* (10 визуально-здоровых и 15 визуально- больных) собраны с глубины 5 - 10 м в южной котловине озера Байкал в 2015-2016 гг. (мыс Берёзовый, п. Большие Коты). Образцы губок, предназначенные для химического и масс-спектрометрического исследований *замораживали* в *жидком азоте*, *транспортировали* в *лабораторию* и *хранили до анализа* при температуре -70°С.

Определение концентрации хлорофиллов *а* и *б* выполняли методом ВЭЖХ на хроматографе «Милихром А-02» (ЗАО «ЭкоНова», Россия) на колонке с обращено-фазным сорбентом Nucleosil 100-5 C18 («Machery-Nagel», Германия) с элюентами метанол-вода, при температуре колонки 35°С и длинах волн определения 330 и 360 нм.

Отмечено повышение абсолютных значений содержания хлорофиллов *а* и *б* у 70% условно-здоровых и 85% условно-больных по сравнению с данными докризисного периода.

Соотношение хлорофилл *а*/*б* в исследованных визуально-здоровых образцах губки составило 8:1 (70%) а в 30% образцов близко к докризисным значениям: от 3.5 : 1 до 5 : 1. Соотношение хлорофилл *а*/*б* в исследованных визуально-больных образцах губки изменяется от 6.5:1 до 14 : 1, что значительно превышает соотношение хлорофиллов *а*/*б* в докризисный период.

Исследования качественного состава пигментов проб выполнены с помощью масс-спектрометра МАЛДИ-ТОФ/ТОФ, оснащенного твердотельным УФ-лазером с λ=355 нм и рефлектроном (UltrafleXtreme, «Bruker Daltonics GmbH», Германия). В качестве органической матрицы для регистрации масс-спектров использовали 2,5-дигидроксиацетофенон (10 мг/мл в ацетоне) в режиме регистрации положительных ионов. Масс-спектры показали наличие хлорофиллов *а*, *б*, c_1 и c_2, хлорофиллида *а,* феофитина *а,* феофорбида *а,* пирофеофорбида *а,* протопорфирина IX. Пигменты идентифицированы по массе молекулярных ионов и изотопному распределению.

Наряду с массами молекулярных ионов, отвечающими хлорофиллам, на масс-спектре присутствуют ионы, соответствующие продуктам расщепления хлорофиллов (феофитины, феофорбиды, пирофеофорбиды), т.е. изменение хлорофилла может сопровождаться разрушением пиррольного кольца молекулы.

Полученные данные свидетельствуют о глубоких физиологических нарушениях в работе фотосинтетического аппарата байкальской губки *L. baicalensis*.

Fefilova E.B.[1], Evstigneeva T.D.[2], Mayor T.Yu.[2]

BAIKAL HARPACTICOIDS (CRUSTACEA: COPEPODA: HARPACTICOIDA): RESEARCH PROMISES

[1]Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch RAS, Kommunisticheskaya 28, 167982 Syktyvkar
[2]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
fefilova@ib.komisc.ru

Harpacticoids are one of the most abundant and diversified groups of invertebrates in the Baikal meiobenthos ranking third after amphipods and ostracods by the number of taxons. 78 species of harpacticoids have been described in Baikal, 77 of them belong to the family Canthocamptidae and to 9 genera of this family, 88% of them are endemic (Okuneva, 1989; Okuneva, Evstigneeva, 2001). The structure of these crustaceans has been studied since 1908, the first species described was a representative of the family Harpacticidae – *Harpacticella inopinata* Sars. The structure of Baikal Canthocamptidae was determined later. It was found that 70% of species in this family belong to the genera *Bryocamptus* and *Moraria* (Okuneva, 1989; Окунева, Evstigneeva, 2001). A long separate evolution of the Baikal Canthocamptidae can be seen in development of convergent features whose adaptive role is hypothetical (Boxshall, Evstigneeva, 1994; Monchenko, 2003). We expect that it would be promising to study the Baikal Harpacticoida morphology in more detail, to develop the genera systematics and to perform a molecular-genetic analysis of phylogenesis of these crustaceans. The first priority problems to be solved include a new description of the most Harpacticoida species (first of all, the subgenera *Baicalocamptus* and *Baicalomoraria*), description of new taxa, definition of the structure of deep water fauna, molecular-genetic analysis of the species, development of mitochondrial and nuclear genes nucleotide sequences databases. Such investigations could improve our understanding of evolutionary history of aquatic fauna not only in the most ancient Baikal ecosystem, but also in other areas of Palearctic (Boxshall, Jaume, 2000; Kaufman, 2005).

Фефилова Е.Б.[1], Евстигнеева Т.Д.[2], Майор Т.Ю.[2]

ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАРПАКТИЦИД (CRUSTACEA: COPEPODA: HARPACTICOIDA) БАЙКАЛА

[1]ФГБУН Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28
[2]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
fefilova@ib.komisc.ru

Гарпактициды – одна из доминирующих в Байкале по разнообразию и численности в мейобентосе групп беспозвоночных. По числу известных науке таксонов занимает в нем третье после амфипод и остракод место. Из описанных для Байкала 78 видов Harpacticoida 77 принадлежит к сем. Canthocamptidae и 9 родам этого семейства, 88% из них эндемичны (Окунева, 1989; Окунева, Евстигнеева, 2001). Исследования состава этих ракообразных в озере началось в 1908 году с описания представителя сем. Harpacticidae – *Harpacticella inopinata* Sars. Позже было установлен состав байкальских Canthocamptidae, где 70% видового богатства семейства приходится на долю рода *Bryocamptus* и *Moraria* (Окунева, 1989; Окунева, Евстигнеева, 2001). Продолжительная обособленная эволюция родов байкальских Canthocamptidae прослеживается в развитии конвергентных признаков, адаптационное значение некоторых из них можно предположить (Boxshall, Evstigneeva, 1994; Монченко, 2003). Перспективы изучения Harpacticoida в озере Байкал мы связываем с детализацией морфологических исследований, разработкой систематики родов и молекулярно-генетическим анализом филогенеза этой группы ракообразных. Первоочередные задачи, которые необходимо решить исследователям озера включают переописание большинства видов гарпактицид (в первую очередь, подродов *Baicalocamptus* и *Baicalomoraria*), описание новых таксонов, определение состава глубоководной фауны, молекулярно-генетический анализ видов, создание баз данных нуклеотидных последовательностей митохондриальных и ядерных генов. Такие изыскания будут способствовать лучшему пониманию эволюционной истории водной фауны не только в древнейшей экосистеме Байкала, но и других регионах Палеарктики (Boxshall, Jaume, 2000; Кауфман, 2005).

Flerova E.A.[1, 2]

FEATURES OF THE CELL MESONEPHROS ANADROMOUS SALMONID SPECIES

[1]Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production – Federal State Budget Scientific Institution «Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology»
[2]P.G. Demidov Yaroslavl State University

Despite the abundance of works devoted to the migration of salmonids, the prevailing number is limited to the study of functional rearrangements of the osmoregulatory system, to a lesser extent structural changes in the kidneys and gill epithelium of fish, and the ultrastructure of the chloride cells of the gills.

Most of the works are devoted to a narrow segment of their life cycle - the process of smoltification. The aim of the work is to describe the fine structure of the cells that form interstitial and kidney nephrons in the wild population of baltic salmon and trout that are at different stages of the life cycle.

Catching smolt and parr *Salmo salar* and *Salmo trutta* were in the river Luga and the river Salk Leningrad region. Catching smolt and parr *S. salar* and *S. trutta* were in the river meadows and the river Salk Leningrad region. Salmon producers were caught at the confluence of the Luga Bay of the Gulf of Finland. The average salinity in this area is 5.2‰. Producers of trout were caught in the spawning grounds of the Solka River (the lower tributary of the meadow). The trunk kidneys were excised, fixed and examined according to a standard technique for electron microscopy.

The ultrastructure of lymphocytes, plasma cells, macrophages, neutrophils, eosinophils, cells with radially located vesicles of chloride cells, as well as structures forming nephrons (renal corpuscle, proximal and distal tubules) are described. More than a twofold increase in the number of mitochondria in lymphocytes, plasma cells, an increase in the cavity of the Bowman capsule, and the size of the cells studied in the trout and salmon trotters, in comparison with the cells of the producers and parr.

An increase in the number of mitochondria in chloride cells and epithelial cells of the proximal tubule has been revealed. The intensive development of folds of membranes of tubule epitheliocytes and smooth endoplasmic reticulum in smolt *S. trutta* and *S. salar*, as well as *S. salar* producers in comparison with other stages of the life cycle, both salmon and trout. Likely, this fact is related both to the place of catch of salmon producers and to the structural rearrangements of the organ of smolts of salmon.

Unlike slices trout kidney cells, where they were found only electron-transparent vesicles characteristic Salmoniformes in salmon kidneys, are at smoltification stage first described by cells with radial vesicles with an electron-dense fibril stretching along the vesicles.

It was concluded that the cell sizes, the size of the Bowman capsule cavity, the number of mitochondria in agranulocytes, interstitial chloride cells and nephron epitheliocytes, the development of cell membranes and the smooth endoplasmic reticulum in different types of nephron epitheliocytes, the different ultrastructure of vesicles of cells with radially located vesicles are cytological markers processes of salmon migration.

The work was carried out with the financial support of the RFBR grant 16-04-00650 A "Morphofunctional organization of the salmon-like mesonephros". The author expresses deep gratitude to the head of the laboratory for monitoring salmonid fish populations of FSBSI "GosNIORH"for their assistance in collecting the material.

Флёрова Е.А.[1, 2]

ОСОБЕННОСТИ КЛЕТОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МЕЗОНЕФРОСА АНАДРОМНЫХ ВИДОВ ЛОСОСЕВЫХ

[1]Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса», п. Михайловский, Россия
[2]Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль, Россия
katarinum@mail.ru

Несмотря на обилие работ, посвященных вопросам миграции лососевых, преобладающее их число ограничивается изучением функциональных перестроек осморегуляторной системы, в меньшей степени структурными изменениями в почках и жаберном эпителии рыб, ультраструктурой хлоридных клеток жабр. При этом большинство работ посвящено лишь узкому отрезку их жизненного цикла – процессу смолтификации. Цель работы – описать тонкое строение клеток, образующих интерстиций и нефроны почек дикой популяции балтийского лосося и кумжи, находящихся на разных стадиях жизненного цикла.

Отлов смолтов и пестряток *Salmo salar* и *Salmo trutta* вели в р. Луга и р. Солка Ленинградской области. Производители лосося были пойманы в месте впадения в Лужской губу Финского залива. Средний показатель солености в этом участке составляет 5,2‰. Производители кумжи были пойманы на нерестилищах реки Солка (нижний приток Луги). Туловищные почки иссекали, фиксировали и исследовали по стандартной для электронной микроскопии методике.

Описана ультраструктура лимфоцитов, плазматических клеток, макрофагов, нейтрофилов, эозинофилов, клеток с радиально расположенными везикулами хлоридных клеток, а также структур образующих нефрон (почечное тельце, проксимальный и дистальный канальцы). Показано более чем двукратное увеличение количества митохондрий в лимфоцитах, плазматических клеток, увеличение полости боуменовой капсулы и размеров изучаемых клеток у покатников кумжи и лосося, по сравнению с клетками производителей и пестряток.

Выявлено увеличение количества митохондрий в хлоридных клетках и эпителиоцитах проксимального отдела канальцев, более интенсивное развитие складок мембраны эпителиоцитов канальцев и гладкого эндоплазматического ретикулума смолтов кумжи и лосося, а также производителей лосося по сравнению с другими стадиями жизненного цикла, как лосося, так и кумжи. Скорее всего, этот факт

связан как с местом вылова производителей лосося, так и со структурными перестройками органа смолтов лососевых.

В отличие от срезов клеток почек кумжи, где были обнаружены только электронно-прозрачные везикулы, характерные для лососеобразных, в почках лососей, находящихся на стадии смолтификации, впервые описаны КРВ с электронно-плотной фибриллой, тянущейся вдоль везикулы.

Сделан вывод о том, что размеры клеток, размеры полости боуменовой капсулы, количество митохондрий в агранулоцитах, хлоридных клетках интерстиция и эпителиоцитах нефрона, развитие клеточных мембран и гладкого эндоплазматичекого ретикулума у разных типов эпителиоцитов нефрона, различная ультраструктура везикул КРВ является цитологическими маркерами процессов миграции лососевых.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 16-04-00650 А "Морфофункциональная организация мезонефроса лососеобразных". Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам лаборатории мониторинга популяций лососевых рыб ФГБНУ «ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга за помощь в сборе материала.

Fokina N.N., Nemova N.N.

CHANGES IN PHOSPHOLIPID FATTY ACID COMPOSITION OF *ANODONTA* SPP. GILLS UNDER CADMIUM AND NICKEL EFFECTS

Institute of Biology of the Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk, Russia
fokinann@gmail.com

The effect of various cadmium and nickel concentrations on phospholipid fatty acid composition of freshwater bivalve mollusks of the genus *Anodonta* was studied. It was shown phospholipid fatty acid composition of the mollusk gills undergoes significant changes under the effect of cadmium and nickel already on the first experiment day. However, fatty acid composition response was determined not only by the metals dose and the duration of their action, but also by the type of metal. The impact of a highly toxic metal-cadmium negatively reflected on the unsaturation of membrane phospholipids already on the first experiment day. At the same time, the effect of nickel, which is a trace metal (biological role has been poorly studied), during the first experiment day caused an increase in the unsaturation of membrane phospholipids.

Фокина Н.Н., Немова Н.Н.

ИЗМЕНЕНИЯ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СПЕКТРА ФОСФОЛИПИДОВ ЖАБР *ANODONTA* SPP. ПОД ДЕЙСТВИЕМ КАДМИЯ И НИКЕЛЯ

Институт биологии – обособленное подразделение ФГБУН
Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Россия, 185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д.11
fokinann@gmail.com

Двустворчатые моллюски используются в качестве индикаторов в биомониторинговых исследованиях состояния акваторий, а также в экотоксикологических исследованиях биологических эффектов накопления металлов в организме. Металлы индуцируют продукцию активных форм кислорода и свободных радикалов, вызывающих развитие окислительного стресса. Основной мишенью окислительных процессов служат ненасыщенные жирные кислоты в составе фосфолипидов мембран. При их окислении нарушается структурная целостность и проницаемость липидного бислоя, что приводит к развитию патологических процессов. В настоящей работе оценивали жирнокислотный спектр фосфолипидов жабр у пресноводных двустворчатых моллюсков рода *Anodonta* в условиях экспериментального воздействия кадмия и никеля в различных концентрациях. На базе аквариального комплекса ИБ КарНЦ РАН были проведены эксперименты, в ходе которых моллюски подвергались воздействию кадмия и никеля в концентрациях 10, 50 и 100 мкг/л на протяжении 1 и 3 суток. Поскольку жабры у двустворчатых моллюсков наиболее уязвимы к действию металлов, и представляют собой первичное место их накопления, по истечении эксперимента они были зафиксированы для проведения биохимического анализа. Исследование состава жирных кислот фосфолипидов проводили методами тонкослойной и газожидкостной хроматографии при использовании ЦКП научным оборудованием Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук».

Показано, что на первые сутки воздействия кадмия происходят изменения на уровне жирных кислот фосфолипидов жабр свидетельствующие об активации окислительных процессов: снижение уровня мононенасыщенных жирных кислот (главным образом, 20:1) и n-6 полиненасыщенных жирных кислот (в частности, линолевой 18:2n-6 и арахидоновой 20:4n-6 кислот). При этом отмечалось повышение уровня насыщенных жирных кислот, преимущественно пальмитиновой 16:0 кислоты. На третьи сутки эксперимента, напротив, отмечалось снижение уровня насыщенных жирных кислот и повышение уровня полиненасыщенных жирных кислот n-6 ряда в составе фосфолипидов жабр моллюсков, что, по-видимому, указывает на компенсаторные изменения на уровне жирнокислотного спектра, направленные на восстановление ненасыщенности фосфолипидов.

В отличие от действия высокотоксичного кадмия, на первые сутки влияния никеля было отмечено повышение уровня мононенасыщенных (20:1) и полиненасыщенных (арахидоновой 20:4n-6, эйкозапентаеновой 20:5n-3 и докозагексаеновой 22:6n-3) кислот, а также снижение уровня насыщенных жирных кислот. При этом модификации жирнокислотного спектра фосфолипидов, указывающие на развитие окислительных процессов, были обнаружены на третьи сутки экспериментального воздействия никеля: снижение уровня полиненасыщенных жирных кислот n-3 и n-6 рядов и повышение доли насыщенных жирных кислот.

Таким образом, показано, что жирнокислотный спектр фосфолипидов жабр у моллюсков рода

Anodonta подвергается значительным изменениям под действием кадмия и никеля в различных концентрациях уже на первые сутки экспериментального воздействия. Однако ответная реакция на уровне жирных кислот определялась не только концентрацией металлов и продолжительностью их воздействия, но и типом металла. Действие высокотоксичного металла – кадмия уже на первые сутки негативно отражалось на уровне ненасыщенности мембранных фосфолипидов. При этом влияние никеля, который является микроэлементом, биологическая роль которого мало изучена, в течение первых суток приводило к повышению ненасыщенности фосфолипидов мембран.

Финансовое обеспечение исследования осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания №0221-2017-0050 (№ г.р. АААА-А17-117031710039-3), а также проекта РФФИ №17-04-01431_а.

Frolova L.A., Nigamatzyanova G.R.

ZOOPLANKTON COMMUNITIES OF ARCTIC TUNDRA WATER BODIES IN THE LENA RIVER DELTA

Kazan (Volga region) Federal University, 420008, Kazan, Russia
Larissa.frolova@mail.ru

Zooplankton structure and composition of different types of arctic tundra water bodies (thermokarst lakes, polygonal pond) in Samoylov Island, the Lena River Delta (Republic of Sakha (Yakutia) were investigated. Differences in species composition, quantity and trophic structure of zooplankton in water bodies under consideration, related to diversity of bioenvironmental conditions, were discovered. Water quality assessment was defined.

Фролова Л.А., Нигаматзянова Г.Р.

ЗООПЛАНКТОННЫЕ СООБЩЕСТВА АРКТИЧЕСКИХ ТУНДРОВЫХ ВОДОЕМОВ В ДЕЛЬТЕ РЕКИ ЛЕНЫ

Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, Казань, Россия
larissa.frolova@mail.ru

Отличительная черта арктических тундр – высокая влажность, многолетняя мерзлота, заболоченные низменности и большое количество озер. Арктические тундровые водоемы служат местом обитания разнообразным организмам, приспособленных к жизни в часто весьма изменчивых и экстремальных условиях (Wrona, Reist, 2013). В последнее время арктический регион претерпевает значительные и быстрые экологические изменения, что в свою очередь оказывает существенное влияние на распределение, обилие и качество пресноводных экосистем и населяющие их зоопланктонные организмы (Vincent, Layborn-Parry, 2008). Исследования зоопланктонных сообществ арктических тундровых водоемов актуальны для понимания особенностей функционирования водных экосистем в условиях криолитозоны, комплексной оценки их современного экологического состояния и возможных изменений. В работе представлены результаты мониторинговых исследований зоопланктонных сообществ трех термокарстовых озер и одного полигонального водоема. Материалом послужили 37 образцов зоопланктона, отобранных в ходе экспедиции «Лена Дельта – 2016» в июле 2016 г. на острове Самойловский в южной части дельты реки Лены (республика Саха (Якутия)). Пробы отбирали путем процеживания воды через сеть Апштейна с диаметром ячеи 100 мкм. Фиксация и камеральная обработка проводилась по общепринятым методикам. Планктонная фауна исследованных водоемов представлена видами, типичными для северных озер. Всего в зоопланктоне тундровых водоемов отмечен 58 вид зоопланктонных организмов. Видовое разнообразие обуславливали коловратки, ветвистоусые и веслоногие ракообразные были представлены меньшим количеством видов (Rotifera – 30 видов, Cladocera – 12, Copepoda – 16). Большинство видов, обуславливавших количественные показатели зоопланктона, относились к холодноводному фаунистическому комплексу. Так, наиболее часто встречающимися и доминирующими по численности и биомассе были виды *Conochilus unicornis* (Rousselet, 1892) и *Kellicotia longispina* (Kellikot, 1879) (Rotifera), *Daphnia pulex* (Leydig, 1860) (Cladocera) с голарктическим ареалом распространения и *Heterocope borealis* (Fischer, 1851), *Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg 1888) из Copepoda, имеющие палеарктический ареал распространения. Наибольшее видовое разнообразие отмечено в термокарстово-полигональном озере (44 вида). Минимальное количество видов зафиксировано в полигональном водоеме (18 видов), в котором высокого обилия достигал представитель жаброногих раков (Anostraca) *Polyartemia forcipata* (Fischer, 1851). Количественные показатели зоопланктона значительно варьировали: от 2,8 тыс.экз./м^3 до 341,9 тыс.экз./м^3 по численности, от 52,6 мг/м^3 до 1662,9 мг/м^3 по биомассе. Средние показатели по численности и биомассе зоопланктонных сообществ изученных водоемов составили 76±23 тыс.экз./м^3 и 318±159 мг/м^3 соответственно. С целью оценки видового разнообразия зоопланктонных сообществ озер на основе количественных показателей гидробионтов был рассчитан индекс Шеннона-Уивера, средние значения которого составили 1,55 бит/экз. по численности и 2,03 бит/экз. по биомассе. Относительно невысокое видовое разнообразие и низкая выравненность численности видов позволяет оценить экологическое состояние водоемов как умеренно-загрязненное. Другим индексом, оценивающим видовое разнообразие сообществ, является индекс Симпсона, который более чувствителен к изменению обилия массовых видов. Согласно полученным результатам, среднее значение данного индекса составило 0,44±0,09, что указывает на наличие доминирующих групп видов в сообществе. Для оценки общего уровня загрязнения исследованных водоемов был рассчитан индекс сапробности Пантле-Букк в модификации Сладечека. Величина индекса изменялась в пределах 1,32-1,46, что соответствуют категории олигосапробной зоны. Для уточнения результатов анализа был рассчитан индекс сапробности по Зелинке и Марвану, согласно которому водоемы относятся к олигосапробной зоне с отклонением в β-

мезосапробную зону. По биотопической характеристике в составе зоопланктонных сообществ преобладали прибрежные и зарослевые виды (55%), планктонные (36%) и эвритопные (9%) зоопланктонные организмы встречены в меньшем количестве.

Frolova L.A.[1], Andreev A.A.[2], Palagushkina O.V., Zinnatova E.A.[1], Nurgaliev D.K.[1]

A MULTIPROXY RECORD OF HOLOCENE ENVIRONMENTAL CHANGES FROM THE LAKE PLESHCHEYEVO SEDIMENTS (CENTRAL RUSSIA)

[1]Kazan (Volga region) Federal University, 420008, Kazan, Russia
[2]University of Cologne, Cologne, Germany
larissa.frolova@mail.ru

Lake sediments provide a continuous record of environmental change, integrating information about multiple biogeochemical processes occurring within the lake and catchment. Much of this is recorded by the biological indicators, which can be used as a proxy for past conditions. Geophysical data together with pollen, diatoms and subfossil Cladocera were used to reconstruct Holocene environments at Lake Pleshcheyevo, Central Russia. Lake Pleshcheyevo provides a continuous high-resolution multi-proxy paleoenvironmental record spanning more than 5 ka. Core chronology is based on AMS ^{14}C measurement of terrestrial wood.

Фролова Л.А.[1], Андреев А.А.[2], Палагушкина О.В., Зиннатова Э. А.[1], Нургалиев Д.К.[1]

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА ПЛЕЩЕЕВО (ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

[1]Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, Казань, Россия
[2]Кельнский университет, Кельн, Германия
larissa.frolova@mail.ru

Донные отложения континентальных лимнических экосистем представляют большой интерес для исследователей в качестве палеоархивов, содержащих свидетельства, последовательно происходивших в окружающей среде изменений. Целью проводимых нами исследований было изучение палеобиологических индикаторов (пыльцы и непыльцевых палиноморф, диатомовых водорослей, остатков ракообразных) колонки донных отложений оз. Плещеево для реконструкции изменений в окружающей среде в период Голоцена. Исследованное озеро Плещеево - моренное пресноводное озеро на юго-западе Ярославской области России. Озеро имеет округлую форму с ровными, низменными, заболоченными берегами. Площадь зеркала озера около 51 км^2, площадь водосбора – 436 км^2, максимальная глубина – 25 м. Озеро является особо охраняемым природным объектом и входит в состав национального парка «Плещеево озеро».

В ходе экспедиции 2014 г., организованной Институтом геологии и нефтегазовых технологий Казанского федерального университета (ИГНГТ КФУ) была отобрана непрерывная колонка донных отложений озера с глубины 25 м (56°46′08,5″N; 38°46′36,7″E). Определение возраста колонки донных отложений проводилось на основе сопоставления магнитной восприимчивости и естественной остаточной намагниченности изучаемой керновой колонки с полученными в 2001 году данными по керновой колонке 3-2001 (56°46′42″ N; 38°45′34″ E) (Nourgaliev et al., 2017). Кроме того, было выполнено абсолютное датирование осадков колонки с использование радиоуглеродного метода в Институте физики элементарных частиц Федерального технологического университета Швейцарии (ETH) на ускорительном масс-спектрометре. Изотопный возраст органического вещества образцов был рассчитан с использованием калибровочной кривой IntCal 13 и программы OxCal 4.2 (Ramsey, 1995). Максимальный возраст колонки на глубине 561 см составил 5070±150 лет. Диатомовый анализ был проведен для 73 проб колонки до глубины 580 см по общепринятым методикам (Battarbee, 1986). В видовом составе было определено 127 таксонов диатомовых двух классов. По местообитанию преобладали бентосные виды (55,1%), затем следовали планктонно-бентосные (21,3%), планктонные виды были малочисленны (11%). В диатомовой диаграмме голоценовых отложений оз. Плещеево было выделено два интервала с отличающимися комплексами диатомей.

Палинологический анализ позволил выделить 4 основные палинозоны и ряд подзон. В нижней части колонки донных отложений отмечается максимум присутствия пыльцы широколиственных пород (дуба, лещины, вяза и липы), свидетельствуя, что эта подзона является самой тёплой за исследуемый интервал. В районе озера преобладали леса с елью, сосной, берёзой, ольхой и с большим участием широколиственных пород. Пыльцевая зона II характеризуется снижением содержания пыльцы широколиственных пород, особенно липы и лещины и может отражать ухудшение климата в начале Субатлантического периода. Однако появление пыльцы культурных злаков и усиление роли травянистых растений в спектре может быть связано и с начавшейся сельскохозяйственной активностью человека. Пыльцевая зона III характеризуется драматическим снижением содержания пыльцы ели и широколиственных пород, что вероятнее всего связано с сельскохозяйственной активностью человека и вырубками ценных пород деревьев, в то время как берёза становится основной лесообразующей породой на месте вырубок. Широколиственные породы почти отсутствуют в пыльцевой зоне IV, в т о время как сосна становится доминирующей. По всей вероятности, это отражает тот факт, что сосна являлась основной лесообразующей породой в окрестностях озера в последнее тысячелетие.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности. Определение возраста колонки донных отложений проводилось за счет средств гранта РНФ (проект №18-17-00251).

Gaevski N.A.[1], Belykh O.I.[2], Gorbaneva T.B.[1], Andronov K.Yu.[1]

VERTICAL DISTRIBUTION OF PHYTOPLANKTON`S fLUORESCENCE AND EFFICIENCY OF THE PHOTOSYSTEM II IN THE SOUTHERN AND CENTRAL PARTS OF BAIKAL LAKE

[1]Sibirian Federal University, 79 Svobodny pr., Krasnoyarsk, 660041, Russia
[2]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
nikgna@gmail.com

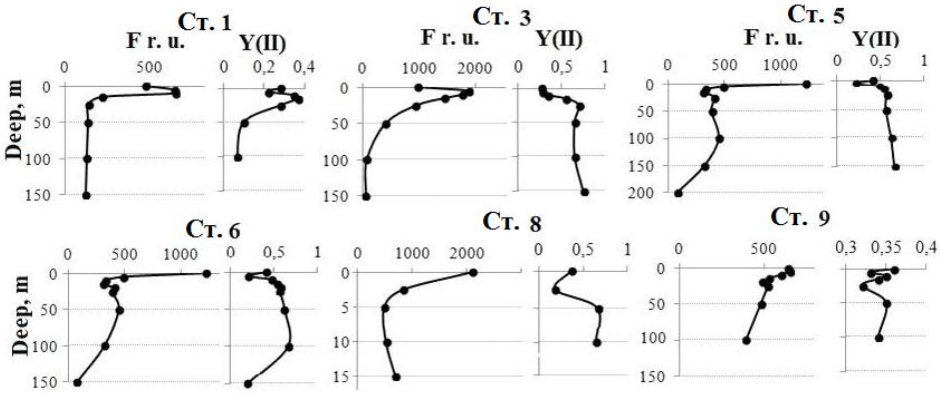
The study of phytoplankton`s fluorescence was conducted within the framework of the Summer School Program "Methods of Limnological and Ecological-Biophysical studies of Lake Baikal", organized by Siberian Federal University (Krasnoyarsk) and Limnological Institute of RAS (Irkutsk) for SFU students with full-time form of education. The Summer School was held at NIS "Academician V.A. Koptjug" (Port of Listvyanka) from 9 to 18 August 2011. One of the scientific and educational problems was the study of phytoplankton`s fluorescence, as an indicator of chlorophyll and biomass, and the potential photochemical activity of the photosystem II as the indicator of Gross Primary Production.

Samplings were carried out by cassette of “Rozetta” barometers from the surface to the depths of 300 meters at the stations of the southern and central part of the Lake: Listvyanka-Tankhoi section (St. 1), the mouth of the river Hara-Murin (St. 3), the delta of the River Selenga (St. 4), Harauz-Red Yar section (St. 5), near the settlement Turk (St. 6), the mouth of the River Barguzin (St. 7), Chivyrkuiskiy Bay (St. 8), the Academic Ridge (St. 9), the Strait of the Small Sea: near the Khuzhir village (St. 10) and the Gulf of Muhor (St. 11).

Phytoplankton`s fluorescence was registered with the help of PHYTO-PAM Analyzer (Walz, Germany) with Photoelectronic multiplier as a detector (sensitivity in situ 0.1 μ g/dm^3). Registration of fluorescence in the "light curve" mode allows to distribute a fluorescence signal between three photosynthetic groups of plankton: diatoms and green algae, cyanobacteria, and also an integral potential photosynthetic Activity on the maximum quantum efficiency of the Photosystem II – Y (II).

Representatives of diatoms algae dominated all the horizons in St. 1, St. 3, St. 9 and St. 10. Green algae appeared in St. 4 – St. 8, St. 11 in the horizon of 0-5 meters. The fluorescence signal from the green algae was from 10 to 40% (St. 8). Cyanobacteria dominated in St. 11, the share of the fluorescence signal is 80%.

Vertical distribution of fluorescence and photosynthetic activity of Photosystem II-Y (ii) on a number of Stations are shown in the figure.



Vertical profiles of the fluorescence signal (F R.U.) and quantum efficiency of the photosystem II – Y (II) of phytoplankton in the southern and central parts of Baikal Lake. St. 1 – Section Listvyanka – Tankhoi, St. 3 – The mouth of the river Hara-Murin, St. 5 – section Harauz-Red Yar, St. 6 – Near the settlement Turk, St. 8 – Chivyrkuiskiy Bay, St. 9 – Academic Ridge.

At all stations the maximum fluorescence was registered in the surface layer (0-5 meters). An additional maximum at a depth of 50 and 100 meters was observed at St. 6 and St. 5, respectively. The quantum efficiency of the Photosystem II – Y (II), unlike F R.U., had relatively high values at depths of 10-15 meters and kept these values up to depths of 100-150 meters at a number of stations (figure). The phytoplankton on St. 1 and St. 9 had relatively low activity of the photosystem II.

According to the totality of the studied characteristics of phytoplankton, allocated areas of Lake Baikal, which in August 2011 were characterized as relatively low (St. 1 – section Listvyanka-Tankhoi, St. 9-traverse Ridge Academic) and as relatively high (St. 3 – the mouth of the river Hara-Murin, St. 8 – Chivyrkuiskiy Bay) Gross Primary Production. The mass development of cyanobacteria was also registered in the Gulf of Muhor.

Гаевский Н.А.[1], Белых О.И.[2], Горбанева Т.Б.[1], Андронов К.Ю.[1]

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОТОСИСТЕМЫ II В ЮЖНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТЯХ ОЗЕРА БАЙКАЛ

[1]Сибирский федеральный университет, 79, Свободный пр., Красноярск, 660041, Россия
[2]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
nikgna@gmail.com

Исследование флуоресценции фитопланктона проведено в рамках программы Летней школы «Методы лимнологических и эколого-биофизических исследований оз. Байкал», организованной Сибирским феде-

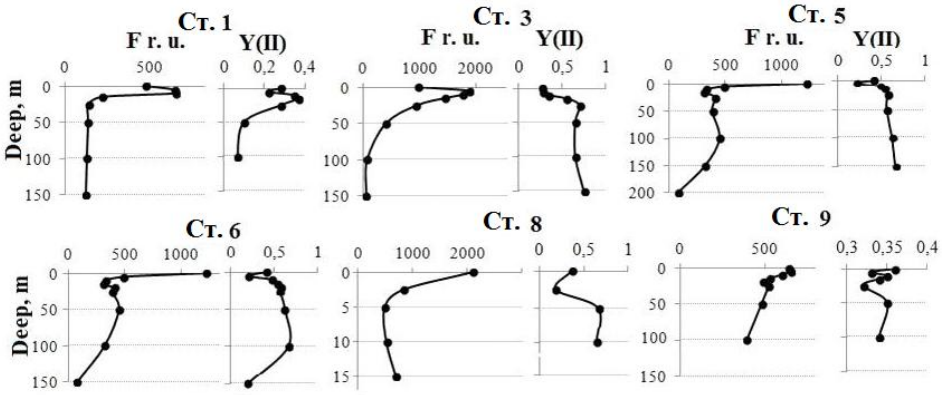
ральным университетом (г. Красноярск) и Лимнологическим институтом СО РАН (г. Иркутск) для студентов СФУ очной формы обучения. Летняя школа проходила на НИС «Академик В.А. Коптюг» (порт приписки п. Листвянка) с 9 по 18 августа 2011 г. Одной из научно-образовательных задач было исследование флуоресценции фитопланктона, как показателя содержания хлорофилла и биомассы, и потенциальной фотохимической активности фотосистемы II, как показателя валовой первичной продукции.

Отбор проб осуществляли кассетой батометров Rozetta от поверхности до глубин 300 метров на станциях южной и центральной части озера: разрез Листвянка – Танхой (Ст. 1), устье реки Хара-Мурин (Ст. 3), в дельте реки Селенга (Ст. 4), разрез Харауз-Красный Яр (Ст. 5), около пос. Турка (Ст.6), устье реки Баргузин (Ст. 7), Чивыркуйский залив (Ст. 8), хребет Академический (Ст. 9), пролив Малое Море: около пос. Хужир (Ст. 10) и в заливе Мухор (Ст.11).

Флуоресценцию фитопланктона регистрировали с помощью анализатора PHYTO-PAM (Walz, Германия) с фотоэлектронным умножителем в качестве детектора (чувствительность *in situ* 0,1 мкг/дм^3). Регистрация флуоресценции в режиме «световая кривая» позволяет распределить сигнал флуоресценции между тремя фотосинтезирующими группами планктона: диатомовые и зеленые водоросли, цианобактерии, а также интегральную потенциальную фотосинтетическую активность по максимальной квантовой эффективности фотосистемы II – Y(II).

Представители диатомовых водорослей доминировали на всех горизонтах на Ст. 1, Ст. 3, Ст. 9 и Ст. 10. Зеленые водоросли встречались на Ст. 4-Ст. 8, Ст. 11 в горизонте 0-5 м. Сигнал флуоресценции от зеленых водорослей составлял от 10 до 40% (Ст. 8). Цианобактерии бактерии доминировали на Ст. 11, доля сигнала флуоресценции – 80%.

Вертикальное распределение флуоресценции и показателя фотосинтетической активности фотосистемы II – Y(II) на ряде стаций показаны на рисунке.



Вертикальные профили сигнала флуоресценции (F r.u.) и квантовой эффективности фотосистемы II – Y(II) фитопланктона в южной и центральной частях озера Байкал. Ст. 1 – разрез Листвянка–Танхой, Ст. 3 – устье реки Хара-Мурин, Ст. 5 – разрез Харауз-Красный Яр, Ст. 6 – около пос. Турка, Ст. 8 – Чивыркуйский залив, Ст. 9 –хребет Академический.

На всех станциях регистрировали максимум флуоресценциив в поверхностном слое (0-5 м). Дополнитеный максимум на глубине 50 и 100 м наблюдали на Ст. 6 и Ст. 5, соответственно. Показатель квантовой эффективности фотосистемы II – Y(II) в отличие от F r.u. имел относительно высокие значения на глубинах 10-15 м и сохранял эти значения до глубин 100-150 м на ряде станций (рисунок). Относительно низкую активность фотосистемы II имел фитопланктон на Ст. 1 и Ст. 9.

По совокупности исследованных характеристик фитопланктона были выделены участки озера Байкал, которые в августе 2011 года характеризовались относительно низкими (Ст. 1 – разрез Листвянка–Танхой, Ст. 9 – траверс хребта Академический) и относительно высокими (Ст. 3 – устье реки Хара-Мурин, Ст. 8 – Чивыркуйский залив) величинами валовой первичной продукции. Также было зарегистрировано массовое развитие цианобактерий в заливе Мухор.

Gagarinova O.V.[1], Orlova I.I.[2]

WATER PROTECTION ZONE OF THE LAKE BAIKAL - SCIENTIFIC, LEGAL AND ENVIRONMENTAL ASPECTS

[1]V.B.Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Irkutsk scientific center SB RAS, Irkutsk, Russia
maksimova.irina.il@gmail.com, whydro@irigs.irk.ru

The Water Code of the Russian Federation, the Federal Law “On the Protection of Lake Baikal”, the scheme of ecological zoning of the Baikal Natural Territory determine the legal grounds for the allocation of the Water Protection Zone of Lake Baikal.

Establishment of the water protection zone along the boundary of the central ecological zone of Lake Baikal in 2015 combined strict restrictions on the nature use of the two zones on the territory of more than 50 thousand km^2. The current situation led to the need to revise this decision and develop a scientifically-based project for the water protection zone of Lake Baikal.

Such a project was prepared by the V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS (IG SB RAS). A

landscape-hydrological theory of the territorial organization was taken as a scientific basis for the development of the water protection zone.

The appropriateness of the landscape-hydrological justification for the size of the water protection zone rests on the idea of hydrologic stock-forming and flow regulating functions of landscapes that determine the formation and transformation of local runoff as it moves from the watershed to the draining water body. The implementation of the project of water protection zoning on landscape-hydrological principles provides for maximum protection of Lake Baikal from the receipt of pollutants with surface and ground runoff from adjacent coastal areas due to natural processes of self-purification in landscapes and soil-soil layers.

The main principle of the landscape-hydrological approach is as follows: the water protection zone width should not be less than the distance to the point at which the complete infiltration of water, arriving at its outer contour, will occur.

On the territories of settlements located on the coast of Lake Baikal, it is planned to develop individual projects of the sections of the lake's water protection zone in accordance with existing and prospective plans of construction and engineering and technical development of the territory.

Гагаринова О.В.[1], Орлова И.И.[2]

ВОДООХРАННАЯ ЗОНА ОЗЕРА БАЙКАЛ – НАУЧНЫЕ, ПРАВОВЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

[1]Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Иркутский научный центр СО РАН, Иркутск, Россия
maksimova.irina.il@gmail.com, whydro@irigs.irk.ru

Водный кодекс Российской Федерации, Федеральный закон «Об охране озера Байкал», схема экологического зонирования Байкальской природной территории определяют правовые основания выделения водоохранной зоны оз. Байкал.

Установление водоохранной зоны по границе центральной экологической зоны оз. Байкал в 2015 г. совместило жесткие ограничения к природопользованию двух зон на территории более 50 тыс. км^2. Сложившаяся ситуация привела к необходимости пересмотра данного решения и разработке научно-обоснованного проекта водоохранной зоны озера Байкал.

Проект водоохранной зоны озера разработан Институтом географии СО РАН. Ландшафтно-гидрологическая организация территории была принята в качестве научной основы выделения вооодоохранной зоны озера Байкал. Правомерность ландшафтно-гидрологического обоснования размеров водоохранной зоны опирается на представление о гидрологических стокоформирующих и стокорегулирующих функциях ландшафтов, определяющих формирование и трансформацию местного стока по мере продвижения от водораздела к дренирующему водному объекту. Реализация проекта водоохранного зонирования на ландшафтно-гидрологических принципах предусматривает максимальную защиту оз. Байкал от поступления загрязняющих веществ с поверхностным и грунтовым стоком с прилегающих прибрежных территорий за счет естественных процессов самоочищения в ландшафтах и почвенно-грунтовых слоях.

Главный принцип ландшафтно-гидрологического подхода – ширина водоохранной зоны должна быть не меньше расстояния, на котором произойдет полная инфильтрация воды, поступившей на ее внешний контур.

На территориях населенных пунктов, расположенных на побережье оз. Байкал, предполагается разработка индивидуальных проектов участков водоохранной зоны озера в соответствии с существующими и перспективными планами застройки и инженерно-технического обустройства территории.

Galach'yants A.D., Sukhanova E.V., Galach'yants Yu.P., Suslova M.Yu., Shtykova Yu.R., Zimens E.A., Belykh O.I.

DIVERSITY AND ABUNDANCE OF THE LAKE BAIKAL BACTERIONEUSTON IN SUMMER PERIOD

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
agniagal@lin.irk.ru

The surface microlayer of water (SML) is located on the boundary of atmosphere and hydrosphere and sharply differs from the underlying waters (UW) in its physicochemical characteristics (Zhang et al., 2003). A lot of publications are dedicated to investigation of SML bacterial communities, or bacterioneuston (Cunliffe et al., 2013). At Baikal, the spring period differs much from summer in water temperature and hydrological regime. For spring (late May-early June), a period of homothermy is characteristic, when due to wind mixing and movement of water masses, the temperature throughout the water column is the same and is about 4°C. In summer – from the end of June to the second half of August - the stratification period is observed when the surface water warms up and its temperature reaches a maximum of 12-24°C (Shimaraev et al., 1994). Thus, it is of interest to compare Lake Baikal bacterioneuston communities in different seasons of the year. Previously, SML microbiome forming in May-June was investigated (Galach'yants et al., 2017). This work continues the research begun. Here we provide data on the abundance and diversity of bacterioneuston communities in summer season.

Sampling of SML and UW to study abundance and taxonomic composition of bacterioneuston communities was performed in August 2013. Total bacterial number in Lake Baikal SML in August varied at different stations in the range 1.3-3.5 × 10^6 cells / ml, in UW – 0.8-2.0 × 10^6 cells / ml. Total bacterial number was significantly higher in SML compared to UW (Mann-Whitney-Wilcoxon test, $p < 0.05$).

After metagenomic sequencing of the 16S rRNA gene amplicons and primary data analysis 23639 sequences were obtained with average length 249 nucleotides. Number of reads varied in the range of 2153–

7388 in different samples. Five phyla dominated in bacterioneuston communities of all stations by the number of sequences and phylotypes: *Bacteroidetes* (17-38%), *Actinobacteria* (17-42%), *Proteobacteria* (14-32%), *Verrucomicrobia* (8–16%) and *Planctomycetes* (0.03-3%). Minor phyla accounted for not more than 1% of sequences in each microbial community. Comparing of SML microbioms in May-June and August showed higher species richness in spring communities (indices ACE, CHAO, number of OTUs), which can be explained by intense water mass exchange during spring homothermy period. At the same time Shannon and inverse Simpson indices that give insight into species diversity were higher in summer communities. This fact gives evidence of formation of more stable bacterial community in summer. Dominant phyla composition stayed the same in both seasons.

Comparison of obtained sequences with those deposited in the databases made it possible to reveal the presence of closely related bacteria belonging to photoheterotrophs. Among them dominated representatives of phyla *Actinobacteria* (51.9-73.4% of the total photoheterotrophic bacteria number), representatives of class *Alphaproteobacteria* constituted 8.4-21.2%, of class *Betaproteobacteria* – 3.9-6%, of phyla *Bacteroidetes* – 4.6-30.2%. In August, share of photoheterotrophic bacteria was 27.4-47.5% on different stations, while in May-June this rate varied between 17.6 and 29.7% (Galach'yants et al., 2017). Significantly less number of photoheterotrophs in spring compared to summer is likely accounted for by active mixing of surface waters in spring when transitioning from inverse temperature stratification to straight.

The work was performed as part of a RFBR grant (project no. 18-34-00309 (AAAA-A18-118032190039-1) Characteristics of surface microlayer bacterial community…), and of a government task (project no. 0345-2014-0004 (AAAA-A16-116122110061-6) (Structure, Formation, and Metabolic Potential…).

Галачьянц А.Д., Суханова Е.В., Галачьянц Ю.П., Суслова М.Ю., Штыкова Ю.Р., Зименс Е.А., Белых О.И.

РАЗНООБРАЗИЕ И ЧИСЛЕННОСТЬ БАКТЕРИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО МИКРОСЛОЯ ВОДЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
agniagal@lin.irk.ru

Поверхностный микрослой воды располагается на границе атмосферы и гидросферы и резко отличается от водной толщи по физико-химическим характеристикам (Zhang et al., 2003). Изучению состава бактериальных сообществ ПМС – бактерионейстона – посвящено множество работ (Cunliffe et al., 2013). На Байкале весенний период резко отличается от летнего по температурному и гидрологическому режиму. Для весны (конец мая-начало июня) характерен период гомотермии, когда благодаря перемешиванию ветрами и движению водных масс температура воды по всей акватории озера одинакова и составляет около 4º С. Летом – с конца июня до второй половины августа – наблюдают период стратификации, когда вода на поверхности прогревается и ее температура достигает максимума – 12-24°С (Shimaraev et al., 1994). В связи с этим представляет интерес сравнение бактерионейстонных сообществ озера в разные сезоны года. Ранее проведено исследование микробиома ПМС, формирующегося в мае-июне (Галачьянц и др., 2017). Данная работа продолжает начатые исследования. Здесь приведены сведения о численности и разнообразии бактерионейстонных сообществ в летний период.

Пробы поверхностного микрослоя (ПМС) и подповерхностного слоя воды (ПС) для изучения численности бактерий и таксономического состава были отобраны в августе 2013 г. в различных точках озера Байкал. Общая численность бактерий в ПМС озера Байкал в августе колебалась на разных станциях в пределах 1,3-3,5 × 106 кл/мл, в ПС – 0,8-2,0 × 106 кл/мл. Показатели в ПМС были значимо выше, чем в ПС (тест Манна-Уитни-Вилкоксона, $p<0,05$).

В результате пиросеквенирования ампликонов гена 16S рРНК и первичного анализа данных получено 23639 последовательностей со средней длиной 249 нуклеотидов. Количество чтений в пробах варьировало от 2153 до 7388. В бактерионейстонных сообществах всех станций по количеству последовательностей и филотипов преобладали пять фил: Bacteroidetes (17-38%), Actinobacteria (17-42%), Proteobacteria (14-32%), Verrucomicrobia (8–16%) и Planctomycetes (0,03–3%). На долю минорных фил в каждом микробном сообществе приходилось не более 1% последовательностей. Сравнение микробиомов ПМС в мае-июне и в августе показало, что весной сообщества отличаются большим видовым богатством (индексы разнообразия ACE, CHAO, количество OTE), что можно объяснить интенсивным обменом водных масс во время весенней гомотермии. В то же время индексы Шеннона и обратный Симпсона, дающие понятие о равнопредставленности филотипов, были выше летом, что свидетельствует о формировании в этот период более устойчивого бактериального сообщества. Состав доминирующих фил оставался неизменным.

Сравнение полученных последовательностей с известными в базе данных позволило выявить в ПМС озера Байкал бактерии, близкородственные фотогетеротрофным микроорганизмам. Среди них доминировали представители филы Actinobacteria (51,9-73,4% от общего количества фотогетеротрофных бактерий), представители класса Alphaproteobacteria составляли 8,4-21,2%, класса Betaproteobacteria – 3,9-6%, филы Bacteroidetes – 4,6-30,2%. Содержание фотогетеротрофных бактерий в августе составляло на разных станциях 27,4-47,5%, в то время как в мае-июне этот показатель колебался в пределах 17,6-29,7% (Галачьянц и др., 2017). Значительно меньшее количество фотогетеротрофов весной по сравнению с летним сезоном объясняется, скорее всего, активным перемешиванием поверхностных вод весной во время перехода от обратной температурной стратификации к прямой.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 18-34-00309 (АААА-А18-118032190039-1) «Характеристика бактериального сообщества поверхностного микрослоя…» (учет общей численности бак-

терий), государственного задания по теме № 0345-2016-0003 (АААА-А16-116122110061-6) «Микробные и вирусные сообщества в биопленках пресноводных экосистем…» (метагеномный анализ бактерионейстонных сообществ).

Galakhina N.E., Lozovik P.A.

POLLUTION OF WATER BODIES AND RATIONING THE PERMISSIBLE ANTHROPOGENIC LOAD ON THEM TAKING INTO ACCOUNT REGIONAL PECULIARITIES OF SURFACE WATER

Northern Water Problems Institute of the Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk, Karelia, Russia
kulakovanata@mail.ru

The method of water bodies pollution assessment, taking into account both toxicity of elements according to the MPC criterion and their geochemical background, and allowing to identify the consequences of anthropogenic influence on water bodies and watercourses, was proposed. The contaminated waters quality (CWQ) criterion taking into account the volume and the emission status was introduced for regulation of anthropogenic impact on the aquatic environment.

The assessment of contamination of water bodies of the Kenti lake-river system (Republic of Karelia) exposed to technogenic influence of Kostomuksha mining and processing plant, and Lake Imandra (Murmansk region), which is under the influence of a number of industrial enterprises, was completed. The degree of pollution of these reservoirs was estimated by calculating indices of water pollution (IWP) and the regional indexes of water pollution (RIWP) using the priority pollutants for each test object. In addition, the regulation of permissible anthropogenic load of toxic substances on water bodies of the Kenti lake-river system and Lake Imandra was realized.

Галахина Н.Е., Лозовик П.А.

ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И НОРМИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НИХ С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Институт водных проблем Севера – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»,
г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
kulakovanata@mail.ru

Предложена методика оценки загрязненности водных объектов, учитывающая как токсичность элементов по критерию ПДК, так и их геохимический фон, и позволяющая выявлять последствия антропогенного влияния на водоемы и водотоки. Для нормирования антропогенного воздействия на водную среду введен критерий количества загрязненных вод (КЗВ), учитывающий их объем и степень загрязнения.

Выполнена оценка загрязненности водных объектов системы р. Кенти (Республика Карелия), подверженных техногенному влиянию Костомукшского горно-обогатительного комбината, и оз. Имандра (Мурманская область), находящегося под воздействием ряда промышленных предприятий. Степень загрязнения этих водоемов оценивалась по индексу загрязнения воды (ИЗВ) и региональному индексу загрязненности воды (РИЗВ) с использованием приоритетных загрязнителей для каждого исследуемого объекта. Расчет индексов осуществлялся по соответствующим формулам:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n}\sum\frac{C_i}{\text{ПДК}_i},$$

где C_i – концентрация i-го компонента, ПДК_i – предельно допустимая концентрация *i*-го компонента, n – количество показателей (как правило, n = 6, среди которых обязательными являются содержание O_2 и величина БПК_5, а остальные выбираются по признаку наибольшей токсичности);

$$\text{РИЗВ} = \frac{1}{n}\sum\frac{C_i}{\text{РПДК}_i},$$

где РПДК_i – региональная предельно допустимая концентрация ($\text{РПДК} = \sqrt{\text{C}_{\text{фон}} \cdot \text{ПДК}}$, если ПДК >> $C_{фон}$; в случаях, когда фоновая концентрация ($C_{фон}$) и ПДК одного порядка – $\text{РПДК} = \text{C}_{\text{фон}} + \text{ПДК}$.).

Согласно ИЗВ, все водоемы системы р. Кенти, за исключением оз. Окуневое, относятся к категории «чистых». При расчете РИЗВ выявлена высокая степень загрязнения верхних озер системы и слабая – нижних, что согласуется с данными гидробиологических наблюдений системы р. Кенти. Значения ИЗВ и РИЗВ, рассчитанных для оз. Имандра, закономерно уменьшаются от самого загрязненного плеса к самому чистому, но они мало отличаются между собой, что, по-видимому, связано с тем, что величины ПДК и РПДК по меди, учитываемой в расчетах, имеют близкие и низкие значения.

Осуществлено нормирование допустимой антропогенной нагрузки токсичными веществами на водные объекты системы р. Кенти и оз. Имандра с использованием критерия КПЗ, определяемого как произведение РИЗВ на среднегодовой сток из водного объекта ($V_{сток}$): КЗВ = РИЗВ $V_{сток}$.

Расчеты КЗВ, выполненные для водоемов системы р. Кенти, показали близкие их значения независимо от месторасположения озер (вблизи выпусков техногенных вод или вдали). Значение КЗВ, полученное для техногенных вод комбината, близкое к КЗВ для озер системы. Превышение КЗВ наблюдается во всех водных объектах системы р. Кенти. Что касается оз. Имандра, то значение КЗВ выше допустимого отмечено в наиболее загрязненных его плесах – Большой и Иокостровской Имандрах, тогда как в Бабинской Имандре величина КЗВ находится в пределах допустимого благодаря большому разбавляющему эффекту в этой части озера.

Таким образом, методика, учитывающая, помимо токсичности, геохимический фон элементов, позволяет более объективно оценивать загрязненность водной среды. Нормирование сброса токсичных веществ в водные объекты предложено осуществлять с учетом степени их загрязненности и объема стока из них.

Gasarov P.V.[1,2], Tyagun M.L.[1], Makarov M.M.[1], Vornholt M.A.[1,3], Kulikov V.A.[4], Glyzina O.Yu.[1], Yakhnenko V.M.[1], Belkova N.L.[1], Wanzenböck Jo.[5], Sukhanova L.V.[1], Sapozhnikova Yu.P.[1]

EFFECTS OF INTENSIVE TECHNOGENIC SOUND ON ACOUSTIC BEHAVIOR AND SENSORY EPITHELIUM OF OF PELED (*COREGONUS PELED*)

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
[3]Grinnell College, Grinnell, Iowa, USA
[4]Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia
[5]Research Institute for Limnology Mondsee, University of Innsbruck, Mondsee, Austria
jsap@mail.ru

The study of effects of long-term noise-exposure on otolith organs of fish is very important due to the increasing levels of noise pollution in recent years in their natural habitat, as well as in the course of their rearing in closed aquaculture tanks. Intensive production in aquaculture often involves the use of equipment, such as aerators, air and water pumps, combines, blowers, and filtration systems, which increase the noise level in fish storage tanks (Wysocki et al., 2007). Possible consequences include: impairment of hearing sensibility, increased stress, and reduced growth rates. As a result, the acoustic conditions of larvae maintaining during artificial reproduction of fish populations determine their further survival and population replenishment. Since after their release into the wild, they must use their sensory organs in order to locate direction, select suitable habitat, settle at locations with sufficient shelter, and avoid the immediate attention of many voracious predators (Montgomery et al., 2006; Caiger et al., 2012). We carried out a comparative analysis of the morphological characteristics of auditory epithelium and otoliths of peled (*Coregonus peled* Gmelin, 1788), which are the most commonly used fish in Russia for artificial cultivation and made a few suggestions on the possible adaptive significance of ultrastructural specializations to acoustic sensitivity. Peled were cultivated in the experimentunder different noise conditions. We have shown that the effect of different frequency tones of sound (500 Hz and 1 kHz) at sound pressure levels (SPLs) ranging from 126 to 161 dB re 1 μPa damages various parts of the sensory epithelia of the inner ear and its otoliths. Acoustic impact included not only mechanical damage causing temporary (and possibly permanent) hearing loss, but also a change in normal fish behavior. This study shows that peled is sensitive to environmental changes, which contributes to the formation of adaptations at all structural levels, the cellular and organismal ones.

Morphological screening of peled was performed at the Baikal Joint Instrumentation Centre in LIN SB RAS (http://www.lin.irk.ru/copp/eng/) supported by RFBR and the Government of the Irkutsk region, projects No 17-44-388081 r_a and No 17-44-388106 r_a, aquaculture of peled was obtained within the framework of the project of the Government of the Irkutsk region "Obtaining high-tech aquaculture of whitefish ..." (Forum Baikal-2020), otoliths crystallization was studied within the framework of the state task No. 0345-2016-0002 Molecular ecology and evolution of living systems ....

Hambaryan L.R.[1, 2], Mamyan A.S.[1], Khachikyan T.G.[1], Stepanyan L.G.[1]

STUDIES OF THE HORIZONTAL DISTRIBUTION OF PHYTOPLANKTON IN LAKE SEVAN (ARMENIA)

[1]Institute of Hydroecology and Ichthyology of the Scientific Center of Zoology and Hydroecology of NAS of Republic of Armenia
[2]Yerevan State University, Department of Ecology and Nature protection
lus-ham@yandex.ru, lusine.hambaryan@ysu.am

The Lake Sevan (1900.28 м above Baltic sea) as a large freshwater reservoir in South Caucasus and plays important role in the social-economic development of Armenia and have a strategic importances. According to researchers the main causes of lake eutrophycations was a decrease in its level above 20 m. As a result of deterioration in water indicators, there was a loss of biological resources and the lake bloomed with cyan bacterial taxa.Since 2002, changes in the littoral zone (raising the water level by more than 3m) created the conditions for studying the horizontal distribution, quantitative development, succession and "blooming" of phytoplankton species and the mutual influence of these processes on the entire ecosystem of the lake. The phytoplankton of Lake Sevan at various stages of its trophicity was a good indicator of changing environmental conditions. The diatomic algae dominated in community by species diversity. Average community biomass in 2017 was 3.7 g/m^3 (MS) and 1.2 g/m^3 in (BS), which is inherent in meso-eutrophic lakes and shows an increase in indicators since 2016.

Гамбарян Л.Р.[1, 2], Мамян А.С.[1], Хачикян Т.Г.[1], Степанян Л.Г.[1]

ИССЛЕДОВАНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕРА СЕВАН (АРМЕНИЯ)

[1]Научный центр зоологии и гидроэкологии НАН РА Институт Гидроэкологии и ихтиологии
ул. Паруйра Севака 7, 0014 Ереван, Армения
[2]Ереванский Государственный Университет, г. Ереван, Армения, ул. Чаренца 8, 0025
lus-ham@yandex.ru, lusine.hambaryan@ysu.am

Озеро Севан (обьем воды около 33 млрд.м^3), является крупным пресноводным водоемом Южного Кавказа и играет огромную роль в социально-экономическом развитии Армении, находится на высоте 1900.28

м. Антропогенное эвтрофирование водоема привело к ухудшению показателей воды, вследствие изменения физико-химических и биологических показателей, что в целом, связано с понижением его уровня более чем на 20 м. Начиная с 2002 года уровень оз. Севан постепенно повышался к 2018г. на 345 см. Затопление береговой зоны и образование новых биотов, сделали актуальными изучения литоральной части озера. Фитопланктон озера Севан на различных этапах его трофности являлся хорошим индикатором меняющихся экологических условий. Изменения в литоральной зоне создали предпосылки для изучения горизонтального распределения, количественного развития, сукцесии и «цветения» видов фитопланктона и взаимовлияния этих процессов на всю экосистему озера. Известно, что сукцессии фитопланктона являются определенным приспособлением к изменениям различных факторов среды. Изучение фитопланктона литорали выявило увеличение количественных показателей фитопланктона к 2017 году, максимальные показатели были в октябре 2017 г. биомасса водорослей в МС (Малый Севан) составляла 55 г/м^3, что было обусловлено развитием в планктоне крупноклеточных зеленых видов *Oocystis solitaria, Sphaerocystis schroeterii, Dictyosphaerium pulchellum.* По усредненным показателям в БС (Большой Севан) доминировали диатомовые водоросли, субдоминантами были синезеленые водоросли, которые доминировали также в период 2015-2016 гг. Иная картина наблюдалась в МС, где по показателям численности преобладали диатомовые водоросли, а по биомассе зеленые, тогда как в предыдущие годы доминнатной группой были также диатомовые водоросли. По разнообразию видов в сообществе преобладали диатомовые водоросли. В фитопланктоне литорали увеличиваются количественные показатели и распространение в более глубоководные участки эвгленовых видов рода *Trachelomonas*. Непредсказуемая сукцессия видов в фитопланктоне, наблюдающаяся тенденция увеличения количественных показателей и быстрая смена доминирующих родов и групп в составе сообщества свидетельствует о процессах эвтрофирования в озере Севан. Показатели средней биомассы сообщества за 2017 г. составляли 3.7 г/м^3 (МС) и 1.2 г/м^3 в (БС), что присуще мезо-эвтрофным озерам и свидетельствует об увеличении показателей с 2016 г.

Gerasimov Yu.V.[1], Krylov A.V.[1], Airapetyan A.O.[2], Kosolapov D.B.[1], Ovsepyan A.A.[2], Gabrielyan B.K.[2]

TRANSFORMATION OF THE ECOSYSTEM OF A LARGE MOUNTAINOUS LAKE (SEVAN, ARMENIA) UNDER DIFFERENT ANTHROPOGENIC LOAD

[1]Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, 152742 Borok, Nekouzskii raion, Yaroslavl oblast, 152742 Russia
[2]Institute of Hydroecology and Ichthyology, National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, ul. Paruira Sevaka 7, Yerevan, 0014 Armenia

Lake Sevan is a large (~ 1262 km^2) high-altitude (1900 m above sea level) body of water in the South Caucasus, being a specially protected water object. However, despite this, the lake is already experiencing a significant anthropogenic load, capable of leading to its degradation. The aim of the work was to study the directions of transformation in the ecosystem of the large alpine lake Sevan exposed to the current complex of anthropogenic impacts. The studies have shown that a massive development of *Daphnia magna* in the lake led to significant changes in the quantitative and qualitative characteristics of phytoplankton, heterotrophic nanoflagellates, and bacteria. The phytoplankton and flagellates are most susceptible to direct eating by Cladocera. Reduction of control by heterotrophic nanoflagellates and other bacteriotrophic protists caused an increase in the number and biomass of bacterioplankton. The same was promoted by the increasing amount of phosphorus released as a result of the vital activity of Cladocera, and by the decrease in the abundance of phytoplankton competing with heterotrophic bacteria for nutrients. Changes in the size and morphological structure of bacterioplankton, in the ratio of biomass of phyto- and bacterioplankton, as well as in the amount of phosphorus excreted by cladocerans in different seasons and years, are associated with the dominance of different species of Cladocera, as well as with their general quantitative characteristics and the proportions of different species being governed by fish populations.

Герасимов Ю.В.[1], Крылов А.В.[1], Айрапетян А.О.[2], Косолапов Д.Б.[1], Овсепян А.А.[2], Габриелян Б.К.[2]

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОСИСТЕМЫ КРУПНОГО ГОРНОГО ОЗЕРА (СЕВАН, АРМЕНИЯ) ПРИ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

[1]Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 152742, Ярославская обл., пос. Борок
[2]Институт гидроэкологии и ихтиологии НАН РА, Армения, 0014, г. Ереван, ул. Паруйра Севака, 7
gu@ibiw.yaroslavl.ru

Практически в каждой стране имеются водные объекты, становящиеся ее символом. Для Армении – это оз. Севан – высокогорный (1900 м н.у.м.), крупный (~ 1262 км^2) водоем Южного Кавказа, являющийся особо охраняемым водным объектом. Однако, несмотря на это, уже продолжительное время озеро испытывает значительную антропогенную нагрузку, способную привести к его деградации. В первую очередь, это жесткий режим эксплуатации водных ресурсов человеком, в результате которого в прошлом веке уровень озера был значительно снижен. Однако результаты многочисленных исследований показали, что для деэвтрофикации озера необходимо восстановить гиполимнион путем повышения уровня воды минимум на 6 м. К началу восстановительных мероприятий (декабрь 2001 г.) уровень озера оказался снижен на 19.88 м от естественного. С 2002 г. уровень озера стал подниматься и в течение десяти лет повышался в среднем на 0.38 м в год к 1 января 2015 г. оказался на 3.82 м выше абсолютного минимума.

Повышение уровня воды способствовало образованию “новых” биотопов в зоне затопленной суши. В результате в планктоне зарегистрировано значительное увеличение видового богатства – до 64

видов беспозвоночных, в то время как в 2005-2009 гг. было отмечено 35 видов, в 1947-1961 гг. – 11, в 1972-1985 гг. – 15. Кроме того, вселенцы.

Однако особое значение для структуры и функционирования сообществ и всей экосистемы в целом имеют не единично встречающиеся виды, а виды, занимающие доминирующее положение. Так, за время восстановительных мероприятий в озере отмечен 1 новый вид рыб (амурский чебачок) и 2 вида ветвистоусых ракообразных – диафаносома (с 2005 г.) и *Daphnia magna* Straus (с 2011 г.).

Второй важнейший аспект, определяющий экологическое состояние водоема – состояние высшего трофического звена – рыбного населения, неконтролируемое изъятие которого (в основном *Coregonus lavaretus* L.) на фоне повышения уровня воды, привело к значительной перестройке всей экосистемы.

Цель работы: исследовать направления трансформации экосистемы крупного горного озера Севан, при существующем комплексе антропогенных воздействий.

Наиболее значительные изменения наблюдались в 2011–2014 гг. за счет *D. magna*, которая при катастрофическом снижении количества рыб-планктофагов появилась и доминировала в озере. Благодаря ее жизнедеятельности в два раза возросла прозрачность воды в Севане. Это способствовало увеличению глубины распространения макрофитов с 7 до 13 м, что могло сыграть ведущую роль в горизонтальном распределении зоопланктона: наибольшее его количество отмечалось на участках 4-7 и 10-15 м, в то время как до появления *D. magna* – 20 и 30 м. В литоральной зоне также в два раза увеличилась биомасса макрозообентоса в основном за счет фитофагов. Значительные изменения по сравнению с периодом до вселения дафнии произошли и в пелагиали водоема. Летом и осенью соответственно в 4.3 и 4.1 раза сократилась численность фитопланктона, биомасса – в 5.1 и 4.6, увеличилась доля Bacillariophyta, сократилась Cyanophyta. Выедание ветвистоусыми ракообразными основных потребителей микроорганизмов – гетеротрофных нанофлагеллят – оказывало опосредованное влияние на количественные характеристики бактериопланктона, численность и биомасса которого возросла. В профундали в три раза сократилась биомасса макрозообентоса, что определялось, по всей видимости, снижением поступления на дно органического вещества из-за активной фильтрации Cladocera, которые, как известно (Kořinek et al., 1987; Nummi, 1989), эффективно перемещают частицы в водной толще и снижают интенсивность оседания пищи. Кроме того, большую роль играло значительное (в 18 раз) увеличение пресса хищников, связанного с проникновением на бóльшие глубины хищных личинок хирономид рода *Procladius*, чему ранее препятствовали неблагоприятные кислородные условия.

Таким образом, появление в оз. Севан *D. magna* привело к существенным изменениям количественных и качественных характеристик фитопланктона, гетеротрофных нанофлагеллят и бактерий. Прямому выеданию ветвистоусыми ракообразными в наибольшей степени подвержены фитопланктон и флагелляты. Уменьшение контроля со стороны гетеротрофных нанофлагеллят и других бактериотрофных протистов вызвало увеличение численности и биомассы бактериопланктона. Этому же способствовало возросшее количество фосфора, выделяемое в результате жизнедеятельности Cladocera, и уменьшение численности фитопланктона, конкурирующего с гетеротрофными бактериями за биогенные вещества. Изменения размерно-морфологической структуры бактериопланктона, соотношения биомасс фито- и бактериопланктона, а также количества экскретируемого ветвистоусыми ракообразными фосфора в разные сезоны и годы связаны с доминированием разных видов Cladocera, а также их общими количественными характеристиками и соотношением разноразмерных видов, определяемым контролем со стороны рыб.

Glyzina O.Yu.[1], Sapozhnikova Yu.P.[1], Yakhnenko V.M.[1], Glyzin L.A.[1], Tyagun M.L.[1], Belkova N.L.[1], Fedorova G.A.[1], Adamovich S.N.[2], Itskovich V.B.[1], Sullip Kumar Majhi[3], Avezova T.N.[1], Sukhanova L.V.[1]

USE OF COLD WATER RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM IN MULTIDISCIPLINARY RESEARCH OF FRESHWATER ORGANISMS

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry SB RAS, Irkutsk, Russia
[3]ICAR-National Bureau of Fish Genetic Resources, Telibagh, Lucknow, India
glyzina@lin.irk.ru

The modular concept of aquaculture systems with control of environment parameters allows performing long-term and short-term experiments, and cultivating various taxonomic groups of freshwater organisms, including endemic Baikal species.

For the last 15 years, the ecosystem of Lake Baikal has been undergoing a balance disorder. The experiment can be one of the methods to identify key factors of this change. The experimental approach to study ecosystems gives a possibility to control a greater number of factors, except those, which are beyond control. It allows changing parameters of a closed ecological system and tracking its response. The work done at the aquaculture facilities could significantly optimize many scientific developments in the study of aquatic ecosystems and could favor conserving their biodiversity.

Limnological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, has aquaculture facilities listed in the register of the “Advanced Research Infrastructure of the Russian Federation” as “Experimental Freshwater Facilities for Cultivation of Baikal Organisms”. An important advantage of these facilities is their proximity to a high-tech equipment. This allows performing novel and challenging studies in the field of molecular and cell biology, genomics, sensor physiology, ethology and biochemical ecology through control of the system parameters in a proper time, cost effectively and with a high degree of response. The modular concept of the Experimental Freshwater Facilities for Cultivation of Baikal Organisms

with control and adjustability of environment parameters facilitates long-term and short-term experiments in cultivating different taxonomic groups of freshwater organisms, including endemic Baikal species.

For the moment, the facilities possess a living collection of all Baikal whitefish species and their hybrids, including the specimens reproduced of cryopreserved sperm. The collection enables to perform multidisciplinary fundamental and applied studies of ichthyology, biochemistry and aquaculture of freshwater game fish. The facilities provide identical conditions for brooding and breeding during experiments.

The Baikal whitefish hybrids demonstrate a fast growth, an intermediate value of the main morphometric features as compared to the parent species, a high content of polyunsaturated fatty acids, and a dependence of fatty acid profile of the muscle tissue on temperature. The composition of intestinal microorganism community of the hybrids has been identified. Morphofunctional features of whitefish erythrocytes with mitochondrial anomalies and morphological features of peripheral division of fish auditory analyzer have been studied too.

In recent years, the anthropogenic stress has drastically depleted the fish stock worldwide. This requires developing techniques of reproductive stimulation in aquaculture for a quick return of commercial fish output. Hence, cryobanks of reproductive products, surrogate maternity, diverse methods of fish growth and development stimulation, including growth promoters are actually more and more in demand. Such a comprehensive study of impact of synthetic growth promoters “protatrans” developed in A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy, by Adamovich S.N., Mirskova A.N., Mirskov R.G, Voronkov M.G. (2016) on whitefish hybrid growth and development is now being done in the Experimental Freshwater Facilities for Cultivation of Baikal Organisms. The study also includes reproduction of fish from cryopreserved reproductive products.

Cultivation of endemic Baikal sponges provided new data on their ecology, variability of lipid and pigment composition of their intracellular symbionts, stress tolerance of *Lubomirskiidae* species, and interspecies differences driven by quantitative and qualitative accumulation of heat shock proteins in the sponge cells.

It is very important to monitor temperature and turnover regime, to perform an express-control of the environment in studying Baikal fish and symbiotic community of endemic Baikal sponges. This requires an updating in order to empower the facilities for a better basic and applied research and successful certification of the fish cultures. Such an updating should be targeted to improve the main technical parameters that could drastically affect the accuracy of the experiments and extend topics of the studies converting the facilities into a state-of-the-art “tool” for addressing complex basic and applied challenges and creating high technologies.

The work is done within the Basic Research VI.50.1.4. (0345-2016-0002) “Molecular ecology and evolution of living systems of the Central Asia under the global climate change”; 0345-2016-0005 “Experimental research of genomes and proteomes of freshwater ecosystems biota”; # VI.51.10, Integration Program of Irkutsk Scinetific Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences “Basic research and innovative technologies as a basis for a rapid development of the Baikal Region”, as well as under a financial support of the RFBR and the government of the Irkutsk Region in the fram of the projects # 17-04-01598, 17-43-380006 р_а, 17-44-388081р_а, 17-44-388103 р_а.

Глызина О.Ю.[1], Сапожникова Ю.П.[1], Яхненко В.М.[1], Глызин Л.А.[1], Тягун М.Л.[1], Белькова Н.Л.[1], Федорова Г.А.[1], Адамович С.Н.[2],
Ицкович В.Б.[1], Sullip Kumar Majhi[3], Авезова Т.Н.[1], Суханова Л.В.[1]

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХОЛОДНОВОДНЫХ УСТАНОВОК ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРЕСНОВОДНЫХ ГИДРОБИОНТОВ

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]ФГБУН Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН, Иркутск, Россия
[3]ICAR-National Bureau of Fish Genetic Resources, Telibagh, Lucknow, India
glyzina@lin.irk.ru

В последние 15 лет наблюдаются нарушения равновесия экосистемы озера Байкал. Одним из методов при выявлении причин изменений водных экосистем являются эксперименты. Особенностью методов исследования экосистем на основе экспериментов является возможность обеспечения контроля над большим числом факторов, исключая воздействие неконтролируемых, что позволяет вносить определенные изменения в замкнутую экосистему и следить за ее ответной реакцией. Выполненные экспериментальных работ на базе аквариумных комплексов, позволяют существенно оптимизировать многие научные разработки по изучению водных экосистем и сохранению их биоразнообразия.

На базе ЛИН СО РАН функционирует аквакомплекс, входящий в реестр «Современной исследовательской инфраструктуры Российской федерации» как «Экспериментальный пресноводный аквариумный комплекс байкальских гидробионтов» (ПАК). Важным преимуществом комплекса является его размещение в непосредственной близости к высокотехнологичному оборудованию, что позволяет контролировать параметры системы во время экспериментов своевременно, экономично и с высокой степенью чувствительности и проводить исследования по современным и актуальным направлениям: молекулярная биология, геномика, сенсорная физиология, этология, биохимическая экология, клеточная биология. Модульный принцип организации ПАК, контроль и возможность изменения параметров среды позволяют проводить долгосрочные и краткосрочные эксперименты, культивировать различные таксономические группы пресноводных, в том числе эндемичных байкальских гидробионтов.

На сегодняшний день в живой коллекции ПАК присутствуют все представители байкальских сиговых рыб и многие формы их гибридов, включая особи, полученные из криосохраненной спермы.

Эта коллекция позволяет проводить мультидисциплинарную работу по фундаментальным и прикладным аспектам ихтиологии, генетики, молекулярной биологии, сенсорной физиологии, биохимии и аквакультуры пресноводных промысловых рыб. В ходе экспериментов в ПАК обеспечена идентичность условий инкубации икры и последующего выращивания рыб.

У полученных гибридов байкальских сиговых рыб выявлены: быстрый рост; промежуточное значение основных морфометрических признаков по сравнению с родительскими видами; высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот; зависимость жирнокислотного состава мышечных тканей сиговых рыб от температурного фактора; определен состав кишечной микробиоты, Так же исследованы морфо-функциональных особенностей эритроцитов рыб с нарушениями в структуре митохондрий; морфологических особенности периферического отдела слухового анализатора сиговых рыб.

В последние годы антропогенное воздействие значительно подорвало рыбные запасы во всем мире, что повлекло за собой необходимость в разработке методик способствующих стимуляции рыб к размножению в искусственных условиях рыбных заводов и быстрому получению товарной рыбной продукции. При этом на практике все чаще используют криобанки половых продуктов, суррогатное материнство, различные методы ускорения роста и развития рыб, в том числе с помощью стимуляторов роста (СР). На базе ПАК сейчас проводится комплекс таких работ: исследуется влияние, полученных в Иркутском институте химии СО РАН С.Н. Адамович, А.Н. Мирсковой, Р.Г. Мирсковым, М.Г. Воронковым синтетических СР – «протатранов» (2016) на рост и развитие аквакультур гибридов сиговых рыб; получены аквакультуры из криосохраненных половых продуктов и т.п.

Содержание эндемичных видов байкальских губок в условиях ПАК позволило получить новые данные об их экологии; проанализировать изменчивость липидного и пигментного состава внутриклеточных симбионтов; получить данные о стресс-резистентности четырех видов Lubomirskiidae; выявить межвидовые отличия по количеству и характеру накопления в клетках губок белков теплового шока.

Следует отметить, что при проведении вышеуказанных исследований байкальских рыб, содержании симбиотического сообщества эндемичных байкальских губок и его исследовании важным является соблюдение температурного и водообменного режимов, экспресс-контроля среды. Поэтому для расширения возможностей ПАК, проведения фундаментальных и прикладных комплексных работ, успешной паспортизации получаемых аквакультур важно провести технологическую модернизацию оборудования аквакомплекса. Главной целью модернизации является повышение основных инженерных параметров, что существенно повлияет на точность проведения экспериментов и расширит тематику проводимых исследований, что дает возможность сделать ПАК современным «инструментом» для решения мультикомплекса фундаментальных и прикладных задач, создания наукоемких технологий.

Работа выполняется в рамках фундаментальных научных исследований VI.50.1.4. (0345-2016-0002) «Молекулярная экология и эволюция …»; 0345-2016-0005 «Экспериментальные исследования геномов …»; № VI.51.10 Интеграционной программы Иркутского научного центра СО РАН «Фундаментальные исследования и прорывные технологии …», а также при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научных проектов № 17-04-01598, №17-43-380006 р_а, № 17-44-388081р_а, 17-44-388103 р_а.

Golobokova L.P., Khuriganova O.I., Onischuk N.A., Khodzher T.V.

LONG-TERM RESEARCHES OF NEAR-WATER AEROSOL OVER BAIKAL AQUATORIES (2010-2017)

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

During a long-term period in spring (May/June) and summer (July/August) seasons the chemical composition of atmospheric aerosol over the water area of lake Baikal is being considered. The intake of substances on the water surface of the lake with an aerosol substance depends not only on the meteorological but also on the environmental conditions of the year. During the period of intensive forest fires in 2015-2016 concentrations of dissolved substances in the composition of the aerosol increased 1.6 times over the Southern Baikal and almost 2 times over the Middle and Northern Baikal in comparison with 2014. Despite of forest fires influence there are mostly elements of terrigenous origin in the aerosol: Fe, Al, Zn, Ba, whose concentration increases in summer season.

Голобокова Л.П., Хуриганова О.И., Онищук Н.А., Ходжер Т.В.

МНОГОЛЕТНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИВОДНОГО АЭРОЗОЛЯ НАД АКВАТОРИЕЙ БАЙКАЛА (2010-2017 гг.)

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
lg@lin.irk.ru, khuriganowa@lin.irk.ru, onischuk@lin.irk.ru, khodzher@lin.irk.ru

Рассматривается химический состав атмосферного аэрозоля над акваторией оз. Байкал в весенний (май/июнь) и летний (июль/август) периоды 2010-2017 гг. Отбор проб аэрозоля проводился с борта научно-исследовательских судов «Г.Ю. Верещагин» и «Академик Коптюг» в приводном слое атмосферы. Пробы воздуха отбирали по универсальной методике, используемой в сетях мониторинга атмосферы ЕМЕП и ЕАНЕТ. Аэрозольное вещество для исследования ионного и элементного собиралось на внешнем тефлоновом фильтре PTFE.

Главными источниками загрязняющих веществ воздушного бассейна являются стационарные источники. Значительную долю в загрязнение атмосферы вносит транспорт. Применение статистических методов и анализ синоптических процессов в атмосфере позволило разделить вклад естественных и антропогенных источников в формирование химического состава аэрозоля (Голобокова и др., 2006). Немаловажная роль в за-

грязнении атмосферы над Байкалом отводится лесным и торфяным пожарам, поставляющим в атмосферу соединения аммония, калия, хлориды, органические компоненты и многие другие (Рекомендации, 2015). Наиболее интенсивные лесные пожары в регионе происходили в 2006, 2010-2011 и 2015-2016 гг. (State Reports, 2008-2016). Отбор проб аэрозоля проводился как в периоды отсутствия лесных пожаров, так и при задымлении атмосферы над Байкалом. Статистические характеристики определяли из средних результатов, рассчитанных для каждого года и отдельно для каждого периода отбора проб. Результаты исследования показали, что, несмотря на влияние лесных пожаров, сохраняется выявленная ранее тенденция: суммарное содержание ионов в составе аэрозоля и концентрации газообразных примесей наиболее высокие в атмосфере Южного Байкала, наиболее низкие – в атмосфере Северного Байкала (Голобокова и др., 2011). Суммарное содержание ионов над каждой из котловин выше в весенний период. Сравнение суммы ионов в аэрозоле, отобранном в 2014 г. при отсутствии лесных пожаров, с аналогичными данными, полученными в 2015-2016 гг. в период задымления атмосферы, показало на их увеличение в 1.6 раз в составе аэрозоля над Южным Байкалом и почти в два раза над Средним и Северным. Рассмотрено поступления азота с аэрозольным веществом на поверхность оз. Байкал. Суммарное поступление азота составляло 2.4-12.9% за весь исследуемый период от суммы неорганических компонентов. Наибольшее количество азота поступает с ионами аммония. Продукты горения лесных пожаров на порядок усиливают потоки осаждающегося вещества.

Проанализирован элементный состав водорастворимой фракции аэрозоля. В составе аэрозоля преобладают элементы преимущественно терригенного происхождения: Fe, AI, Zn, Ba. Отмечаются более высокие концентрации элементов в летний период.

Работа выполнена в рамках междисциплинарной темы проекта РФФИ офи_м 17-29-05044 (анализ и интерпретация данных) и темы Госзадания ЛИН СО РАН 0345-2016-0008 (полевые работы). Аналитические работы выполнены в Приборном ЦКП физико-химического ультрамикроанализа ЛИН СО РАН.

Golova V.G.[1], Mikhailova L.V.[1, 2], Bondar' M.S.[1]

DEPENDENCE OF TAXONOMIC COMPOSITION AND QUANTITATIVE INDICATORS OF MACROZOOBENTOS ON TYPE AND POLLUTION OF BOTTOM SEDIMENTS IN INTRA-BOG LAKES IN MIDDLE OB REGION

[1]FSBI State Scientific & Production Center of Fishery, Odesskaya St. 33, 625023, Tuymen,
[2]FSBI of HE State Agricultural University of the Northern Trans-Urals, Respubliki St. 7, Tuymen
ecotoxic@gosrc.ru

The 27 lakes in the Middle Ob region have been characterized by different types of bottom sediments, morphometric features, chemical composition and degree of contamination of water and bottom sediments. The background values of the concentrations of oil-products and chlorides, the dependence of the taxonomic composition and quantitative indicators of macrozoobenthos on the range of characteristics of the investigated lakes are established. Of all biological life forms, bottom biocenosis gives the most adequate assessment of the state of water bodies.

Голова В.Г.[1], Михайлова Л.В.[1, 2], Бондарь М.С.[1]

ЗАВИСИМОСТЬ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАКРОЗООБЕНТОСА ОТ ТИПА И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВНУТРИБОЛОТНЫХ ОЗЕР СРЕДНЕГО ПРИОБЪЯ

[1]ФГБНУ Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства
625023 г. Тюмень, ул. Одесская 33
[2]ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья
625003 г. Тюмень, ул. Республики 7
ecotoxic@gosrc.ru

Исследованные 27 озер в Среднем Приобье характеризовались разным типом донных отложений, морфометрическими особенностями, химическим составом и степенью загрязнения воды и донных отложений. Установлены фоновые величины концентраций нефтепродуктов и хлоридов, зависимость таксономического состава и количественных показателей макрозообентоса от диапазона характеристик исследуемых озер. Из всех жизненных форм донный биоценоз дает наиболее адекватную оценку состояния водоемов.

Осенью 2016 года в Сургутском и Нижневартовском районах Ханты-Мансийского АО исследованы экосистемы 27 озер, отличающихся содержанием органических веществ в донных отложениях (ДО) – по потерям при прокаливании (ППП, %): 15 озер с органогенными ДО (ППП > 60%), 4 озера с минеральными ДО (ППП < 10%), 8 озер со смешанными ДО (ППП от 10 до 60%). Среди загрязняющих веществ (ЗВ) основными являются нефтепродукты (НП), сопутствующими – хлориды, сульфаты, аммоний. Диапазон концентраций ЗВ в ДО велик: для НП от фоновых (0,06 г/кг) до критических (258 г/кг), для хлоридов – от 0,005 до 2,65 г/кг, для сульфатов – от 0,010 до 0,62 г/кг. Наибольшими концентрациями НП характеризовались органогенные (в основном, торфяные) ДО, ввиду значительного присутствия эндогенных (не нефтяных) углеводородов (УВ) так же, как и других ЗВ. Кроме того, озера отличались по размерам, глубине, морфологии, химическому составу воды. Концентрация НП в воде изменялась в узких пределах (0,05-0,20 мг/дм^3) и не зависела от их содержания в ДО ввиду низкой растворимости нефтяных УВ.

Макрозообентос озер включал 50 видов и высших таксонов, относящихся к 12 систематическим группам. Основу видового разнообразия составляло семейство комаров-звонцов (29 видов) из отряда двукрылых. Обнаружено также по 4 вида комаров-мокрецов и ручейников, а также 2 вида стрекоз. Остальные группы насекомых – жуки-плавунчики, вислокрылки, типулиды, хаобориды и водяные клопы, а также олигохеты, пиявки, остракоды, водяные клещики и молодь двустворчатых моллюсков были представлены одним видом.

Сравнительная характеристика зообентоса в озерах с различным типом ДО и содержанием нефтепродуктов показала, что их таксономический состав колеблется в широких пределах – с диапазоном 8,5 и 3,5 раза в органогенных и минеральных ДО, соответственно. Численность зообентоса в минеральных ДО в фоновых озерах была выше, чем в загрязненных, в 19,2 раза, в органогенных – в 2,4 раза. Установленные фоновые концентрации НП в ДО составили в среднем 0,05 г/кг в минеральных и 0,95 г/кг в органогенных ДО (метод контроля - фдуориметрия). При содержании НП выше 5,0 г/кг (органогенные ДО) и 0,2 г/кг (минеральные ДО) число таксонов снижалось с 36 до 9 и с 23 до 4, соответственно. Оставались, в основном, наиболее устойчивые, поли- и α-мезосапробные организмы – олигохеты и хирономиды.

Для таксономического состава и, в меньшей мере, для численности зообентоса наблюдалась статистически достоверная обратная корреляция с содержанием нефтепродуктов (r = -0,48 и -0,32, соответственно). Таксономическое разнообразие и количественные показатели бактерио-, фито- и зоопланктона не коррелировало с содержанием НП в ДО, а зависело от содержания биогенов (азот, фосфор) и органического вещества в воде и ДО.

Таким образом, наиболее объективными критериями экологического состояния водоемов, загрязненных нефтью и сопутствующими веществами, являются качественные и количественные показатели (численность) макрозообентоса. В озерах с надфоновой концентрацией НП в ДО качественные и количественные показатели зообентоса резко снижаются. В озерах с фоновым содержанием НП в ДО показатели зообентоса варьируют в зависимости от площади озер, качества среды и структуры ДО.

Gomboev B.O., Batomunkuev V.S., Ulzetueva I.D., Zhamyanov D.Ts.-D.

CRITICAL PARAMETERS OF NEGATIVE NATURAL AND ANTHROPOGENIC IMPACT ON LAKE BAIKAL ECOSYSTEM

Baikal Institute of nature Management SB RAS, 8, Sakhyanova str., Ulan-Ude, Republic of Buryatia, Russia

A study is made of the negative influence of discharges of harmful (polluting) substances on the unique ecological system of Lake Baikal. The scientific substantiation has been developed for the normative of maximum permissible impacts on the lake's ecological system and the methods of determining them. On the basis of a statistical processing of hydrobiological and hydro chemical data for Lake Baikal, collection and analysis of initial information on the main components of the chemical balance in Lake Baikal, assessments of the anthropogenic load on the lake, and calculations of the balances of pollutants, we determined the natural and anthropogenic impacts on the ecosystems of Baikal and its hollows regarding inputs of chemical substances and suspended solids as well as microorganisms.

Гомбоев Б.О., Батомункуев В.С., Ульзетуева И.Д., Жамьянов Д.Ц-Д.

КРИТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФАКТОРОВ НЕГАТИВНОГО ПРИРОДНОГО И АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОСИСТЕМУ ОЗ. БАЙКАЛ

ФГБУН Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8
bgom@binm.ru

Основой природоохранного нормирования являются санитарно-гигиенические нормативы и более жесткие предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ для рыбохозяйственных водоемов. Разработанные и установленные для Российской Федерации рыбохозяйственные нормативы ПДК (ПДКр/х) в целом, не учитывают особенности физико-географических зон, биогеохимических провинций и гидрологического режима, что не позволяет при нормировании в полной мере осуществлять учет природных особенностей конкретных территорий и акваторий, а также назначение природных и природно-антропогенных объектов.

Результаты гидрохимических показателей на фоновом продольном разрезе показали, что оз. Байкал сохраняет стабильность содержания главных ионов, растворенного кислорода, взвешенных веществ, величин цветности, ХПК, БПК и общей минерализации. По всему фоновому разрезу озера в рассматриваемый период значения величин pH, взвешенных веществ, растворенного кислорода, суммы минеральных соединений и хлорид-ионов находились в одинаковых пределах для Южного, Среднего и Северного Байкала. Из загрязняющих веществ в образцах воды эпизодически обнаруживались летучие фенолы, сбрасываемые поверхностно-активные вещества (СПАВ), нефтепродукты. Повышенные концентрации сульфатных ионов, фосфора фосфатного и нефтепродуктов наблюдались в районах, подверженных наибольшему антропогенному влиянию, таких как Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат (БЦБК), г. Северобайкальск, исток р. Ангары, авандельта р. Селенги и порты. В исследованных водах содержатся сложные химические соединения: стойкие органические загрязнители (СОЗ), определяемые по интегральному показателю абсорбированного органического хлора (АОХ), полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), обладающие канцерогенными свойствами. Полученные данные научно-практических исследований на оз. Байкал по-прежнему показывают, что самым крупным и фактически постоянно действовавшим до 14 сентября 2013 г. источником загрязнений озера был Байкальский ЦБК, воздействие от которого на его природную среду обнаруживается повсеместно на Южном Байкале. Однако после прекращения сброса сточных вод в оз. Байкал отмечается улучшение качества воды в районе контрольного 100-метрового створа у комбината.

По данным мониторинговых исследований в основных притоках оз. Байкал ежегодно наблюдается постепенное увеличение содержания нитритного и аммонийного азота в воде рек Селенги, Верхней Ангары, Баргузина, Тыи, что обусловлено влиянием антропогенных факторов. Причиной ухудшения качества воды является интенсификация хозяйственной деятельности на водосборной территории, увеличение водопотребления населением и развивающейся промышленностью, поступление в водные объекты загрязняющих веществ в составе сточных вод, туризм и рекреация. Уменьшение самоочища-

ющей способности водных объектов связано как с указанными видами воздействия, так и неблагоприятными климатическими условиями и малой водностью рек, что, в свою очередь, определяет и усугубляет негативное воздействие на качество вод.

Анализ данных по качеству сбрасываемых сточных вод коммунальных стоков позволил отметить их неэффективную очистку по основным загрязняющим веществам, среди которых преобладают биогенные элементы азотной и фосфорной групп, неорганические соли, взвешенные вещества, легко- и трудноокисляемые вещества по БПК5 и ХПК. В последние годы неуклонно растет и объем СПАВ искусственного происхождения.

В результате анализа состава и свойств сточных вод объектов загрязнения хозяйственной деятельности выявлен перечень загрязняющих веществ, к которым относятся химические вещества и микроорганизмы, подлежащие учету в составе нормативов допустимого воздействия на оз. Байкал. Приказом МПР РФ от 5 марта 2010 года №63 вредные (загрязняющие) вещества по степени опасности и значимости для водных объектов разделены на четыре категории: особо опасные, высокоопасные, опасные и умеренно опасные. Этот перечень предложено дополнить веществами, которые содержатся в составе сточных вод и в природном фоне озера, в соответствии с определением, указанным в Распоряжении Правительства РФ 1316-р от 8 июля 2015 г., в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды.

Перечень веществ категории «особо опасные» дополнен следующими соединениями: полихлорированные бифенилы, бенз(а)пирен, катионные синтетические поверхностно-активные вещества (КСПАВ). В перечень веществ категории «высокоопасные» включены стронций и молибден. Список категории «опасные» остается без изменений. В перечень веществ «умеренно опасные» вошли: фторид-анион, марганец, взвешенные вещества, БПК5, БПК полное, сухой остаток, ХПК.

Основная научно-методологическая проблема для разработки и обоснования предельно допустимых техногенных нагрузок для территорий БПТ заключается в определении количественной и качественной оценок ассимиляционного потенциала, необходимости получения информации за длительный период наблюдений и измерений, наличии показателей по экологической емкости различных ландшафтных ресурсов территории. Поэтому достаточно сложно будет в ближайшем будущем установить безупречно обоснованные нормативные значения предельно допустимых техногенных нагрузок для конкретной территории, однако уже сегодня необходимо иметь разработанные утвержденные критерии ограничений для тех природных компонентов, которые подвержены наибольшему антропогенному воздействию. При этом нужно учитывать, что нормативы будут работать, когда они будут измеряемы и контролируемы, при этом их показатели должны быть включены в единую систему мониторинга окружающей среды БПТ.

Goncharov A.V., Marynskiy V.V., Chalov S.R.

BIOLOGICAL INDICATION OF POLLUTION OF SELENGA RIVER IN THE AREA OF ULAN-UDE AND MODONKUL RIVER IN ZAKAMENSK FROM THE STATE OF BOTTOM BIOCENOSES.

Moscow state University named after M.V. Lomonosov, Moscow
mama15333@mail.ru

Selenga is the largest tributary of Lake Baikal, influencing the lake. In the summer of 2016, assessed the condition of the river biocenosis with the use of indicators such as biomass, abundance, species richness and diversity of zoobenthos, index of Vudivis and EPT (sum of types Ephemeroptera, Plecoptera, Trihoptera). The results show some decrease in the quality of river water in Ulan-Ude, which is manifested below the release of urban wastewater. However, this effect is not very great – already 2.5 km below the buildings, bottom biocenoses of the Selenga river are restored. The greatest pollution to the river Modonkul is in the city of Zakamensk below the confluence of the brook Incur it becomes almost lifeless. The reason for this is not only the hand Incur, but also waste rock dumps, from which pollution is washed into the river- especially during high water periods observed during the study.

The article was prepared with the financial support of the Russian science Foundation (project №14-17-00155).

Гончаров А.В., Марьинский В.В.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ Р. СЕЛЕНГИ В РАЙОНЕ Г. УЛАН-УДЭ И Р. МОДОНКУЛЬ В Г. ЗАКАМЕНСКЕ – ПО СОСТОЯНИЮ ДОННЫХ БИОЦЕНОЗОВ.

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва
mama15333@mail.ru

Селенга – крупнейший приток Байкала, оказывающий влияние на озеро. Оценку состояния речных биоценозов производили летом 2016 г. с использованием таких показателей, как биомасса, численность, видовое богатство и разнообразие зообентоса, индексы Вудивиса и EPT (сумма видов Ephemeroptera, Plecoptera, Trihoptera). Пробы отбирали с помощью гидробиологического сачка, которым облавливали широко распространенные здесь галечные грунты после их взмучивания; осматривали крупные камни и валуны.

Бентос р. Селенги в районе г. Улан-Удэ изучен на участках выше города, в городе, а также в нескольких местах ниже сброса городских очистных сооружений (ОС). Результаты показывают, что состояние донных биоценозов существенно изменяется вблизи выпуска сточных вод (СВ), свидетельствуя об ухудшении качества воды; затем, в 2,5 км ниже этого воздействия, качество воды постепенно улучшается. Число видов донных беспозвоночных в пробах выше г. Улан-Удэ составило 12-13, выше

выпуска сточных вод – 9, а ниже – всего 5. В 2,5 км ниже выпуска СВ видовое богатство восстанавливается и достигает 12. Аналогичным образом изменяется индекс Вудивиса – биологический показатель качества воды, определяемый по присутствию индикаторных групп донных беспозвоночных и их разнообразию. Выше Улан-Удэ и выше ОС индекс составляет 7-9 баллов (чисто), ниже выпуска СВ он снижается до 6 (умеренно загрязнено), и затем снова восстанавливается до 7 баллов. Индекс ЕРТ тоже принимает наиболее низкое значение ниже сброса с очистных сооружений.

На р. Модонкуль в районе г. Закаменска на протяжении многих десятилетий работал горнодобывающий (вольфрамо-молибденовый) комбинат; огромное количество отработанных пород, сложено вдоль реки и содержащиеся в них загрязняющие вещества поступают в воду. Исследование показало, что выше г.Закаменска вода в р.Модонкуль оценивается как очень чистая - по биотическому индексу Вудивиса. Здесь найдено 9 видов поденок, ручейников и веснянок (индекс ЕРТ равен 9); Верхнюю поверхность камней здесь населяют прикрепляющиеся пассивные фильтраторы (личинки мошек *Simuliidae*), фитофаги-соскребатели (личинки подёнок *Rhitrogena* sp.), обитающие в толще водорослевых наростов личинки комаров-звонцов (Chironomidae). Нижняя поверхность камней населена преимущественно детритоядными личинками ручейников (*Erotesis* sp., *Rhyacophila* sp.) и хищными организмами (веснянками *Skwala pusilla*, стрекозами *Ophiogomphus serpentinus*). Ниже ручья, вытекающего из заброшенной шахты, состояние р. Модонкуль резко меняется: здесь обнаружено всего 3 вида донных организмов, индекс Вудивиса снижается до 5, характеризуя воду как загрязнённую. В самом ручье представителей макробентоса, обнаружено не было, что свидетельствует о сильной загрязненности воды. Далее, уже в г. Закаменске, ниже впадения ручья Инкур, пересекающего район крупных геологических разработок, р. Модонкуль становится почти безжизненной рекой – здесь можно встретить только один вид хирономид. Причиной этого является, по-видимому, не только руч. Инкур, но и отвалы отработанных горных пород, из которых загрязнения вымываются в реку – особенно в периоды прохождения паводков, наблюдавшихся во время исследования.

Таким образом, проведенное исследование зообентоса р. Селенги свидетельствует о некотором снижении качества речной воды в г. Улан-Удэ, что проявляется ниже выпуска городских сточных вод. Вместе с тем, такое влияние не очень велико – уже в 2,5 км ниже сооружений, донные биоценозы восстанавливаются. Наибольшему загрязнению подвергается река Модонкуль – в г. Закаменске ниже впадения ручья Инкур, она становится почти безжизненной.

Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №14-17-00155).

Goncharov A.V., Marynskiy V.V., Chalov S.R.

FEATURES OF ZOOBENTHOS DISTRIBUTION IN THE DELTA OF THE SELENGA RIVER

Moscow state University named after M.V. Lomonosov, Moscow
mama15333@mail.ru

Transitional areas between the lake and the river attract researchers because they are usually zones of increased biological productivity and high species diversity. At a short distance, there are quick changes in the composition of water, bottom sediments and the organisms that inhabit them.

The upper part of the Selenga delta is characterized by high flow velocity and predominance of gravel-pebble sediments. Downstream, the speed slows down and sand deposits prevail, then – silted sand, and in the channels of the lower part of the delta - silt.

The results of studies of 2015-2016 showed close association of zoobenthos organisms with a certain type of bottom sediment; in the delta of the Selenga, four types of biocoenosis are distinguished: peloreophilic on silted sand, psammoreophilic on clean sand and lithoreophilic on gravel-pebble areas.

Silt areas located in the lower part of the delta are characterized by the greatest quantitative development of bottom organisms – the average biomass here is about 92 g/m^2, the number is about 1000 ind/m^2. Here dominates are oligochaetes (Tubificidae), mosquito larvae (Chironomidae), molluscs (Pisidiidae) and amphipods.

Significantly fewer organisms were found on silted sand (about 30 ind/m^2 with a biomass of 3 g/m^2).

Here, in addition to mosquito larvae and amphipods, there are larvae of mayflies (Caenidae, Oligoneuridae) and dragonflies (*Stylurus flavipes*).

Areas of the delta with the lowest abundance and biomass (3 ind/m^2; 0.3 g/m^2) are composed of pure sands. Species diversity in these areas is also low, dominants are represented by burrowing detritophagous insects larvae and oligochaetes (Chironomidae, Tubificidae) and sestonophagous molluscs (Pisidiidae).

The greatest species diversity was found on the pebble-sand areas located in the upper part of the delta. Here, in addition to oligochaetes, chironomids, and bivalves, among the dominants were found floating mayflies larvae *Cloeon* sp. and amphipods *Gmelioides fasciatus*. The biomass in these areas is 3.6 g/m^2, and the abundance is about 55 ind/m^2.

Based on the results of the study, the map of distribution of bottom biocenoses in the Selenga delta was made for the first time. It can be used for biological indication of the condition (pollution) of the river Selenga and Lake Baikal, and for characterizing the nutrition of the fishes.

The map can be used to predict the state of the aquatic ecosystem. With a change in the runoff of the Selenga River (natural or anthropogenic), changes will occur in the distribution of sediments and the corresponding changes in bottom biocenoses.

The article was prepared with the financial support of the Russian Science Foundation (project No. 14-17-00155).

Гончаров А.В., Марьинский В.В., Чалов С.Р.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗООБЕНТОСА В ДЕЛЬТЕ Р. СЕЛЕНГИ

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва
mama15333@mail.ru

Переходные участки между озером и рекой привлекают исследователей и практических работников тем, что это, как правило, зоны повышенной биологической продуктивности, характеризующиеся высоким видовым разнообразием. Здесь на небольшом расстоянии происходит резкое изменение состава воды, донных отложений и населяющих их организмов.

Для верхней части дельты р. Селенги характерна высокая скорость течения и преобладание гравийно-галечных отложений. Ниже скорость замедляется: преобладают песчаные отложения, затем – заиленный песок. Протоки нижней части дельты заняты илом.

Результаты исследований 2015-2016 гг. показали тесную приуроченность организмов зообентоса к определенному типу донных отложений; в дельте р. Селенги выделены 4 типа биоценозов: пелореофильные на заиленном песке, псаммореофильные на чистом песке и литореофильные (на гравийно-галечных с песком отложениях).

Иловые участки, располагающиеся в нижней части дельты, выделяются наибольшим количественным развитием донных организмов – средняя биомасса здесь составляет около 92 г/м^2, численность около 1 тыс. экз/м^2; преобладают малощетинковые черви (Tubificidae), личинки комаров-звонцов, моллюски (Pisidiidae), бокоплавы.

Значительно меньше организмов встречено на песчано-илистых грунтах: численность около 30 экз/м^2, биомасса 3 г/м^2. Здесь помимо личинок комаров-звонцов и бокоплавов встречаются личинки подёнок (Caenidae, Oligoneuridae), хищные личинки стрекоз *Stylurus flavipes*.

Самые бедные участки дельты сложены чистыми песками: биомасса около 0,3 г/м^2, численность около 3 экз/м^2. Видовое разнообразие мало; доминантами являются закапывающиеся грунтоеды и сестонофаги (Chironomidae, Tubificidae, Pisidiidae).

Наибольшим видовым богатством характеризуются галечно-песчаные участки, располагающиеся в верхней части дельты. Здесь помимо олигохет, хирономид, и двустворчатыч моллюсков встречаются активно плавающие подёнки *Cloeon* sp. и бокоплавы *Gmelinoides fasciatus*. Биомасса составляет 3,6 г/м^2, численность около 55 экз/м^2.

По результатам проведенного исследования была впервые составлена карта распределения донных биоценозов в дельте р. Селенги. Она может быть использована для биологической индикации состояния (загрязнения) р. Селенги и оз. Байкал, для характеристики условий питания рыб. Карта может быть использована в прогнозировании состояния водной экосистемы: при изменении стока р. Селенги (природного или антропогенного характера) будут наблюдаться изменения в распределении донных отложений и – соответствующие им изменения донных биоценозов.

Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №14-17-00155).

Goncharov A.V.[1], Grechushnikova M. G.[1, 2], Kremenetskaya E. R.[2]

EVALUATION OF THE PRODUCTIVE AND DESTRUCTIVE CHARACTERISTICS OF THE WATER RESERVOIR BY OXYGEN METHOD USING AN AUTOMATED DEVICE.

[1]Moscow state University named after M.V. Lomonosov, Moscow, Leninskie Gory, GSP,
[2]IVP RAN, Moscow, Gubkina 3
mama15333@mail.ru

Primary production and destruction of organic matter are important characteristics of ecosystem functioning. Their determination in mesotrophic-eutrophic water objects is usually made by oxygen bottle method. The method is simple and convenient, but the organization of short-term exposures becomes quite laborious. Therefore, we have developed a device, allowing the measurement of production and destruction during small intervals (1-3 hours) and requires maintenance no more than once a week. The device is quite simple – it consists of transparent and dark vessels with optical oxygen recorders (Onset) and a pump that replaces the water in the vessels at a given time interval using a timer.

The device was used on Mozhaisk reservoir on August 11-21, 2017 (in warm sunny weather) and on August 22-31, 2017 (it was cool and cloudy). The average value of gross primary production in the first period was 4.7 mgO2 / l * day, in the second – 4.1 mgO2/l*day; destruction – 3.0 mgO2/l*day and 2.3 mgO2/l*day, respectively. The amplitude of daily production in the first period was almost 1.5 times higher than in the second.

Some features of intra-day changes of production parameters are important. The highest value of primary production was usually observed for about 12 hours and corresponded to the maximum of solar radiation (PAR). The highest values of destruction were observed much later and corresponded to the maximum of water temperature (about 17 hours). Thus, the delay in heating the water (due to its high heat capacity) leads to a significant discrepancy in the time of maximum production and destruction. This can be essential for the formation of oxygen and generally hydrochemical regime of the reservoir. The noted features were more pronounced during warm weather (August 12-21) than during cooling (August 22-31).

The work is executed at support of RFBR (grant No. 18-05-01066).

Гончаров А.В.[1], Гречушникова М.Г.[1, 2], Кременецкая Е.Р.[2]

ОЦЕНКА ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОЕМА КИСЛОРОДНЫМ МЕТОДОМ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА

[1]МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Ленинские горы, ГСП-1
[2]ИВП РАН, Москва, ул. Губкина 3
mama15333@mail.ru

Первичная продукция и деструкция органического вещества являются важными характеристиками функционирования экосистемы. Их определение в водоемах мезотрофно-эвтрофного типа обычно производится кислородным скляночным методом. Метод прост и удобен, однако при организации краткосрочных экспозиций становится достаточно трудоемким. Поэтому нами разработано устройство (продукциометр), позволяющее производить измерение продукции и деструкции с небольшим интервалом (1-3 часа) и необходимостью обслуживания не чаще одного раза в неделю. Устройство достаточно простое – состоит из светлого и темного сосудов с оптическими регистраторами кислорода (производства Onset) и насоса, сменяющего воду в сосудах через заданный промежуток времени с помощью таймера.

Прибор использовался на Можайском водохранилище 11-21 августа 2017 г. (в теплую солнечную погоду) и 22-31 августа 2017 г. (прохладно и пасмурно). Среднее значение валовой первичной продукции в первый период составило 4,7 мгО2/л*сут, во второй – 4,1 мгО2/л*сут; деструкции – 3,0 мгО2/л*сут и 2,3 мгО2/л*сут, соответственно. Амплитуда суточных изменений продукции в первый период была почти в 1,5 раза больше, чем во второй.

Обращают на себя внимание особенности внутрисуточных изменений продукционных параметров. Наибольшая первичная продукция наблюдалась обычно около 12 часов и соответствовала максимуму солнечной радиации (ФАР). Наибольшие значения деструкции наблюдались значительно позже и соответствовали максимальной температуре воды (около 17 часов). Таким образом, задержка в нагреве воды (из-за ее высокой теплоемкости) приводит к существенному расхождению во времени максимумов продукции и деструкции. Это может иметь существенное значение для формирования кислородного и вообще гидрохимического режима водоема. Отмеченные особенности более ярко проявились в период теплой погоды, чем во время похолодания.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант №18-05-01066).

Gorin S.L.[1], Koval M.V.[2], Popryadukhin A.A.[3], Stepanenko V.M.[4]

COASTAL LAKES OF THE KAMCHATKA PENINSULA: VARIETY OF THE HYDROLOGICAL CONDITIONS CREATED BY RIVERS, TIDES, LOCAL CLIMATE AND COASTAL PROCESSES

[1]Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia
[2]Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
[3]Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
[4]Research Computing Center of Lomonosov Moscow State University. Moscow, Russia
gorinser@mail.ru

The paper presents the pattern of hydrological conditions development in coastal lakes of the Kamchatka Peninsula using the example of three lake systems. Their distinguishing features are following: 1) ice-covered period lasts more than half a year; in summer the water surface is warmer than the air; 2) the hydrological conditions depend on coastal processes; 3) there's river and marine water masses mixing zone; 4) fresh water pervades in the warm season and salt water inflows in the cold one; 5) the hydrological conditions diurnal, half-monthly and seasonal variations are induced by river water runoff and marine tides. The hydrological differences between the coastal lakes are determined by 1) river water runoff and marine tides proportions; 2) size and depth of the lake beds as well as position of the lake in the river mouth area and its distance from the sea; 3) morphological processes in the mouth cross-section.

Горин С.Л.[1], Коваль М.В.[2], Попрядухин А.А.[3], Степаненко В.М.[4]

ЛАГУННЫЕ ОЗЕРА НА БЕРЕГАХ КАМЧАТКИ: РАЗНООБРАЗИЕ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РЕЧНОГО СТОКА, МОРСКИХ ПРИЛИВОВ, ХОЛОДНОГО КЛИМАТА И АКТИВНОЙ МОРФОДИНАМИКИ

[1]Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 107140, Россия, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, д. 17
[2]Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 683000, Россия, Камчатский край, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, д. 18
[3]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
119991, Россия, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, Географический факультет
[4]Начно-исследовательский вычислительный центр МГУ имени М.В. Ломоносова,
119234, Россия, г. Москва, Ленинские горы, НИВЦ МГУ, 1с4
gorinser@mail.ru

Авторы доклада более 15-ти лет занимаются гидролого-морфологическими и биологическими исследованиями в береговой зоне п-ова Камчатка. В рамках этой работы было изучено несколько типичных лагунных озер, по сведениям о которых уже можно судить о разнообразии этих объектов в исследуемом регионе.

Все лагунные озера Камчатки входят в состав устьевых областей рек. Поэтому их гидрологическое состояние определяется результатом взаимодействия речного стока и морских приливов в имеющихся климатических и морфологических условиях. Гидрологическому режиму этих озер присущи следующие черты: 1) продолжительный – более полугода – ледостав (при этом толщина льда достигает 1,5-2

м); более высокая температура поверхностного слоя воды в летний период по сравнению с температурой воздуха; 2) зависимость гидрологических условий в озерах от морфодинамики кос и пересыпей, отделяющих их (или лагуны в целом) от моря; 3) наличие (или периодическое появление) в озерах зоны смешения речных и морских вод; 4) пополнение озер пресной водой во время весенне-летнего половодья и летне-осенних паводков на реках; пополнение озер осолоненными (или даже солеными морскими) водами в холодный период, когда на реках устанавливается межень, а в море усиливаются шторма; 5) наличие суточной, полумесячной и сезонной изменчивости гидрологических характеристик, связанной с влиянием речного стока и морских приливов. Гидрологические различия между лагунными озерами обусловлены различиями в: 1) соотношении влияния речного стока и морских приливов; 2) размерах и глубинах озерных котловин; положении озер внутри устьевых областей относительно оси река-море и их удаленности от моря; 3) характере морфодинамических процессов в устьевом створе. В качестве примеров, иллюстрирующих вышесказанное, в докладе рассмотрены три озерные системы.

В устье р. Камчатка ($Q_{ср}$~1000 м^3/с) сформировалась самая большая ($F_{общ}$~550 км^2) и самая сложная на всем полуострове система, включающая два озера (Нерпичье и Култучное) и 10 вытянутых (русловых) лагун. В последние столетия эти водоемы пережили несколько циклов осолонения и опреснения, связанных с удлинением и последующим прорывом устьевых кос. В настоящее время водоемы находятся на солоноватоводной стадии своего развития. Относительно глубокое оз. Култучное (F~100 км^2, h_{cp}~7.7 м, h_{max}~13 м) – это типичный меромиктический водоем. Оз. Нерпичье (F~430 км^2, h_{cp}~3.5 м, h_{max}~12 м), благодаря большой площади и малой глубине, хорошо перемешивается ветром в теплый период года, но во время ледостава так же стратифицируется. В обоих озерах преобладает сезонная изменчивость гидрологических характеристик, обусловленная совместным влиянием речного стока, морских приливов и местных климатических факторов. Ближайшие к морю русловые лагуны осолонены и стратифицированы; в них хорошо выражено влияние морских приливов. Дальние лагуны окончательно вышли из-под влияния моря и заполнены пресной водой. Во всех водоемах формируются собственные водные массы, которые обновляются с различной интенсивностью.

В систему озер Большой и Малый Вилюй ($F_{общ}$~6.4 км^2) впадают малые реки, совокупный сток которых ($Q_{ср\ общ}$~3.5 м^3/с) значительно меньше объема морских вод, затекающих в озера в приливную фазу. В оз. Большой Вилюй глубина достигает 6-7 м, а в оз. Малый Вилюй – только 1.5-2.0 м. Поэтому в первом водоеме есть устойчивая стратификация вод, формируются собственные водные массы и преобладает сезонная изменчивость характеристик. Второе озеро заполнено слабо трансформированной смесью речных и морских вод, характеристик которой изменяются с периодичностью от суток до сезона. В период осенних штормов выход из озер в море может блокироваться морскими наносами и их связь с морем может прерываться на несколько недель или даже месяцев.

Оз. Большое Зуйковское (F~45 км^2, h_{max}~4 м) находится в совместной устьевой области рек Большая и Удочка ($Q_{cp\ общ}$~350 м^3/с). Оно находится под преобладающим слиянием речного стока – осолоненная вода проникает в него в небольшом количестве и лишь во время высоких приливов. Из-за сильной проточности и постоянного ветрового перемешивания собственные водные массы в озере не формируются. Триста лет назад озеро было пресным. К середине XX в. из-за переформирования устьевой косы оно осолонилось, а теперь постепенно опресняется.

Grechushnikova M.G.[1, 2], Repina I.A.[1, 3], Stepanenko V.M.[1], Kazantsev V.S.[3], Artamonov A.Yu.[3], Lomov V.A.[1]

METHANE EMISSION FROM THE SURFACE OF VALLEY TYPE RESERVOIR

[1]M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
[2]Institute of Water Problems RAS, Moscow, Russia
[3]A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS, Moscow, Russia

A crucial task is to evaluate emissions of greenhouse gases from diverse anthropogenic sources, including reservoirs. According to various data, their area is 205000-250000 km^2 (exclusive of regulated lakes) (Varis et al., 2012). Intensity of such emissions depends on morphometric parameters of reservoirs, their geoecological conditions, hydrology, age and so on. A procedure of evaluation of global methane emission from the surface of reservoirs are given in (Varis et al., 2012), the Global Lakes and Wetlands Database (GLWD) was used as the basis (Lehner, Döll, 2004). Conspicuous is the wide scatter of values of specific flow (SF) of methane from reservoirs of the boreal and especially tropical zone. This can be related to a lack of *in situ* data (Greenhouse Gas …, 2005). The SF measurements are recommended to be done each month in order to obtain an adequate assessment of emission of greenhouse gases from the surface of reservoirs (UNESCO/IHA Research Project, 2010).

The work objective was to assess a time-space variation of SF of methane from the surface of a valley reservoir. The Mozhaysk reservoir was chosen as a research object. This reservoir located in the upper reaches of the Moskva River is well studied from the point of view of hydrology and water chemistry. This small valley reservoir has a simple morphometry and is characterized by lack of intensive dynamic stirring. A thermal stratification occurs in winter and summer (Puklakov et al., 2015). The volume and lifetime of anoxic zone depend on meteorological conditions and level regime of the reservoir.

Buoyancy chambers installed in the central part of the reservoir revealed a significant growth of SF of methane at the end of the summer stratification (up to 18 mgC/m^2/h) when the anoxic zone was the largest and the water temperature gradient was low. In the beginning of autumn stirring the SF of methane decreased by an order of magnitude. Interpolation of the values obtained and calculation of SF of methane during navigation season gave 90 mgC/m^2/d. This corresponded to the upper boundary of SF values for the waters of the boreal zone (Varis et al., 2012).

Methane diffusion to the air was calculated by TBL approach using parametrization of exchange coefficient according to (Cole, Caraco, 1998). The central part of the reservoir in which the measurements were the most frequent showed a growth of common and specific flow difference during the summertime. It revealed itself by increase of bubble specific flow, which attained 90% of the common specific flow by the moment of disruption of the stratification.

Calculation of diffusion specific flow for various sites of the reservoir based on the data of five hydrological surveys revealed a growth of the specific flow of methane in all the sites of the reservoir with a different mean depth during the summer, while the values of diffusion specific flow reduced going from the upper reaches to the dam. This is related to methane oxidation in the water column due to a deeper stirred and more aerated epilimnion. The diffusion specific flow of methane was by an order of magnitude less in the reach located near the dam (2 mgC/m^2/d) than in the upper reaches (11 mgC/m^2/d) in the early summer when the direct stratification set in. In the end of August, the difference decreased (0.4 and 4 mgC/m^2/d respectively). However, the values of the specific flow in the central part of the reservoir, which differ from the sites located near the dam in depth and thermal structure, attained to 10 mgC/m^2/d in the late summer. A space-time heterogeneity of methane specific flow distribution characteristic of valley reservoirs (the main type of artificial waterbodies) has to be obligatory taken into account when calculating the annual emission from the surface of reservoirs. A more accurate assessment of such methane emission, especially in the case of uninvestigated reservoirs or random field data, mathematical simulation has to be applied (Stepanenko et al., 2016).

The work is supported by the RGO_a 17-05-41095 Project.

Гречушникова М.Г.[1, 2], Репина И.А.[1, 3], Степаненко В.М.[1], Казанцев В.С.[3], Артамонов А.Ю.[3], Ломов В.А.[1]

ЭМИССИЯ МЕТАНА С ПОВЕРХНОСТИ ДОЛИННОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

[1]МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, д. 1, Главное здание, Географический факультет
[2]ИВП РАН, Москва, улица Губкина, 3
[3]ИФА им. А.М. Обухова РАН, Москва, Пыжёвский пер., 3
allavis@mail.ru

Актуальной задачей является оценка выбросов парниковых газов различных антропогенных источников, к которым относятся и водохранилища. По различным оценкам их площадь составляет 205000-250000 км^2 (без учета зарегулированных озер) (Varis et al., 2012). Интенсивность выбросов парниковых газов зависит от морфометрических параметров водохранилищ, геоэкологических условий их размещения, гидрологического режима, их возраста и др. Методика оценки глобальной эмиссии метана с поверхности водохранилищ приведена в (Varis et al., 2012) с использованием в качестве основы БД Global Lakes and Wetlands Database (GLWD) (Lehner, Döll, 2004). Обращает на себя внимание большой разброс в значениях удельного потока (УП) метана с водохранилищ бореальной и особенно тропической зоны, что может быть связано с недостаточностью натурных экспедиционных данных (Greenhouse Gas …, 2005). В соответствии с рекомендациями по измерению УП (UNESCO/IHA Research Project, 2010) для адекватной оценки эмиссии парниковых газов с поверхности водохранилищ рекомендованы ежемесячные изменения УП.

Цель работы – оценка пространственно-временной изменчивости удельного потока метана с поверхности долинного водохранилища. Объект исследования – хорошо изученное в гидрологическом и гидрохимическом отношении Можайское водохранилище, расположенное в верховьях р. Москвы. Это небольшое морфометрически простое долинное водохранилище с отсутствием интенсивного динамического перемешивания. Летом и зимой в нем наблюдается термическая стратификация (Пуклаков и др., 2015). Объем аноксидной зоны и продолжительность ее существования связана с синоптическими условиями и с уровенным режимом водоема.

По материалам постановки плавучих камер в центральном районе водохранилища выявлено значительное увеличение значений УП метана к моменту окончания периода летней стратификации (до 18 мгС/м^2 час), когда бескислородная зона достигает наибольшего объема, а также уменьшается градиент температуры воды в водной толще. В начале периода осеннего перемешивания значения УП метана, определенные методом плавучих камер, уменьшаются на порядок. При интерполяции полученных значений и расчете УП за период открытой воды среднее его значение составляет 90 мгС/м^2 сут, что соответствует верхней границе значений УП для водоемов бореальной зоны (Varis et al., 2012). Расчет диффузионного потока метана в атмосферу произведен методом TBL с использованием параметризации коэффициента обмена по (Cole, Caraco, 1998). Для центрального района водоема с наиболее частыми измерениями характерной закономерностью является увеличение в течение лета разности значений общего и диффузионного удельного потока, которая характеризует интенсивность пузырькового УП, возрастающего к моменту начала разрушения стратификации до 90% общего удельного потока.

Расчет диффузионного удельного потока для различных районов водоема по материалам пяти гидрологических съемок показал, что значения УП метана в течение летнего периода увеличивается для всех районов водохранилища, отличающихся средней глубиной; значения диффузионного УП от верховьев к плотине уменьшаются. Это связано окислением метана в толще воды из-за более глубокого перемешанного и аэрированного эпилимниона. В приплотинном плесе в начале лета при образовании прямой стратификации диффузионный УП метана на порядок меньше (2 мгС/м^2 сут), чем в верховьях (11 мгС/м^2 сут). В конце августа эти различия уменьшаются (0,4 и 4 мгС/м^2 сут соответственно). Однако в центральном районе, отличающемся от приплотинного глубиной и термической структурой, в конце лета значения УП достигают 10 мгС/м^2 сут. При расчете годовой эмиссии с поверхности водохранилищ необходимо непременно учитывать пространственно-временную неоднородность распреде-

ления УП метана, которой отличаются водохранилища долинного типа (к которому относится большинство искусственных водоемов). Для более точной оценки эмиссии метана с поверхности водохранилищ, особенно в случае неисследованных водоемов или при наличии нерегулярных экспедиционных данных, необходимо использовать математические модели, например (Stepanenko et al., 2016).

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РГО_а 17-05-41095.

Grigoriev A.G.[1], Kolka V.V.[2]

USING OF BROMINE AS AN INDICATOR OF PALEOSALINITY BASED ON RESEARCH OF ONE OF THE LAKES OF KARELIAN COAST OF THE WHITE SEA

[1]A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI), St. Petersburg, Sredny pr. 74
[2]Geological Institute of the Kola Science Centre RAS, Apatity, Fersmana st. 14
Andrey_Grigiryev@vsegei.ru, kolka@geoksc.apatity.ru

Due to changing of relative level of the White Sea during lateglacial time and in Holocene, bottom sediments of some coastal lakes were accumulated in different paleogeographical environment – glacial-lacustrine, marine and lacustrine. The pore water salinity and, consequently, bottom sediments are governed mainly by concentration of Chlorum compounds concentration. We developed the empiric formula allowing to calculate Chlorum concentration into salinity. Equation Cl/Br in bottom sediments is practically equal to its equation in marine water (Cl/Br = 293). Therefore the study of Br concentration along the bottom sediment cores permits to calculate the paleosalinity of the bottom sediments.

Григорьев А.Г.[1], Колька В.В.[2]

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BR КАК ИНДИКАТОРА ИЗМЕНЕНИЯ ПАЛЕОСОЛЁНОСТИ ВОДОЁМОВ НА ПРИМЕРЕ ОДНОГО ИЗ ОЗЕР КАРЕЛЬСКОГО БЕРЕГА БЕЛОГО МОРЯ.

[1]Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского», Санкт-Петербург, Средний пр., 74.
[2]ГИ Кольского НЦ РАН Апатиты улица Ферсмана 14
Andrey_Grigiryev@vsegei.ru, kolka@geoksc.apatity.ru

Объектом изучения служили донные осадки одного из прибрежных озер Карельского берега Белого моря. За счет относительного изменения уровня Белого моря в позднеледниковье и Голоцене котловины ряда малых озер ранее являлись неровностями дна приледникового пресного или морского водоёмов. Стратифицированная толща донных отложений из таких озёрных котловин соответственно формировалась в различных палеогеографических условиях – в приледниковом пресноводном и морском бассейнах, позже в пресноводном континентальном бассейне (Лаврова и др., 2014).

Как показано в ряде работ, в том числе (Григорьев и др., 2009; Grigoriev et al., 2011) элемент группы галогенов – бром служит достаточно надежным индикатором степени палеосолености донных отложений. Вкратце сущность предложенного метода заключается в следующем: Соленость поровых вод и соответственно материала донных осадков в основном определяется концентрацией в них соединений хлора, составляющих приблизительно ($NaCl+MgCl_2$) 88.7% от общего состава содержащихся в них солей. Соотношение Cl/Br для иловых вод поверхностных слоев осадков мирового океана практически одинаково и не отличается от нормального в морской воде Cl/Br = 293 (Шишкина, 1969). В работах Кнудсена и Снежинского (Knudsen, 1901; Снежинский, 1951) приводиться эмпирическая формула, позволяющая пересчитать содержание хлора на общую соленость $S\ ^0/_{00} = 0.03+1.805\ Cl\ ^0/_{00}$. Методика работ заключается в следующем. Отобранные образцы изучаемого керна высушиваются до воздушно-сухого состояния. Таким образом, считается, что весь Br содержащийся в поровых водах полностью сохранился в исследуемом материале. Для определения брома использовался аналитический комплекс «СПЕКТРОСКАН МАКС-G». Следует отметить, что методикой предусматривается частичная компенсация влияния высокого (более 40%) содержании органического вещества в пробе, вызывающее завышение значения палеосолености.

В разрезе изучаемых отложений выделяются следующие литологические разности: 900-850 см – ленточные глины, 850-690 см – чередующиеся пески, алевритистые пески и алевриты с органикой. 695-710 см. прослой алевритистой гиттии. И далее до отметки 420 см – гиттия бассейне (Лаврова и др., 2014).

Нижняя часть исследуемого разреза представлена ленточными глинами. Их расчетная палеосоленость близка к нулю, что соответствует представлению об их накоплении в приледниковом пресноводном бассейне. Выше по разрезу, начиная с отметки 850 см, происходит резкое увеличение значения расчетной палеосолености отложений до $8^0/_{00}$, затем после некоторого падения до $5^0/_{00}$ вновь увеличивающейся до $11,7^0/_{00}$ на интервале опробования 817-819 см. Полученные данные могут говорить о том, что осолонение приледникового пресноводного озера происходило достаточно интенсивно и включало в себя два этапа, с некоторым периодом стабилизации между ними. Начиная с отметки 811 см. и до отметки 680 см. график изменения значений расчетной палеосолёности принимает пилообразный характер, колеблясь в интервале от 1 до $9,5^0/_{00}$. Последнее говорит о том, что соленость прибрежного морского бассейна была непостоянна, либо рассматриваемый интервал особенно на завершающем этапе приурочен к стадии лагун, где существовал эпизодический обмен с морем.

Далее наблюдается резкое снижение расчетной палеосолености до минимальных значений менее 10/00 отмеченных на интервале опробования 670-661 см. Вероятно, данный минимум фиксирует полное отчленение озерных котловин от моря. Начинается с отметки 661 см палеосоленость начинает нарастать до значения $4,3^0/_{00}$ после чего приобретает достаточно монотонный волнообразный характер с незначительной амплитудой изменения палеосолёности и достаточно выраженным общем тренде её

понижения. Следует отметить, что заметное повышение палеосолености на отметке 661 соответствует резкому изменению литологического состава осадков. Существенно алевритистые отложения заменяются на озерные илы (гиттию), практически полностью слагающую осадки. Повышенные фоновые значения палеосолёности выше отметки 661 см вероятно обусловлены интенсивной сорбцией Br органическим веществом осадков, что приводит к завышению истинных значений палеосолености. Плавное уменьшения солености вероятно связано с остаточным постепенным опреснением озера.

Интересны результаты сопоставления расчетной палеосолености бассейна с результатами диатомового анализа.

Пики максимальных значений расчетной палеосолёности как правило соответствуют максимумам распространения мезогалоб и полигалоб обитающих в солоноватых водоёмах. Причем максимумы расчетной палеосолености, как правило, несколько опережают максимумы распространенности этих видов диатомовых водорослей, что вполне объяснимо-сначала происходит некоторое осолонение водоема, и с некоторым запозданием развитие диатомовых обитающих в соленых водах.

Учитывая всё вышеизложенное можно констатировать, что использование брома как индикатора палеосолености существенно помогает уточнению палеогеографических условий образования донных осадков и отложений и соответственно относительного изменения уровня Белого моря.

Grigorieva I.L.[1], Komissarov A.B.[1], Kuzovlev V.V.[2], Chekmariova E.A.[1]

THE CHANGING OF HYDROECOLOGICAL CONDITION OF WATER OBJECTS UNDER THE THERMAL POLLUTION

[1]Ivankovo Research Station the Department of Water Problems Institute RAS, Tver Region, Konakovo, Belavinskaya street, 61a
[2]Tver State Technical University, Tver, Afanasiy Nikitin Embankment, 22
Irina_Grigorieva@list.ru

Thermal pollution of water objects is associated with using of water for cooling turbine condensers at thermal and nuclear power plants. When the temperature of water increases as a result of the discharge of heated water, its quality deteriorates, primarily due to the decrease in oxygen solubility, which decreases by one third at a temperature of 30°C. Increasing temperature causes eutrophication, changing of species composition of hydrobionts and higher aquatic vegetation.

In 2017 in the framework of the regional grant RFFI - Tver oblast No. 17-45-690600 the authors carried out studies of lakes Pesvo and Udomlya which are cooler-ponds of Kalinin NPP and Moshkovicheskiy Bay of Ivankovskoye reservoir, where the discharged heated water from the Konakovo State District Power Station. The temperature regime, macro- and micro-components composition of water and bottom sediments, species composition of phytoplankton and higher aquatic vegetation of water coolers were studied.

It was found that since the starting work of the Kalinin NPP in lakes increased concentrations of hydrocarbonates, sulphates, calcium, magnesium and pH. Studies have shown that the macro-component composition of the water withdrawn from Konakovo GRES is close to the values in the background. In August 2017, copper and chromium concentrations were twice as high in the discharge channel as in the background.

In 2017 in lakes Pesvo and Udomlya were identified 147 taxa of phytoplankton with a rank below genus, which is 12% lower than the diversity in the results of our research 2014 and 16% lower than that in 2010. The core flora is still shaped green and diatom algae, which accounted for 74% of the total composition of phytoplankton. In the Moshkovicheskiy Bay in 2017 was identified 63 taxa of phytoplankton, herewith in other water territory of Ivankovskoye reservoir was observed from 51 to 87 taxa. The basis of the algal flora in the bay was formed by green and diatoms, which accounted for 75% of the total composition of phytoplankton that is identical to the same period in Pesvo and Udomlya. In the composition of the plankton algae were absent streptophyta and dinophyta. The total biomass in the bay was much lower than in other sections of Ivankovo reservoir.

For cooling objects is characterized by the emergence and settlement of adventive species of higher aquatic vegetation and increased overgrowth of the reservoir. In the lakes Udomlya and Pesvo marked with the following adventive species: calamus ordinary *Acorus calamus* L. Sitnik thin *Juncus tenuis* Willd., reed southern *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud, canadian *Elodea canadensis*; Moshkovicheskiy Bay of Ivankovskoye reservoir - water chestnut (Chilim) *Trapan atans* L. the Naiad marine *Nayas marina* L.

The study was carried out with the financial support of RFBR and administration of Tver region within the framework of the scientific project № 17-45-690600

Григорьева И.Л.[1], Комиссаров А.Б.[1], Кузовлев В.В.[2], Чекмарёва Е.А.[1]

ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ТЕПЛОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

[1]Иваньковская НИС – филиал ФГБУН Институт водных проблем РАН, Тверская область, г. Конаково, ул. Белавинская, 61-А
[2]Тверской государственный технический университет, г. Тверь, набережная Афанасия Никитина, 22
Irina_Grigorieva@list.ru

Тепловое загрязнение водоемов связано с использованием природных вод для охлаждения конденсаторов турбин на тепловых и атомных станциях. При увеличении температуры воды в результате сброса подогретых вод происходит ухудшение её качества, прежде всего, за счет снижения растворимости кислорода, которая уменьшается на одну треть при температуре 30°С. Увеличение температуры воды вызывает эвтрофикацию водоемов, изменение видового состава гидробионтов и высшей водной

растительности.

В 2017 г. в рамках регионального гранта РФФИ – Тверская область №17-45-690600 авторами были проведены натурные исследования озер Песьво и Удомля, являющимися водоемами-охладителями Калининской АЭС и Мошковичского залива Иваньковского водохранилища, куда отводятся подогретые воды от Конаковской ГРЭС. Изучался температурный режим, макро- и микрокомпонентный состав воды и донных отложений, видовой состав фитопланктона и высшей водной растительности водоёмов-охладителей.

Установлено, что с момента пуска Калининской АЭС в озерах-охладителях увеличились концентрации гидрокарбонатов, сульфатов, кальция и магния и pH. Исследования показали, что макрокомпонентный состав воды, отводимой от Конаковской ГРЭС, близок к значениям в фоновом створе. В августе 2017 г. в отводящем канале отмечены в два раза более высокие, чем в фоновом створе, концентрации меди и хрома.

В 2017 г. в альгофлоре планктона оз. Песьво и Удомля было идентифицировано 147 таксонов водорослей рангом ниже рода, что на 12% ниже разнообразия по результатам наших исследований 2014 г. и на 16% ниже такового в 2010 г. Ядро флоры по-прежнему формировали зелёные и диатомовые водоросли, на долю которых приходилось 74% от общего состава фитопланктона. В устье Мошковичского залива в 2017 г. было идентифицировано 63 таксона рангом ниже рода, при этом по акватории Иваньковского водохранилища на других станциях было отмечено от 51 до 87 таксонов. Основу альгофлоры формировали зелёные и диатомовые водоросли, на долю которых приходилось 75% от общего состава фитопланктона, что идентично аналогичному показателю в озёрах Песьво и Удомля, но при этом в составе планктона водорослей отсутствовали представители стрептофитовых и динофитовых. Общая биомасса в устье Мошковичского залива была значительно ниже, чем в других створах Иваньковского водохранилища.

Для водоемов-охладителей характерно появление и расселение адвентивных видов высшей водной растительности и увеличение зарастания водоема. В озерах Удомля и Песьво отмечены следующие адвентивные виды: аир обыкновенный *Acorus calamus* L., ситник тонкий *Juncus tenuis* Willd., тростник южный *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud, элодея канадская *Elodea canadensis*; в Мошковичском заливе Иваньковского водохранилища - водяной орех (чилим) *Trapan atans* L., наяда морская *Nayas marina* L.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Тверской области в рамках научного проекта № 17-45-690600

Gorbatov E.S.[1], Rasskazov A.A.[2]

PROBLEMS AND PERSPECTIVES OF LIMNOGEOLOGY

[1]Schmidt Institute of Physics of the Earth of the RAS, Bolshaya Gruzinskaya str., 10/1, Moscow, Russia, 123242

[2]Ecological Faculty, Peoples' Friendship University of Russia, Podolskoe shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093

e.s.gor@mail.ru; rasskazo@yandex.ru

Limnogeology is a new scientific field, actively developing at the intersection of sector related subjects. Although historically the base for limnogeology are numerous studies of lakes in the sphere of its interests also included the study of the geological features of different age lacustrine structures. This includes how the problems of the geological structure and history of the formation of lake basins, formation of sedimentary rocks lacustrine complexes, and also to study the of formation lacustrine minerals and their forecasting. In recent years, a have been actively developed of such areas as the study of lacustrine systems as archives of catastrophic events (earthquakes, tsunamis, floods).

Late establishment limnogeology as independent scientific areas largely due to the fact that for a long time, the role and volumes of sedimentary material in the lacustrine origin underestimated. However, it has now been established that mineral deposits associated with lacustrine strata are important natural resources; they contain, in addition to deposits of building materials, evaporites, shale oil, iron ore and bauxite, are the source rocks.

Much smaller volumes and isolation of lakes in comparison with sea basins making them dynamic systems that are sensitive to changes in the external environment, so lacustrine sediments is very informative in paleogeographic studies. However, this feature of the lakes requires special caution in the interpretation of their deposits and emphasizes the importance of a multidisciplinary approach to the study of these sedimentary systems.

A special group of problems is related to a study on the analysis of the influence of anthropogenic factors on the composition of the water and sediments of modern lakes. This, in turn, makes it possible to identify and resolve environmental problems, in which lake water and sediments are highly sensitive indicators of environmental pollution. The authors believe that the existing problems can be solved in the short term, if they are to be brought to the attention the scientific community.

Горбатов Е.С.[1], Рассказов А.А.[2]

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЛИМНОГЕОЛОГИИ

[1]Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Б. Грузинская, 10 с.1, Москва, Россия, 123242
[2]Экологический факультет. Российский университет дружбы народов, Подольское ш., 8/5, Москва, Россия, 113093
e.s.gor@mail.ru; rasskazo@yandex.ru

Лимногеология – новое научное направление, активно развивающееся на пересечении целого сектора смежных дисциплин. Несмотря на то, что исторически базовыми для лимногеологии являются многочисленные исследования современных озер, сфера ее интересов смещается в сторону изучения геологических особенностей разновозрастных озерных структур. Сюда же относятся, как вопросы формирования озерных котловин и пород осадочных лимногенных комплексов, так и изучение связанных с ними полезных ископаемых и их прогнозирование. В последние годы также получают активное развитие такие направления, как исследования озерных отложений в качестве архивов катастрофических событий (землетрясения, цунами, наводнения). Необходимость в комплексных исследованиях этих вопросов сформировалась к середине 90-х годов XX века, результатом чего было проведение Первого Международного Лимногеологического Конгресса (ILIC).

Довольно позднее становление лимногеологии в качестве самостоятельной научной дисциплины во многом связано с тем, что долгое время объемы осадочного вещества озерного происхождения и его геологическая роль недооценивались, но сегодня именно с ним связывают образование базальных осадочных комплексов платформ. Велико его значение также в молассовых формациях орогенных областей. Связанные с лимногенными толщами залежи полезных ископаемых имеют важное ресурсное значение; они содержат, кроме месторождений строительного сырья, эвапориты, горючие сланцы, железные руды и бокситы, служат нефтематеринскими породами. Так, в последнее время появились основания полагать, что большинство крупных континентальных месторождений углеводородов высокого качества генетически связаны с древними озерными бассейнами тектонического происхождения.

Вместе с тем, по мере быстрого развития лимногеологических исследований возникает ряд проблем, решение которых будет определять характер развития этого направления в ближайшее время. Одна из главных проблем связана с лавинным ростом потоков информации и скоростей ее обработки, что способствует сильной дифференциации направлений внутри лимногеологии. Все это требует выработки согласованной терминологической и методологической базы лимногеологии и подчеркивает важность мультидисциплинарного подхода к изучению как современных, так и ископаемых лимногенных структур.

Вторая группа проблем связана с принципиальными особенностями озер как динамических седиментационных систем. Так, гораздо меньшие объемы и изолированность озер по сравнению с морскими бассейнами, делают их чувствительными к изменению внешних условий, поэтому озерные отложения чрезвычайно информативны при палеогеографических и палеоклиматических исследованиях. Однако по этой же причине интерпретация озерных отложений затрудняется, вследствие: 1) краткосрочности и относительно малой репрезентативности палеолимнологических данных; 2) высокой фациальной изменчивости озерных отложений; 3) сложности датировки и корреляции озерных отложений традиционными биостратиграфическими методами. 4) нелинейного характера влияния климатических вариаций на озерное осадконакопление; 5) наложения климатически и тектонически обусловленных процессов, затрудняющее расшифровку озерных отложений; 6) наличия в озерных системах процессов саморазвития, таких как эвтрофикация, заболачивание и эволюция рассолов.

Особая группа проблем связана с исследованиями влияния техногенных факторов на состав вод и осадков современных озер. Это, в свою очередь, дает возможность выявления и решения экологических проблем, в которых озерные воды и осадки служат высокочувствительными индикаторами состояния окружающей среды. Авторы считают, что существующие проблемы могут быть успешно решены в ближайшей перспективе, если к ним будет привлечено большее внимание со стороны научного сообщества.

Gurkov A.N.[1, 2], Borvinskaya E.V.[1, 3], Shchapova E.P.[1], Rzhechitskiy Y.A.[1], Meglisnki I.V.[1], Timofeyev M.A.[1]

IN VIVO PH MONITORING IN THE CIRCULATORY SYSTEM OF FISHES AND CRUSTACEANS USING A MICROENCAPSULATED FLUORESCENT PROBE

[1]Irkutsk State University, 664025, Lenin st. 3, Irkutsk, Russia
[2]Baikal Research Centre, 664003, Lenin st. 21, Irkutsk, Russia
[3]Institute of Biology at Karelian Research Centre RAS, 185910, Pushkinskaya st. 11, Petrozavodsk, Russia
[4]University of Oulu, 8000, FI-90014, Oulu, Finland
a.n.gurkov@gmail.com

Dynamical tracking of physiological parameters of different animals is an important task for many areas of research. The task is particularly urgent in such fields as ecophysiology, biotesting and environmental monitoring, since the small size of objects in these fields does not allow repeated sampling of internal fluids of the organism for multiple measurements. It leads to use of high number of individuals during all experiments.

A perspective solution for this problem is application of implantable optical microsensors for measurements of physiological parameters directly in circulatory system of animals in real time. In this study optical microsensors were for the first time applied for tracking of pH alterations in circulatory system of animals on example of fishes *Danio rerio* and crustaceans *Eulimnogammarus verrucosus*.

pH-sensitive microsensors were prepared by encapsulation of a fluorescent probe SNARF-1 using lay-

er-by-layer approach. Fluorescence spectrum of SNARF-1 is sensitive to pH of the media, which allows pH assessments using combination of a fluorescent microscope (necessary for visualization of the microsensors) and a connected spectrometer.

Implanted microsensors demonstrated sensitivity to pH changes in circulatory system of the aquatic animals under hypercapnia and hypoxia.

The study was supported by grants from Russian Science Foundation (№ 17-14-01063) and Ministry of Education and Science of Russia ("Goszadanie", № 6.1387.2017/4.6).

Гурков А.Н.[1, 2], Борвинская Е.В.[1, 3], Щапова Е.П.[1], Ржечицкий Я.А.[1], Меглинский И.В.[1, 4], Тимофеев М.А.[1, 2]

ПРИЖИЗНЕННЫЙ МОНИТОРИНГ PH В КРОВЕНОСНОЙ СИСТЕМЕ РЫБ И РАКООБРАЗНЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОИНКАПСУЛИРОВАННОГО ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО СЕНСОРА

[1]ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», 664025, ул. Ленина 3, г. Иркутск, Россия
[2]АНО «Байкальский исследовательский центр», 664003, ул. Ленина 21, г. Иркутск, Россия
[3]Институт биологии Карельского научного центра РАН, 185910, ул. Пушкинская 11, г. Петрозаводск, Россия
[4]Университет Оулу, 8000, FI-90014, г. Оулу, Финляндия
a.n.gurkov@gmail.com

Задача динамического отслеживания физиологических параметров самых разных животных является актуальной для многих направлений современной науки. Особенно остро эта задача стоит для таких областей как экофизиология, биотестирование и экологический мониторинг водоёмов, поскольку небольшие размеры основных объектов исследований в данных областях не позволяют проводить повторный отбор внутренних сред организма для многократного измерения выбранных параметров. Это приводит к использованию большого количества особей в рамках каждого эксперимента.

Перспективным подходом к решению данной проблемы является применение имплантируемых оптических микросенсоров для измерения физиологических параметров непосредственно в кровеносной системе животных в реальном времени. В данной работе впервые была показана возможность применения оптических микросенсоров для отслеживания изменений pH в кровеносной системе животных на примере рыб *Danio rerio* и ракообразных *Eulimnogammarus verrucosus*.

pH-чувствительные микросенсоры были получены с помощью инкапсуляции флуоресцентного красителя SNARF-1 методом послойной адсорбции противоположно заряженных полимеров. SNARF-1 обладает спектром флуоресценции, чувствительным к pH среды, что позволяет оценивать pH с помощью комбинации флуоресцентного микроскопа, необходимого для визуализации имплантированных микросенсоров (в капиллярах жабр в случае рыб и в центральном кровеносном сосуде в случае ракообразных), и подключённого к нему спектрометра.

Вживлённые микросенсоры показали чувствительность к изменениям pH в кровеносной системе гидробионтов в условиях гиперкапнии и гипоксии.

Работа поддержана грантами РНФ (№ 17-14-01063) и Минобрнауки РФ (Госзадание, № 6.1387.2017/4.6).

Ibragimova A.G., Frolova L.A., Kosareva L.R., Nurgaliev D.K.

RECONSTRUCTION OF THE PAST CONDITIONS OF IVANOVO REGION USING SUBFOSSIL CLADOCERA ANALYSIS OF LAKE RUBSKOYE

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan
Ais5_ibragimova@mail.ru, Larissa.frolova@mail.ru, Lina.Kosareva@kpfu.ru, Danis.Nourgaliev@kpfu.ru

Due to a continuous increase of technogenic, industrial, agricultural, transport, recreational anthropogenic impact, revealing of natural and cultural landscapes needed especial protection and rational use becomes to be extremely urgent.

Such vulnerable natural ecosystems require particular attention and comprehensive studies. Thus, the study of bottom sediments of lakes, which are the natural archives of long-term environmental and climatic changes, allows to obtain adequate information about the geological past, and provides us the opportunity to build some climate models allowing to reveal trends in the development of climate in the future and to determine the direction of succession in the particular lakes.

It is widely known that Cladocera is an important group of organisms of modern aquatic ecosystems that inhabit all types of recent continental water bodies. Standard hydrobiological analysis can assess the current state of the lake, while the study of subfossils can explain changes in taxocenoses at all stages of the lake sedimentogenesis.

Chitin structures of the Cladocera exoskeleton preserve well in the bottom sediments (carapax, postabdomen, postabdomenal claws, mandibles, head shields, etc.) that allows to identify the remains up to species or generic ranks.

Rubskoe Lake (N 56°43′33″, E 40°36′51″) being a relict lake of glacial origin, is located in Ivanovo Area and belongs to the territories of special natural importance of the pan-European level.

In 2015 seismic-acoustic surveys were conducted with the further taking of five cores of 3-5 m length from lake bottom sediments by a hydraulic bottom core collector. Radiocarbon dating based on the accelerator mass spectrometery (AMS), conducted at the Institute of particle physics of the Federal University of technology of Switzerland (ETN), determined that the maximum sample age in the core as 13065 cal. 23 subsamples of sediments (with the step of 10 cm) were selected for a cluster analysis. Key-books for subfossil and recent

Cladocera were used to identify remains from the sediments.

The absence of the clear dominants is characteristic of of the subfossil Cladocera communities. Subdominants are *Chydorus* cf. *sphaericus* and *Bosmina (Eubosmina) longispina*. Initial stages of lake formation (13065 – 12037 cal. BP) is characterized by a low taxonomic diversity with the presence of species living on the open littoral (i.e. silted sands without thickets) – *Pleuroxus uncinatus*, *Disparalona rostrate* and dominance of *Chydorus* cf. *sphaericus*. The dominance of *Chydorus* cf. *sphaericus* is followed by the dominance of *Bosmina* (*Eubosmina*) *longispina*, dating from the age of 8489 cal. BP and continues to present. At the same time *Alona affinis* becomes to be a subdominant taxonis. The Shannon-Weaver index values are ranged from 1.66 to 3.37, average is 2.56+0,08. Index Pielou values are ranged from 0.29 to 0.6, with an average of 0.46+0,01. Such values characterises the community structure as not sufficiently aligned.

The attempts to explain the faunal succession and detailed analysis of incremental changes will be presented in our communication.

This work was funded by the subsidy allocated to Kazan Federal University for the state assignment in the sphere of scientific activities, by grants RFBR (projects №17-34-50129 and No. 18-35-00328).

Ieshko E.P.[1], Murzina S.A.[1], Shchurov I.L.[2], Shirokov V.A.[2], Zotin A.A.[3]

FRESHWATER PEARL MUSSEL *MARGARITIFERA MARGARITIFERA* L. IN THE MUTKAJOKI RIVER (PAANAJARVI NATIONAL PARK)

[1]Institute of Biology of the Karelian Research Centre RAS, 185910 Petrozavodsk, Pushkinskaya st., 11
[2]Northern Research Institute of fisheries (SevNIIRKH), 185001 Petrozavodsk, Varkausa emb., 3
[3]Koltzov Institute of Developmental Biology RAS, 119334 Moscow, Vavilova st., 26
murzina.svetlana@gmail.com

The conditions of cohabitation of the freshwater trout (*Salmo truttae* L.) juveniles and the freshwater pearl *Margaritifera margaritifera* L. in the Mutkajoki River (the tributary of Lake Paanoyarvi) were studied. Data that characterize the number, spatial distribution and age structure of juvenile trout and pearl mussel are presented. It was shown that the infection of the freshwater trout with glochidia, a parasite form of the freshwater pearl mussel larvae, in the Mutkajoki River has significant differences from the invasion rate of juveniles of trout and salmon in more southern areas. The results of comparative histological analysis of developmental rates of glochidia encysted on the gills of trout and salmon juveniles in different rivers are presented. The results of the research will be a scientific justification of arrangement development to conserve the Freshwater pearl mussel population in Paanoyarvi National Park.

The research was funded by the state budgetary themes KarRC RAS № 0221-2017-0042 and № 0221-2017-0050, and under the support of WWF Russia.

Иешко Е.П.[1], Мурзина С.А.[1], Щуров И.Л.[2], Широков В.А.[2], Зотин А.А.[3]

ПРЕСНОВОДНАЯ ЖЕМЧУЖНИЦА *MARGARITIFERA MARGARITIFERA* L. В РЕКЕ МУТКАЙОКИ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК ПААНОЯРВИ)

[1]Институт биологии - обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», 185910 Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11
[2]Северный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, 185001 Петрозаводск, наб. Варкауса, 3
[3]Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии развития имени Н.К. Кольцова РАН, 119334 Москва, ул. Вавилова, 26
murzina.svetlana@gmail.com

Исследованы условия совместного обитания молоди пресноводной кумжи (*Salmo truttae* L.) и пресноводной жемчужницы *Margaritifera margaritifera* L. в реке Муткайоки (приток озера Пааноярви). Приведены данные характеризующие численность, пространственное распределение и возрастную структуру молоди кумжи и жемчужницы. Показано, что зараженность кумжи глохидиями, паразитарная форма личинки жемчужницы, в реке Муткайоки имеет выраженные отличия от показателей инвазии молоди форели и лосося более южных районах. Представлены результаты сравнительного гистологического анализа темпов развития глохидиев, инцистированных на жабрах молоди форели и лосося в различных реках. Полученные результаты исследований послужат научным обоснованием разработки мер по сохранению популяции пресноводной жемчужницы в национальном парке «Пааноярви».

Финансовое обеспечение исследования осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН № 0221-2017-0042 и № 0221-2017-0050, а также при поддержке WWF Россия.

Itskovich V.B., Yakhnenko A.S., Sokolova A.M., Erpenbeck D.

SPECIES IDENTIFICATION OF FRESHWATER SPONGES (PORIFERA) BASED ON MULTILOCUS ANALYSIS

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
itskovich@mail.ru

Sponges (Porifera) are the most primitive multicellular animals and dominate the benthic biomass of many waterbodies, including Lake Baikal. Freshwater sponges (Porifera; Demospongiae; Spongillida) include more then 200 species. The endemic sponge family Lubomirskiidae is an example of species radiation in ancient Lake Baikal. It is a true species flock with 13 described species and two subspecies which are dominant

component of the benthos community in the lake. We performed for the first time multi-gene analyses of molecular phylogeny of Spondillidae and Lubomirskiidae using several molecular markers: Folmer's CO1 fragment, ITS1-5.8S-ITS2 region, D3 28S rDNA region and CO2-ATP6 intergenic mtDNA region. Our analyses support monophyly of monophyly *of Ephydatia fluviatilis, Ephydatia muellery,* and *Spongilla lacustris.* Molecular analyses revealed that *Lubomirskia* and *Baikalospongia* genera are not monophyletic. At the same time species *L. baicalensis, B. intermedia, B. bacilifera* and *B. recta* also do not form monophyletic clades. Discrepancy between molecular and morphology data revealed the need integrative taxonomic approach for species delimitation within Lubomirskiidae.

This study was done in the framework of the Basic project VI.50.1.4 (0345-2016-0002) by Federal Agency for Scientific Organizations and partially supported by RFBR grants No 17-04-01598, 17-44-388103.

Ivacheva M.A., Tikhonova I.V., Kuzmin A.V., Nikonova A.A., Potapov S.A., Zimens E.A., Belykh O.I.

BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES PRODUCED BY A BENTHIC BACTERIUM *SYNECHOCOCCUS* SP. BF2

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

Cyanobacteria are able to synthesize a wide spectrum of secondary metabolites, including biologically active substances that can be used in the medicine as inhibitors of various enzymes (Singh et al., 2017). The aim of this study was to identify biologically active substances produced by a culture *Synechococcus* sp. BF2 using mass-spectrometry.

The monoculture *Synechococcus* sp. BF2 was cultivated on a medium Z-8. The cyanobacterial biomass was dried at 60°C. Extracts were obtained with methanol and Folch reagent (extraction mixture for lipids and their derivatives). Water-soluble metabolites were analyzed on a mass-spectrometer MALDI-TOF/TOF "UltrafleXtreme" ("Bruker Daltonics GmbH", Germany). For gas chromatography, we examined samples on a chromate-mass-spectrometer "6890B GC System, 7000C GC/MS Triple Quad" (Agilent, USA) with a column "Optima-17MS" 30×0.25 mm (MACHEREY-NAGEL Germany).

The analysis showed that *Synechococcus* sp. BF2 produces several types and variants of metabolites of peptide origin. Aeruginosine is one the most promising metabolites in pharmacology: it is able to inhibit serine proteases (thrombin), proteases of cancer cells of some lineages (Wang, Goyal, 2009). *Synechococcus* sp. BF2 synthesizes 14 variants of aeruginosines. We also detected two variants of microginins, which had not been described before. Microginin is an inhibitor of an angiotensin-converting enzyme with the proved pharmacological activity (Wyvratt, Patchett, 1985). Toxic metabolites were also recorded: anabenopeptin 809 and the most dangerous variant of hepatotoxic microcystins – MC-LR. These compounds are able to inhibit proteases and elastase, as well as to provoke gastroenteritis and allergic reactions in a human. The production of microcystins by *Synechococcus* is new information for the members of this species.

The following linear hydrocarbons and their derivatives (esters and alcohols) were detected in the biomass of the strain under study: 1-heptadecane, 3-heptadecene, 1-octadecene, methyl-myristoleate, 13-methyltetradecenoic acid, 3,7,11,15-tetramethyl-2-hexadecene-1-ol, 3,7,11,15-tetramethylhexadecene-2-ene-1-yl acetate and 9-nonadecene, which can be used as biofuel. Moreover, methyl myristoleate in the membrane of cyanobacteria is a biologically promising substance. Currently, it is used as a food additive for arthrosis treatment (Lapina et al., 2016). Thus, *Synechococcus* sp. BF2 is a strain that is able to synthesize substances as a base of pharmacological drugs, as well as substances that can be used as a biofuel.

The work was supported by State Grants №0345-2016-0003, №0345-2016-0008 and RFBR Grant 18-34-00443.

Ивачева М.А., Тихонова И.В., Кузьмин А.В., Никонова А.А., Потапов С.А., Зименс Е. А., Белых О.И.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА, ПРОДУЦИРУЕМЫЕ БЕНТОСНОЙ ЦИАНОБАКТЕРИЕЙ *SYNECHOCOCCUS* SP. BF2

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

Цианобактерии способны к синтезу широкого спектра вторичных метаболитов, в том числе биологически активных веществ, которые могут быть использованы в медицине в качестве ингибиторов различных ферментов (Singh et al., 2017). Цель работы – идентификация биологически активных веществ, продуцируемых культурой *Synechococcus* sp. BF2, с использованием методов масс-спектрометрии.

Монокультуру *Synechococcus* sp. BF2 получали и культивировали на среде Z-8. Для анализа биомассу цианобактерий высушивали при 60°С, экстракты получали при помощи метанола и реактива Фолча (экстракционная смесь для липидов и их производных). Состав водорастворимых метаболитов анализировали на масс-спектрометре MALDI-TOF/TOF «UltrafleXtreme» («Bruker Daltonics GmbH», Германия). Для газовой хроматографии образцы анализировали на хромато-масс-спектрометре «6890B GC System, 7000C GC/MS Triple Quad» (Agilent, США) с колонкой «Optima-17MS» 30×0.25 мм (MACHEREY-NAGEL, Германия).

Анализ показал, что *Synechococcus* sp. BF2 продуцирует несколько типов и вариантов метаболитов пептидной природы. Эругинозины – одни из наиболее фармакологически перспективных метаболитов, они способны ингибировать сериновые протеазы (тромбин), протеазы раковых клеток некоторых линий (Wang, Goyal, 2009). *Synechococcus* sp. BF2 синтезирует 14 вариантов эругинозинов. Так-

же обнаружены два варианта неописанных ранее микрогининов. Микрогинины являются ингибиторами ангиотензин-превращающего фермента с уже подтвержденной фармакологической активностью (Wyvratt, Patchett, 1985). Выявлены и токсичные метаболиты: анабенопептин 809 и наиболее опасный вариант гепатотоксичных микроцистинов – MC-LR. Эти соединения способны ингибировать протеазы и эластазу, а также вызывать у человека гастроэнтериты и аллергические реакции. Продукция микроцистинов видом *Synechococcus* является новой информацией для представителей этого рода.

В биомассе исследуемого штамма обнаружены линейные углеводороды и их производные (сложные эфиры, спирты): гептадекан, 3-гептадецен, 1-октадецен, метил-миристолеат, метиловый эфир 13-метилтетрадеканеновой кислоты, 3,7,11,15-тетраметил-2-гексадецен-1-ол, 3,7,11,15-тетраметилгексадец-2-ен-1-ил ацетат, 9-нонадецен, которые могут быть использованы в качестве биотоплива. Кроме того, биотехнологически перспективным веществом является метилмиристолеат, содержащийся в мембранах цианобактерий. В настоящее время он используется в качестве пищевой добавки, предназначенной для лечения суставов (Lapina et al., 2016). Таким образом, *Synechococcus* sp. BF2 – штамм, способный к биосинтезу веществ, лежащих в основе фармакологических препаратов, а также веществ, которые могут быть использованы в качестве биотоплива.

Работа выполнена в рамках гос. заданий №0345-2016-0003, №0345-2016-0008 и гранта РФФИ №18-34-00443.

Izimetova M.F.

HYDROCHEMICAL REGIME OF SOME BRACKISH AND SALINE LAKES OF THE CHELYABINSK REGION

Ural Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution «State Scientific-and-Production Center of Fishery», Ekaterinburg
izimetova.marya.3105@yandex.ru

The report presents the results of the study lakes the Bolshie Irdjagi, Kurladi, Kurgi, Duvankul in many years (1956-2017 y.). The objective is to assess changes in the dynamics of hydrochemical parameters of some brackish and saline lakes of the Chelyabinsk region.

Изиметова М.Ф.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ НЕКОТОРЫХ СОЛОНОВАТЫХ И СОЛЁНЫХ ОЗЕР ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Уральский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр», г. Екатеринбург
izimetova.marya.3105@yandex.ru

В работе приводятся результаты изучения гидрохимического режима озер Большие Ирдяги, Курлады, Курги, Дуванкуль, выполненных в рамках рыбохозяйственных исследований. Целью данной работы является оценка изменения динамики гидрохимических показателей (жесткости, минерализации, цветности, перманганатной окисляемости и др.) некоторых солоноватых и соленых озер Челябинской области за многолетний период (1956-2017 гг.).

Озеро Большие Ирдяги расположено в Аргаяшском районе рядом с поселками Кузнецкое и Губернский. Озеро округлой формы. Вдоль берега местами идет бордюр из тростника и рогоза. Озеро Курлады расположено вблизи города Копейска в Красноармейском районе. Озеро овальной формы, вытянутой с юга на север. Береговая линия слабо изрезанная, берега топкие, покрыты зарослями тростника и рогоза. Озеро Курги находится в восточной части Аргаяшского района. Озерная котловина эрозионно-тектонического происхождения. Озеро бессточное, южный и западный берега заболочены. В прибрежной части распространены заросли тростника и камыша. Озеро Дуванкуль – типичное равнинное озеро, находится в Увельском районе Челябинской области, не имеет постоянных питающих водотоков. Источники питания – поверхностный сток в период половодья, искусственный приток. Все водоемы расположены в лесостепной зоне Челябинской области. Литературные данные о составе воды исследуемых водоемов отрывочны (Андреева, 1973; Черняева и др., 1977). Морфометрические и гидрохимические характеристики (констатированный минимум-максимум за исследуемый период) озер представлены в таблице.

Таблица – Морфометрическая и гидрохимическая характеристика исследуемых водоемов

Параметры, ед.изм	Оз. Большие Ирдяги	Оз. Курлады	Оз. Курги	Оз. Дуванкуль
Уровень, м	270	184	216	209
Площадь, км²	5,64	30,0	11,2	40,8
Глубина средняя, м	2,0	1,1	4,1	3,0
Глубина максимальная, м	3,0	2,9	5,6	5,3
Класс воды	C^{Na}, $C^{Na, Mg}$	Cl^{Na}	Cl^{Na}	Cl^{Na}
Минерализация, мг/дм³	596 – 1097	2421 – 6400	4903 – 7053	1254 – 12605
pH, ед.	7,4 – 9,9	7,8 – 9,1	9,0 – 9,1	7,5 – 9,6
Жесткость общая, ºЖ	6,2 – 8,6	13,2 – 25,0	28,9 – 40,3	6,2 – 80,0
Прозрачность, м	0,2 – 1,4	0,2 – 0,8	2 – 4,8	0,5 – 2,4
Цветность, градус цветности	14,5 - 115	5,0 – 197	18,0	от < 2,0 до 160
Перманганатная окисляемость, мгО/дм³	10,4 – 18,7	5,0 – 45,5	24,4 – 29,7	8,2 – 72,0

Гидрохимический режим оз. Большие Ирдяги в целом остается неизменным, по сравнению с предыдущими годами (1964-2013) отмечается повышенное содержание магния и сульфат-ионов. Результаты наблюдений за оз. Курлады свидетельствуют о том, что гидрохимический режим водоема достаточно стабилен. В 2017 году анионно-катионный состав воды озера сменился на сульфатный класс натриево-магниевой группы, ранее для водоема было характерно иное соотношение между ионами – хлоридный класс натриевой группы. Гидрохимический режим оз. Курги устойчивый, на современном этапе, как и ранее, вода хлоридного класса натриевой группы. Гидрохимический режим оз. Дуванкуль сходен по своим основным чертам с другими солоноватыми озерами Уральского региона. Большинство показателей качества воды в настоящее время находится в пределах значений, отмеченных в течение многолетнего периода наблюдений.

Izosimova O.N.

A METHOD FOR CONTROL OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS IN THE LAKE BAIKAL WATER

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
izosimova@lin.irk.ru

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are included in the number of persistent organic compounds. Some substances of this class are recognized for control since they possess mutagenic, carcinogenic and toxic properties. Therefore, it is necessary to continuously monitor the flow and distribution of these substances in the environment. It has been offered a simple, fast and accurate analytical method for the determination of priority PAHs. This method based on the extraction of the target components by n-hexane (sample volume is 0.1 dm^3, concentration coefficient is 10^2) and direct analysis of the extracts with the chromatography-mass spectrometry. The method was tested on samples of Baikal water, river water and precipitation collected in background and urban areas.

Изосимова О.Н.

МЕТОД КОНТРОЛЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОДЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
izosimova@lin.irk.ru

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) включены в число стойких органических загрязняющих веществ, их возможное присутствие в объектах окружающей среды оценивается соответствующими нормативными документами. Агентством по охране окружающей среды США (EPA USA) для контроля ПАУ в природных средах выбраны 16 приоритетных соединений, Европейской комиссией ЕС – 8 аренов. В России в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, в питьевой воде нормируется одно соединение этого класса – бенз[а]пирен, который рассматривается как маркер других ПАУ. Ряд приоритетных ПАУ характеризуется широким диапазоном значений физико-химических свойств, в частности, растворимостью в воде и летучестью. Вследствие высокой растворимости в водных объектах доминируют низкомолекулярных ПАУ из приоритетного ряда, в то время как гидрофобные высокомолекулярные арены сорбируются на твердых частицах взвеси, переходят в донные отложения и присутствуют в воде на «следовом» уровне концентраций. В водоемах с фоновым загрязнением, например в озере Байкал, содержание ПАУ минимально, соответствует уровне ppm, в выделенных фракциях доминируют арены, имеющие два-три цикла в структуре. При анализе подобных проб, на стадии концентрирования экстрактов, повышается риск потери части ПАУ из указанной группы из-за их высокой летучести и, как следствие, занижения результатов количественного определения.

Для контроля в воде Байкала предложен простой, быстрый и точный способ определения приоритетных ПАУ основанный на экстракции целевых компонентов в *н*-гексан ($V_{пробы}$ = 0,1 $дм^3$, $k_{конц}$ пробы = 10^2) и прямом анализе экстрактов с применением метода хромато-масс-спектрометрии. Ограниченное число мешающих и сопутствующих компонентов в экстрактах подобных проб воды дает возможность регистрировать разрешенные пики аренов, доминирующих во фракции ПАУ, за короткий хроматографический цикл – до 17 мин. Нижняя граница определения для нафталинов оценена уровнем 1,0 нг/$дм^3$, для высокомолекулярных ПАУ, в том числе бенз[а]пирена, - 0,2 нг/$дм^3$ (ПДК для этого канцерогена в питьевой воде равна 1 нг/$дм^3$). Необходимо отметить, что определение бенз[а]пирена на указанном уровне концентрации возможно при концентрировании получаемых экстрактов (V = 1 $см^3$) до объема ~ 0,1 $см^3$ и увеличении времени хроматографии до 30 мин, причем концентрирование экстрактов не сопровождается значимыми потерями высокомолекулярных ПАУ и снижением воспроизводимости результатов определения

Методика апробирована на образцах байкальской воды, речной воды и атмосферных осадков, собранных на фоновых и городских территориях. В воде Байкала ПАУ обнаружены в диапазоне концентраций от <0,2 до 20 нг/$дм^3$ (для индивидуальных соединений). К доминирующим компонентам в исследованных образцах отнесены нафталины (нафталин, 1-метилнафталин и 2-метилнафталин), суммарное содержание которых (от 5,0 до 20 нг/$дм^3$) достигает 80 % от общего количества обнаруженных ПАУ. Концентрация бензо[а]пирена и дибензо[а, h]антрацена, обладающих канцерогенными свойствами, в образцах воды пелагиали озера не превышала уровня 0,2 нг/$дм^3$. Показано, что область применения методики может быть расширена для анализа проб воды прибрежной зоны и поверхностного микрослоя, отличающихся более высоким содержанием ПАУ. В атмосферных осадках, собранных в город-

ской зоне, качественный состав идентифицированных аренов характеризуется более широким рядом соединений, в том числе присутствием индено[1,2,3-c,d]пирена, бенз[g,h,i]перилена и бенз[a]пирена.

Содержание обнаруженных ПАУ в воде Байкала, в речной и снеговой воде, нг/дм^3

Район отбора проб	Σ ПАУ	Σ нафталинов (% от Σ ПАУ)	Бенз[a]пирен
Пелагиаль озера Байкал, 5 м, центральные точки в трех котловинах	9,3-33; n=9*	5,5-20 (47-79)	< 0,2 (<0,2 ПДК)
Прибрежная зона, п. Листвянка, 100 м от берега	18-220**; n=8*	12-130 (58-68)	< 0,2 (<0,2 ПДК)
Притоки Южного Байкала	7,3-17; n=6*	1,1-4,6 (15-40)	< 0,2 (<0,2 ПДК)
Поверхностный водный микрослой озера Байкал, южная котловина	89-289; n=12*	71-257 (78-89)	0,2-0,5 (0,2-0,5 ПДК)
р. Ангара в черте г. Иркутска	36-95; n=2*	28-75 (75)	< 0,2 (<0,2 ПДК)
Атмосферные осадки:			
свежевыпавший снег в парковой зоне г. Иркутска;	410-610; n=2*	210-220 (34-55)	0,2-4,1 (0,2-4,1 ПДК)
снежный покров в Восточных Саянах (фоновый район Нилова пустынь);	360-470; n=2*	330-430 (88-94)	<0,2 (<0,2 ПДК)
дождь в парковой зоне г. Иркутска	340-420; n=2*	63-150 (18-37)	1,7-5,8 (1,7-5,8 ПДК)

Примечание: * n – число проанализированных образцов

Предложенная методика отличается от известных аналитических решений минимальным объемом анализируемого образца (0,1 дм^3), что позволяет отбирать статистически значимого число проб при мониторинговых исследованиях, проводить исследования при ограниченном объеме отбираемых проб (труднодоступные территории, поверхностный микрослой, атмосферные осадки). Минимальный объем экстрагента (1 мл на 100 мл образца воды) и однократная экстракция резко сокращают расход органического растворителя и его количества для последующей утилизации. Методика имеет высокую степень востребованности для контролирующих органов Иркутской области и Республики Бурятия в рамках создания системы контроля СОЗ в водной экосистеме Байкала.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ФАНО России (проект № 0345–2016–0008, № гос. рег. АААА-А16-116122110065-4) на оборудовании приборного ЦКП физико-химического ультрамикроанализа ЛИН СО РАН и поддержано грантом РФФИ (проект № 18-34-00309, № гос. рег. АААА-А18-118032190039-1).

Kalinkina N.M., Sidorova A.I.

INVASION OF BAIKALIAN AMPHIPOD *GMELINOIDES FASCIATUS* STEBBING INTO LAKE ONEGO: ADAPTATION AND FUNCTIONING

Karelian Research Centre RAS, Northern Water Problems Institute, Russia, Petrozavodsk, Nevsky st., 50
cerioda@mail.ru

The ways of invasion of Baikalian amphipod *Gmelinoides fasciatus* Stebbing in Lake Onego are considered. The results of investigation of this species population dynamics on the littoral of Petrozavodsk Bay, one of the large bays of Onego Lake are presented. It is shown that the development of two generations of *G. fasciatus* is provided by the necessary number of degree days (2281-2349). The main factors which determine the highest numbers, biomass and production of *G. fasciatus* in the Onego Lake are protected conditions (macrophyte thickets, rugged littoral). The species-invader in the Onego Lake is an object of fish food, it determines its active role in the processes of transport of matter and energy from the littoral zone to the pelagic part of the lake.

Калинкина Н.М., Сидорова А.И.

ВСЕЛЕНИЕ В ОНЕЖСКОЕ ОЗЕРО БАЙКАЛЬСКОЙ АМФИПОДЫ *GMELINOIDES FASCIATUS* STEBBING: АДАПТАЦИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ

Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр РАН»
Институт водных проблем Севера РФ, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50
cerioda@mail.ru

Около 40 лет назад из оз. Байкал в верхние водохранилища Волги и озера Карельского перешейка была занесена амфипода *Gmelinoides fasciatus* Stebbing с целью улучшения кормовой базы рыб и увеличения рыбопродуктивности водоёмов-реципиентов. По системам рек и озер (в том числе, с балластными водами судов) этот вид распространился в водоемах северо-западного региона России. В настоящее время вид *G. fasciatus* является одним из доминирующих на литорали Онежского озера. В 2006 году байкальский вид был встречен практически на всей литорали этого водоема. В различных биотопах, где отсутствует влияние антропогенного фактора, его численность варьирует в пределах 1,2–

18,8 тыс. экз./м^2. В настоящее время отмечается успешная натурализация *G. fasciatus* на литорали Петрозаводской губы – одного из крупных заливов Онежского озера. На песчано-каменистых участках литорали с зарослями макрофитов, а также на открытых типах литорали для амфиподы *G. fasciatus* характерен одногодичный жизненный цикл с генерациями прошлого и текущего года. Отмечается два пика численности и два–три пика биомассы. Об успешной адаптации вида *G. fasciatus* к условиям литорали Онежского озера свидетельствуют сопоставимые данные по его численности и биомассе в Онежском озере и в других водоемах-реципиентах, а также в оз. Байкал. На литорали Петрозаводской губы Онежского озера успешная адаптация вида *G. fasciatus* обеспечивается необходимым количеством градусо-дней (2281-2349). Исследования 2010 г. показали, что на литорали Петрозаводской губы Онежского озера температура и кормовые условия не лимитировали развитие популяции вида *G. fasciatus*. Факторами, определяющими наиболее высокие показатели численности, биомассы и продукции *G. fasciatus*, оказались затишные условия, а именно, наличие небольших бухт и зарослей макрофитов. На городской части литорали Петрозаводской губы показатели численности, биомассы и продукции популяции рачков были минимальными. Это связано с загрязнением береговой линии ливневыми водами г. Петрозаводска, токсичность которых для *G. fasciatus* была доказана в экспериментах. Байкальская амфипода *G. fasciatus* является пищевым объектом рыб Онежского озера. Таким образом, проникшая в ходе акклиматизационных работ в водоемы северо-западного региона России байкальская амфипода *G. fasciatus* успешно адаптировалась на литорали Онежского озера и оказывает на экосистему водоема заметное влияние. В настоящее время отмечается возрастание продукционных характеристик литоральных ценозов, ускорение процессов утилизации в литоральной зоне органического вещества. Поскольку амфипода *G. fasciatus* в Онежском озере является объектом питания многих видов рыб, это определяет активную роль данного вида в процессах переноса вещества и энергии из прибрежной зоны в глубоководную часть озера.

Kalitina E.G.[1], Kharitonova N.A.[2]

MICROBIAL COMMUNITY OF THE KULDUR HOT SPRINGS AND THEIR ROLE IN THE ACCUMULATION OF TRACE ELEMENTS AND MINERAL FORMATION

[1]Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok, prospect 100 years Vladivostok 159
[2]Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskiye Gory, Moscow
microbiol@mail.ru

We have studied the distribution and number of different functional groups of bacteria in the thermal waters of Kuldur, as well as the role of microbial communities in the accumulation of trace elements and the formation of minerals. The results of the study showed an uneven distribution of functional groups of bacteria in different wells and their low number. In all studied microbial mats noted the maximum concentration of vanadium, cobalt, uranium and lead, least accumulated arsenic, lithium, rubidium. The formation of calcite, quartz, plagioclase and chlorite in microbial mats is shown.

Калитина Е.Г.[1], Харитонова Н.А.[2]

МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА КУЛЬДУРСКИХ ГОРЯЧИХ ИСТОЧНИКОВ И ИХ РОЛЬ В НАКОПЛЕНИИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИИ

[1]Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, проспект 100 лет Владивостоку 159
[2]Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Ленинские горы 1
microbiol@mail.ru

Микроорганизмы играют важную роль в геохимическом круговороте веществ, используя широкий спектр элементов, в процессе жизнедеятельности, они приводят в движение биогеохимические циклы, которые намного превосходят по скорости неорганические реакции. Выяснение роли бактерий, населяющих термальные воды и бактериальные маты, в процессах концентрирования элементов и образования минералов является актуальным. В связи с этим целью работы было изучить распределение и численность различных функциональных групп бактерий в термальных водах и микробных матах источников Кульдур и выявить их роль в накоплении микроэлементов и формировании минералов.

Пробы термальных вод и микробных матов отбирали в августе 2015 года, соблюдая условия стерильности. Пробы микробных матов упаковывались с сохранением структуры, а в лабораторных условиях разделялись на слои и сушились. Пробы воды до лаборатории хранили в холодильнике не более суток. Для выявления и культивирования различных групп бактерий использовали традиционные методы практической микробиологии. Численность различных эколого-трофических групп бактерий определяли методом предельных разведений и методом Коха. Фазовый состав минералов определяли с помощью ренгено-фазового анализа на дифрактометре D-8 Advance, Bruker. Для этого пробы микробных матов сушили в лабораторных условиях и тщательно перетирали в агатовых ступках. Навеску помещали в кювету и снимали дифрактограммы. Интенсивность отражений оценивали из дифрактограмм по высоте пиков.

Результаты микробиологических исследований показали неравномерное распределение функциональных групп бактерий в разных скважинах и их низкую численность. Наименьший состав эколого-трофических групп бактерий и их минимальное количество отмечено в скважинах подземных вод № 1-87, 2-87, что определялось более высокой температурой вод (72°С). В подземных термальных водах скважин №1-87 и 2-87 преимущественно развивались тионовые бактерии. Воды скважин № 3-87, 3-51 и

5-51 характеризовались развитием наибольшего количества групп микроорганизмов, среди которых преобладали тионовые бактерии и микроорганизмы геохимического цикла железа и марганца. В микробных матах значительно преобладали сапрофитные бактерии. Микроорганизмы в процессе своей жизнедеятельности были способны накапливать различные элементы и формировать минералы. Результаты исследований показали, что микробные сообщества были способны накапливать высокие количества различных микроэлементов, концентрация которых превышала их количество в воде в 94 (мышьяк) – 1185050 раз (ванадий). Во всех изученных микробных матах меньше всего накапливались мышьяк, литий, рубидий, галлий, при этом значения коэффициента биологического накопления (КБН) были довольно высоки и составляли 1,97-3,07 соответственно. Довольно сильно концентрировались в микробных матах цинк, медь, никель, хром, скандий и барий, при этом значения КБН изменялись от 4,09 (Zn) до 4,93 (Ba). Максимально высокие значения КБН отмечали в матах для ванадия (6,07), кобальта (5,88), урана (5,60) и свинца (5,26). Такое высокое концентрирование ванадия в микробных матах можно объяснить тем, что элемент хорошо концентрируется многими живыми организмами и его высокие количества находят в захороненных и частично метаморфизированных остатках органического вещества. В микробных сообществах также происходили процессы биогенного минералообразования. По результатам ренгено-фазового анализа показано, что во всех изученных микробных матах происходило образование кварца, плагиоклаза, хлорита и кальцита. Осаждение карбонатов может быть обусловлено усиленным притоком минерализованных вод из глубины и резким изменением pH в зоне фотосинтеза. Таким образом, полученные результаты показывают, что микробные сообщества термальных источников Кульдур населены разнообразной микрофлорой и играют важную роль в накоплении микроэлементов и образовании различных минералов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ № 14-17-00415, а также гранта РФФИ № 18-05-00445.

Kanaya G.[1], Yadrenkina E.N.[2], Okano J.[3], Shikano S.[3], Yurlova N.I.[2]

INTERANNUAL CHANGES IN δ^{15}N-BASELINE AND TROPHIC STRUCTURE IN A WEST SIBERIAN FOREST-STEPPE LAKE-SWAMP-STREAM FOOD WEB: COMPARISON BETWEEN DROUGHT AND FLOOD YEARS

[1]National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Japan
[2]Institute of Systematics and Ecology of Animals, SB RAS, Novosibirsk, Russia
[3]The Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, Sendai, Japan
gen@nies.go.jp

Interannual changes in aquatic food webs were investigated using carbon and nitrogen stable isotope ratios (δ13C and δ15N) measured from three locations along a lake-swamp-stream system in the West Siberian Plain (Chany Lake and Kargat River) in August 2009 and 2010, as well as published isotopic data sets collected from the lower Kargat River in August 2005 (Kanaya et al., 2009 Mar Freshw Res 60:510–518). Samples of organic matter sources and aquatic consumers, including particulate organic matter (POM), epiphytes, macrophytes, terrestrial plants, sediment organic matter (SOM), zooplankton, benthic invertebrates, and fish were collected from Malye Chany Lake (St. M), Kargat River Estuary (St. A), and the middle of the Kargat River (St. B), along a 90-km lake-catchment area (Fig. 1).

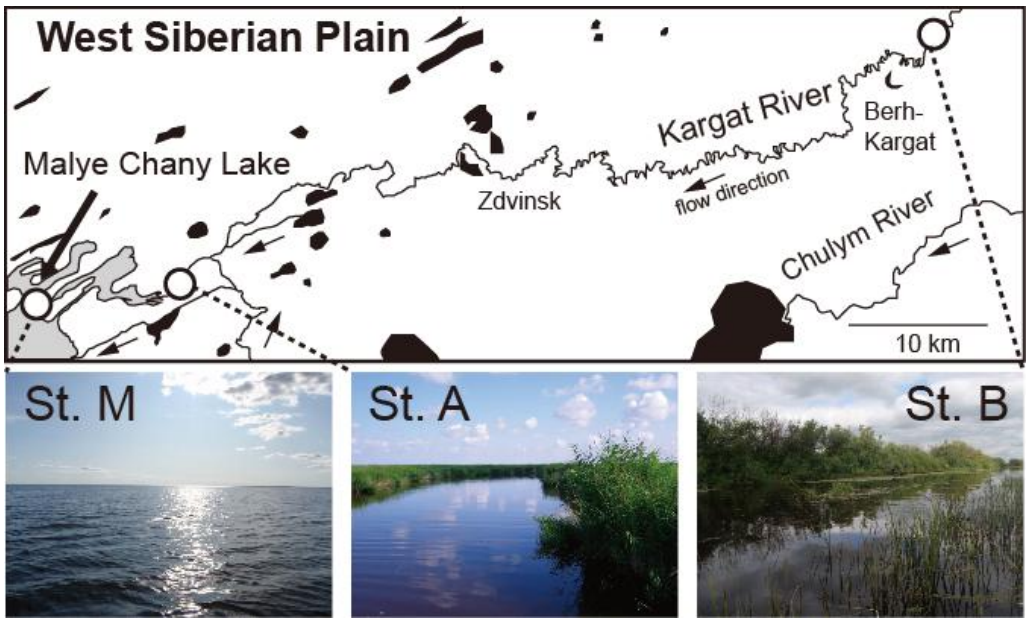


Fig. 1 Map and photos of sampling stations in Lake Chany and Kargat River.

The studied years, 2009 and 2010, were characterized by distinctly different amounts of summer precipitation. Precipitation in June and July (the two months prior to the sampling period) was much higher in 2009 (201 mm) than in 2010 (124 mm), leading to much higher rate of flow in the middle of the Kargat River (St. B).

The δ15N signatures of all sample groups, including primary producers (using POM as a proxy for phytoplankton, epiphytes, and plants) and aquatic consumers (both herbivores and predators), were significantly higher in 2009 than in 2010 (2-way ANOVA, $p < 0.0001$, Fig. 2). Interannual changes in δ15N ranged from 3.0 to 4.1‰ for organic matter, 3.9 to 7.3‰ for plants, 1.2 to 5.4‰ for zooplankton, 4.4 to 4.9‰ for benthic invertebrates, and 2.0 to 7.2‰ for fish among the three sampling stations, and the interannual variation was much larger at the upper reaches of the waterway (i.e., St. M < St. A << St. B). Significant interannual changes in δ13C were also detected in some producers and consumer groups: δ13C signatures of POM, zooplankton, and macroinvertebrates were much higher in 2009 than in 2010, whereas epiphytes and plants (mostly macrophytes) showed an inverse trend. The changes in stable isotope signatures indicate that the trophic structure and δ15N baseline of the aquatic food web changed substantially between the two years.

The 13C-enrichment of benthic producers (epiphytes and macrophytes) in 2010 is likely due, at least in part, to the limited supply of dissolved inorganic carbon (DIC) available when water flow rate is low, leading to a large isotopic fractionation during photosynthesis. In contrast, the lower δ13C of POM in 2010 possibly reflects the increased phytoplanktonic biomass (generally more 13C-depleted than detritus) in the riverine POM pool under conditions of water stagnation. Microbial denitrification, prevalent in swamp sediments under reduced conditions, is likely an important source of 15N-enriched nutrients. In general, microbial denitrification induces a large isotopic fractionation, resulting in 15N-enrichment within the retained nitrogen pool (e.g., 15NO3-). Hence, the distinctive 15N-enrichment observed throughout the food web may have been due to the inflow of heavy N from the catchment after extraordinarily heavy summer precipitation. In Siberian forest-steppe ecosystems, pulsed precipitation events may induce the mass transport of nutrient stock from the catchment to rivers, leading to changes in the structure and function of aquatic food webs across the lake-watershed area.

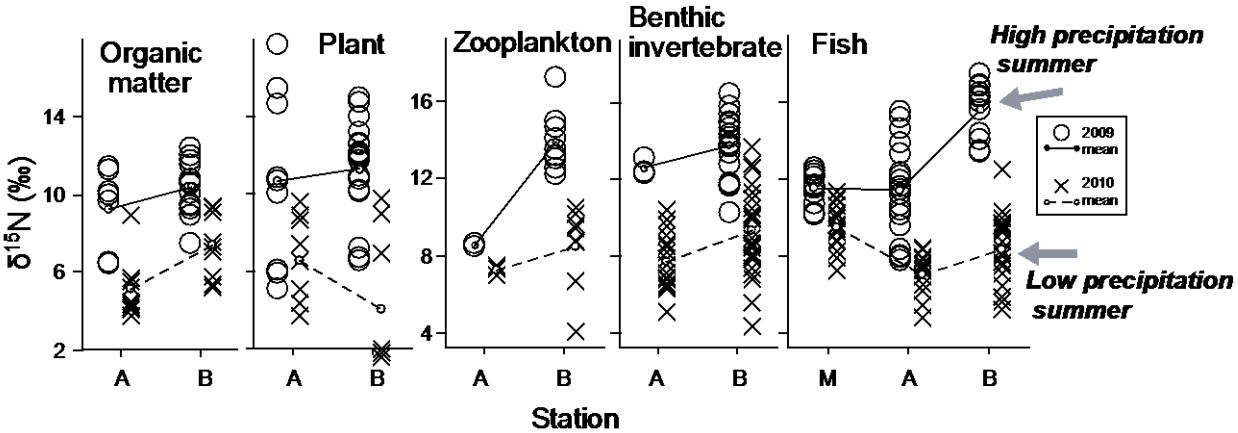


Fig. 2 Interannual changes in $\delta^{15}N$ of producer and consumer groups at sampling stations in 2009 and 2010.

Karnaukhova G.A.

MANAGED LEVEL MODE AS A LEADING FACTOR OF THE CYCLICITY OF TRANSGRESSIVE-REGGRESSIVE SEDIMENTATION IN THE WATER RESERVOIRS OF THE ANGARA CASCADE

Federal State Budgetary Institution of Science Institute of the Earth's Crust SB RAS
karnauh@crust.irk.ru

The aim of this work is to study the transgressive-regressive sedimentation in the reservoirs of the Angara cascade under conditions of controllability of their level regime. It is established that the controlled level regime of reservoirs promotes the manifestation of a pronounced alternation of regional transgressions and regressions that determine the cyclicity of sedimentation in reservoirs.

Man-made reservoirs on the Angara River have a controlled level regime, determined by imposing an anthropogenic factor on their internal cycles. Such a regime is conditioned, first of all, by the needs of hydropower, by the needs of water users and water users, and, secondarily, by internal cycles of reservoirs. A characteristic feature is the life of reservoirs in conditions of alternating periods of their exploitation at low (regression) and high levels (transgression). The controlled level regime forms the cyclicity of sedimentation and its transgressive-regressive type in reservoirs of the Angara cascade. The transgressions and regressions of the reservoirs of the Angara cascade have a temporal synchrony of their course. During the operation of the reservoirs of the Angara cascade, we identified 4 sedimentary cycles. Each cycle begins with the onset of a transgression and ends with the end of the regression. The first cycle occurred in 1967-1982, the second was recorded in 1983-1992, the third cycle – 1993-2003, and the fourth cycle fell for 2004-2017.

Карнаухова Г.А.

УПРАВЛЯЕМЫЙ УРОВЕННЫЙ РЕЖИМ КАК ВЕДУЩИЙ ФАКТОР ЦИКЛИЧНОСТИ ТРАНСГРЕССИВНО-РЕГРЕССИВНОГО ОСАДКООБРАЗОВАНИЯ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ АНГАРСКОГО КАСКАДА

ФГБУН Институт земной коры СО РАН, Россия, Иркутск, Лермонтова, 128
karnauh@crust.irk.ru

Искусственные водоемы на реке Ангаре имеют управляемый уровенный режим, определяемый наложением антропогенного фактора на их внутренние циклы. Такой режим обусловлен, в первую очередь, потребностями гидроэнергетики, нуждами водопользователей и водопотребителей, и, только во вторую очередь – внутренними циклами водохранилищ. Характерной чертой является жизнь водохранилищ в условиях чередования периодов их эксплуатации при низких (регрессии) и высоких уровнях (трансгрессии). Целью работы является изучение трансгрессивно-регрессивного осадкообразования в водохранилищах Ангарского каскада в условиях управляемости их уровенного режима.

Управляемый уровенный режим формирует в водохранилищах Ангарского каскада цикличность осадкообразования и его трансгрессивно-регрессивный тип. Трансгрессии и регрессии водохранилищ Ангарского каскада обладают временной синхронностью их протекания. За период эксплуатации водохранилищ Ангарского каскада нами выделено 4 осадочных цикла. Каждый цикл начинается с наступлением трансгрессии и заканчивается с окончанием регрессии. Первый цикл пришелся на 1967-1982 гг., второй отмечен в 1983-1992гг., третий цикл – 1993-2003 гг. и четвертый цикл выпал на 2004-2017 гг.

Каждая трансгрессия характеризуется активизацией абразионных процессов в береговой зоне и поставкой огромных масс размытого материала, идущего на формирование осадочного комплекса водохранилищ. Интенсивность поступления абразионного материала при стоянии высоких уровней воды зависит от геологического строения и прочностных свойств пород береговой части водохранилищ. Суммарное ежегодное поступление абразионного материала в водохранилища во время трансгрессий составляет более 224 млн. т. Из этой величины около 220 млн. т представлено абразионным материалом Братского водохранилища. В Иркутском водохранилище на долю абразионного материала приходится 77,9% от суммарного поступления, в Братском – 98,8%, в Усть-Илимском – 87,1%.

Величина ежегодно отлагающегося слоя осадков в пределах прибрежных отмелей составляет от 0,28 мм/год на Иркутском водохранилище до 125-129 мм/год на Усть-Илимском и 244-500 мм/год – на Братском. Минимальные скорости осадконакопления приходятся на самые глубоководные зоны водоемов и на участки, где отсутствуют абразионные берега. Средняя величина скорости осадконакопления по основной акватории водохранилищ составляет (мм/год) 0,1 – на Иркутском, 3,2 – на Братском и 1,2 – на Усть-Илимском. При этом аккумуляция для осадков разного гранулометрического состава неодинакова. Так, отложение песков в глубоководной части Братского водохранилища идет со скоростью 17 мм/год, Иркутского и Усть-Илимского – 2 мм/год, крупных алевритов – 9 и 3, мелкоалевритовых илов – 13 и 2, алевритово-глинистых илов – 11 и 2 соответственно.

Каждая регрессия сопровождается переустройством профиля подводной и надводной частей водохранилищ. При низких уровнях прекращается абразия береговых уступов водохранилищ, размывается материал, отложившийся в предыдущие годы в прибрежной зоне водоемов. Наибольшие размывы приходятся на отмели, сложенные крупноалевритовым материалом. Менее активны абразионные процессы на участках с песчаными отмелями. Материал размыва отмелей, сформированных при трансгрессии, перемещается на более низкие батиметрические отметки. Объемы материала, поступающего в водохранилища, сокращаются в среднем в 4 раза по сравнению с периодами трансгрессий.

Темпы аккумуляции в прибрежной зоне колеблются от 0 до 51 мм/год в зависимости от состава абрадируемого материала и значительно уступают таковым в периоды трансгрессий. Так, размываемые пески нивелируют дно вблизи области размыва, не выходя за ее пределы, скорость накопления которых в глубоководной зоне является нулевой. В то же время тонкодисперсные частицы выносятся в глубоководную часть водохранилищ, где и осаждаются, накапливаясь на дне с практически той же скоростью, что и при трансгрессиях. При этом наименьший темп наблюдается в Иркутском и Усть-Илимском водохранилищах, средние значения накопления крупных алевритов в которых составляют 4 мм/год, мелкоалевритовых илов – 2 мм/год и локально до 3 мм/год алевритово-глинистых илов. В Братском водохранилище интенсивнее аккумулируются алевритово-глинистые илы – 13 мм/год. Несколько меньше скорость накопления крупных алевритов – 10 мм/год и за ними идут мелкоалевритовые илы – 8 мм/год.

Таким образом, управляемый режим уровней водохранилищ Ангарского каскада способствует цикличности осадконакопления и формированию трансгрессивно-регрессивных комплексов донных отложений. За период эксплуатации водохранилищ нами выделено 4 осадочных цикла. Основным источником осадочного материала при трансгрессиях являются абразионные берега водохранилищ, в периоды регрессий – прибрежные отмели, сформированные при стоянии высоких уровней. Наибольшую скорость осадконакопления при трансгрессиях имеют осадки с доминированием песчаной компоненты – пески и крупные алевриты. Во время регрессий возрастает темп накопления алевритово-глинистых илов.

Karnaukhov D.Yu., Dolinskaya E.M., Biritskaya S.A., Silow E.A.

SOME FEATURES OF THE HORIZONTAL MIGRATORY ACTIVITY OF THE PELAGIC AMPHIPOD *MACROHECTOPUS BRANICKII* (DYB.) IN THE LITTORAL ZONE OF LAKE BAIKAL

Irkutsk State University
karnauhovdmitrii@gmail.com

As in many other large water bodies one might observe daily vertical migrations of hydrobionts in Lake Baikal. For example, the only known freshwater pelagic amphipod *Macrohectopus branickii* (Dyb.) starting vertical rise from the water column to the surface after dusk, and then, probably in a passive way as some authors suggested, the horizontal migration of that amphipod to the littoral zone occurs. The aggregation of *M. branickii* mix with migrating benthic amphipods, cottoid fish, and meiofauna in the littoral of Baikal forming unified migratory community that has been observing for several years.

The observations of that community are carried out by means of distant video recording system, and obtained video is processed with the special method. As a result of that method a specific measurement unit, a number of specimens per frozen frame, was obtained. The data obtained by the video recording system supplemented with the data obtained by plankton Juday net. We conducted both overnight (20 minutes long observations every two hours) and one-time observations after the sunset (depending on the season).

The results of the analysis of the video observations displayed that *M. branickii* was not found in the littoral zone during the under the ice period. Single specimens as well as mass aggregations (according to the previously published data) start to occur only in the sublittoral. Completely different picture might be seen during the spring and summer when aggregations of *M. branickii* might approach to the shore line in the zone of shallow depth (1.5-5 m).

The study was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation 6.1387.2017/ПЧ and Grant of The Lake Baikal Foundation for Environmental Applications and Research.

Карнаухов Д.Ю., Долинская Е.М., Бирицкая С.А., Зилов Е.А.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ МИГРАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ПЕЛАГИЧЕСКОЙ АМФИПОДЫ *MACROHECTOPUS BRANICKII* (DYB.) В ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЕ ОЗ. БАЙКАЛ

Иркутский государственный университет
karnauhovdmitrii@gmail.com

В озере Байкал, как и во многих крупных водоемах, наблюдается явление суточных вертикальных миграций гидробионтов. Так, единственная в мире пресноводная пелагическая амфипода *Macrohectopus branickii* (Dyb.) с наступлением сумерек начинает вертикальный подъем из толщи воды к поверхности, а затем происходит, возможно, пассивная, по мнению ряда авторов, горизонтальная миграция данной амфиподы в сторону литоральной зоны. На литорали Байкала скопления *M. branickii* смешиваются с мигрирующими донными амфиподами, коттоидными рыбами, мейофауной и тем самым образуют единое миграционное сообщество, наблюдаемое на протяжении ряда лет.

Наблюдения за этим сообществом проводятся нами с помощью дистанционной видеосистемы, а полученное видео обрабатывается по специальной методике, в результате применения которой получается такая единица измерения, как число особей на стоп-кадр. Данные полученные с помощью видеосистемы дополняются данными полученными планктонной сетью Джеди. Нами проводились наблюдения как в течении всей ночи (20-ти минутные наблюдения через каждые два часа), так и разовые наблюдения через некоторое время после захода солнца (в зависимости от времени года).

Результаты анализа данных видеонаблюдений показали, что *M. branickii* не встречается в литоральной зоне в подледный период, единичные особи, а также массовые скопления (по ранее опубликованным данным) начинают присутствовать только над сублиторалью. Совсем иная картина наблюдается в летний и весенний периоды, когда скопления *M. branickii* могут подходить совсем близко к берегу в зону малых глубин (1,5-5 м).

Работа выполнена при поддержке проекта Минобрнауки РФ 6.1387.2017/ПЧ и гранта Фонда поддержки прикладных экологических разработок и исследований «Озеро Байкал».

Karnaukhov D.Yu., Rusanovskaya O.O., Shimaraeva S.V., Silow E.A.

DYNAMICS OF THE PELAGIC AMPHIPOD *MACROHECTOPUS BRANICKII* (DYB.) NUMBERS AT THE PELAGIC STATIONARY POINT OF LAKE BAIKAL

Irkutsk State University
karnauhovdmitrii@gmail.com

Macrohectopus branickii (Dyb.) is the only known freshwater pelagic amphipod species to date. As an endemic of Lake Baikal, that species is an essential part of the lake's trophic nets. *M. branickii* is a predator but also it is a food source for Baikal omul, golomyanka, and some other fish. However, despite the crucial role of the species in the functioning of the lake Baikal's ecosystem, there is no accurate data regarding the number of the amphipod in the lake.

Computation of the dynamics of that species number has been conducting over the time of decades by research workers of the Research Institute of Biology at Irkutsk State University as a part of the long-term project of the ecological monitoring of the lake Baikal "Point #1". That "point" also known as "pelaginc stationary point #1" is situated opposite of the harbor Bolshiy Koty (Southern Baikal), about 2.7 km from the shore line over the 800 m. The sampling occurs 30-50 times per year with the use of the planktonic Jedy net (diameter 37.5 cm).

The analysis of the *M. branickii* number dynamics from 1945 till 1984 revealed both periods of short-

term (1-2 months) as well medium-term (from 0.5 to 1.5 year) and long-term (a few years) lack of all size groups of *M. branickii* in the investigated horizons (0-250 m, sometimes 0-500 or 0-700 m).

The study was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation 6.1387.2017/ПЧ and Grant of The Lake Baikal Foundation for Environmental Applications and Research.

Карнаухов Д.Ю., Русановская О.О., Шимараева С.В., Зилов Е.А.

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ПЕЛАГИЧЕСКОЙ АМФИПОДЫ *MACROHECTOPUS BRANICKII* (DYB.) НА ПЕЛАГИЧЕСКОЙ СТАЦИОНАРНОЙ ТОЧКЕ В ОЗ. БАЙКАЛ

Иркутский государственный университет
karnauhovdmitrii@gmail.com

Макрогектопус Браницкого (*Macrohectopus branickii* (Dyb.)) является единственным пресноводным пелагическим видом амфиподы известным науке на сегодняшний день. Являясь эндемиком озера Байкал, данный вид занимает очень важное положение в пищевой цепи озера. Макрогектопус, будучи сам хищником, служит пищей для байкальского омуля, голомянок и ряда других рыб. На сегодняшний день, не смотря на важную роль в функционировании экосистемы Байкала, нет точных данных о численности данного вида в озере.

Подсчет динамики численности данного вида на протяжении ряда десятилетий ведется сотрудниками НИИ биологии при Иркутском государственном университете в рамках проекта долговременного экологического мониторинга озера Байкал «Точка №1». Данная «точка», она же «пелагическая стационарная станция №1», находится напротив бухты Большие Коты (Южный Байкал) в 2,7 км от береговой линии над глубиной в 800 м. Отбор проб происходит 30-50 раз в год с использованием планктонной сети Джеди диаметром 37,5 см.

Анализ данных по динамике численности данного вида за период с 1945 по 1984 г. показал как периоды краткосрочного (1-2 месяца) и среднесрочного (от 0,5 до 1,5 лет), так и периоды долгосрочного (несколько лет) отсутствия всех размерных групп макрогектопуса в облавливаемом горизонте (0-250 м (иногда 0-500 или 0-700 м)).

Работа выполнена при поддержке проекта Минобрнауки РФ 6.1387.2017/ПЧ и гранта Фонда поддержки прикладных экологических разработок и исследований «Озеро Байкал».

Kazakov A.V., Kononov E.E., Khlystov O.M., Khabuev A.V.

GEOINFORMATION MAPPING OF THE BOTTOM RELIEF OF LAKE BAIKAL

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

The concept about depths and shapes of the bottom relief has been formed for more than one century. The bottom surface is hidden from direct observations. Therefore, description and measurements remain poorly and sporadically studied so far. The main specific feature of the underwater relief is structural complexity and diversity of shapes and surfaces differing from the land relief in image, origin, spatial location and structural ratio. The concept and study of the bottom relief are one of the most topical problems in the modern cartography and geoscience.

Lake Baikal is the deepest and oldest lakes on the Earth and the largest natural reservoir of fresh water. The lake is of tectonic origin. From the morphological viewpoint, Lake Baikal occupies a specific depression surrounded by mountain ridges and hills from all sides. The western coast is rocky and steep, whereas the relief of the eastern coast is more gentle (in some places the mountains are located at a distance of tens of kilometers from the coast). The bottom of Lake Baikal has a clearly expressed rugged relief. Along the entire coast of the lake, there are coastal shallows (shelfs) and underwater slopes. The lake is divided into three main distinct depressions. There are also underwater banks and even underwater ridges. The structure of the lake bottom relief and its coastal areas may be characterized as extremely rich and diverse. The current image of the lake bottom relief especially in its large scale remains poorly studied because of the limit number of maps of mean and geographic scales. Therefore, it is difficult to study in detail the complicated morphology of accumulative-erosion forms of the relief (ridges, swells and systems of suspension flows) and to reveal the accumulation location of mud volcanoes, large ridges and honeycombed surface of the bottom.

Since 2009 till present, the researchers of Limnological Institute SB RAS jointly with Japanese, Belgian and Russian colleagues have been performing purposeful large-scale investigations of the bottom of Lake Baikal using the data of the mobile multibeam echo-sounding system (ELACSeaBeam1050 system and KongsbergEM 710). They obtained a huge array of bathymetric data in high details for the larger part of the Lake Baikal bottom. The original bathymetric data obtained a priori during the echo-sounder survey are “raw” data, i.e. they are inaccurate in measurements:

- first, obvious noise contamination of data causes rough and random errors of measurements distorting finer specific features of the bottom or hiding the true picture of the relief.;
- second, the redundancy of the information obtained with a huge number of points of hydroacoustic reflection makes it difficult to process the data and increases requirements to the power of PC resources.

Full-function and multiscale geoinformation system (GIS) was created for the first time in ArcGIS for Desktop combining the relief of the coastal area and lake bottom with a wide array of different topographic and thematic data. GIS contains a module for processing the primary data with an adaptive set of instruments for spatial analyses. This module is first aimed at processing digital models of the relief (DMR) to remove and sort out errors obtained during the survey as well as to improve approximation of the interpolated bottom surface of the lake. GIS is adapted to fulfil interactive transitions from one scale level to another with specification and generality appropriated of this scale. GIS includes three scale levels:

1. **Macro scale** – large forms of the relief: mountain ridges, plateaus, plains and lowlands. This level is aimed at presenting general geomorphological concept of the relief structure in the studied area (Scales from 1:5 000 000 to 1:1 000 000 and 1:500 000).
2. **Meso scale** – forms of the earth surface intermediate in height and length, e.g. slopes, hollows, gentle ridges, valley terraces, hills etc. This scale is aimed at presenting a full picture of the relief structure for comprehensive morphometric analyses (Scales from 1:500 000 to 1:100 000).
3. **Micro scale** – small forms of the relief: certain details of meso- and macro-relief. The aim of this scale is to carry out detailed morphometric studies and insight analysis in the appropriate local areas (Scales from 1:100 000 to 1:50 000).

We elaborated a method for compilation of multiscale GIS with adapted algorithms of purification and processing of the bottom relief models of Lake Baikal. We created for the first time digital models of the microrelief of different parts of the lake bottom and its coastal areas with high precision and geographic validity. DMR may serve as a basis for different applied investigations. Their areas of application are wide: detailed survey of the relief by different specialists who study the lake bottom; compilation of detailed maps of the bottom relief using DMR and derived cartographic images (slope maps, maps of relief ruggedness, etc.). With the help of DMR, it is possible to construct bottom profiles, histograms of depth distribution, three-dimensional images, etc. Digital models of the bottom relief can be used for fulfillment of different calculations (creation of geoacoustic and climatic models, modelling of currents, etc.).

Казаков А.В., Кононов Е.Е., Хлыстов О.М., Хабуев А.В.

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ДНА ОЗЕРА БАЙКАЛ

Лимнологический Институт СО РАН, Иркутск, Россия

Представления о глубинах и формах рельефа дна складывались не одно столетие. Но поверхность дна скрыта от непосредственного наблюдения, поэтому описания, измерения все еще остаётся недостаточно и неравномерно изученными. Главной особенностью подводного рельефа является сложность строения и многообразие форм и поверхностей, во многом отличающихся от наземного рельефа обликом, происхождением, расположением в пространстве и структурными соотношениями. Представление и изучение рельефа дна является одной из актуальнейших проблем современной картографии, и наук о Земле в целом.

Озеро Байкал – глубочайшее и древнее озеро на планете, крупнейший природный резервуар пресной воды. Озеро имеет тектонического происхождения. С морфологической точки зрения озеро Байкал находится в своеобразной котловине, со всех сторон окружённой горными хребтами и сопками. При этом западное побережье – скалистое и обрывистое, рельеф восточного побережья – более пологий (местами горы отступают от берега на десятки километров). Дно Байкала имеет ярко выраженный рассеченный рельеф. Вдоль всего побережья Байкала в большей или меньшей степени развиты прибрежные мелководья (шельфы) и подводные склоны; выражено ложе трех основных котловин озера; есть подводные банки и даже подводные хребты. В целом строения рельефа дна озера и его прибрежных территории можно охарактеризовать как крайне богатым и разнообразным. Нынешнее представление рельефа дна озера особенно в его крупномасштабном представление остается мало изученным и ограниченно картами среднего и мелкого масштаба, что не позволяет детально изучать сложную морфологию аккумулятивно-эрозионных форм рельефа (гряд, валов, систем суспензионных потоков), а также детально выявить местоположение скопления грязевых вулканов, крупных гряд и ячеистый характер поверхности дна.

С 2009 г. – по настоящее время сотрудниками института ЛИН СО РАН совместно с японскими, бельгийскими и российскими коллегами активно ведутся целенаправленные широкомасштабные исследования дна озера Байкал на основе данных мобильной системы многолучевой эхолокации (ELACSeaBeam1050 system и KongsbergEM 710). В результате данных полевых исследований получен громадный массив высоко-детализированных батиметрических данных на большую часть территорию исследования дна озера Байкал. Исходные батиметрические данные, полученные при съемке эхолотом априори являются «сырыми» – то есть содержать неточности и погрешности в измерения.

- В первую очередь – это очевидная зашумленность данных, влекущая за собой грубые промахи и случайные ошибки измерений, искажающие более тонкие особенности дна или вовсе скрывающая истинную картину рельефа.
- Во-вторых – избыточность полученной информации, характеризующаяся гигантским объемом полученных точек гидроакустического отражения, что сильно осложняет обработку данных и в разы увеличивает требования к мощности вычислительных ресурсов ПК.

На основе которых в ПО ArcGIS for Desktop впервые создана полнофункциональная мультимасштабная ГИС, объединяющая в себе рельеф прибрежной территории и дна озера, а также присущий им широкий массив различных топографических и тематических данных. В ГИС организован модуль обработки первичных данных с уже адаптированным набором инструментов пространственного анализа, предназначенный в первую очередь для обработки цифровых моделей рельефа (ЦМР), нацеленных на удаление и фильтрацию ошибок, полученных в результате съемки, а также улучшения аппроксимации интерполируемой поверхности дна озера в целом. Под мульти-масштабностью в данном случае понимается адаптивность ГИС выполнять интерактивные переходы из одного масштабного уровня в другой с присущей для данного масштаба детализацией и генерализованностью. В целом созданная ГИС включает в себя три масштабных уровня:

1. **Макро уровень** – крупные формы рельефа, определяющие общий облик большого участка земной поверхности: горные хребты, плоскогорья, равнины, низменности. Предназначен дать общее геоморфологиче-

ское представление о строении рельефе на изучаемой территории. (Масштабный ряд от 1:5 000 000 до 1:1 000 000, 1:500 000)

2. **Мезо уровень** – промежуточные по высоте и протяженности между макро- и микрорельефом формы земной поверхности, например склон, ложбина, увал, терраса долины, холм и пр. Предназначен дать полную картину строения рельефа, подходит для комплексного морфометрического анализа. (Масштабный ряд от 1:500 000 до 1:100 000)

3. **Микро уровень** – позволяет увидеть мелкие формы рельефа, являющиеся отдельными деталями форм мезо- и макрорельефа. Предназначен для детальных морфометрических исследований и проведения глубоко анализа на избранных локальных участках. (Масштабный ряд от 1:100 000 до 1:50 000)

В результате проведения данной работы нами разработана методика создания мультимасштабной ГИС с адаптированными алгоритмами чистки и обработки цифровых моделей рельефа дна озера Байкал. Созданы впервые цифровые модели рельефа микро уровня на различные участки дна озера и его прибрежной территории, обладающие достаточно высокой точностью и географической достоверностью. Полученные ЦМР могут служить основой для проведения разнообразных прикладных исследований. Области их применения весьма обширны, ЦМР могут использоваться для детального и подробного изучения рельефа различными специалистами связанных с изучением дна озера, на основе ЦМР можно создавать подробные карты рельефа дна, а также производные картографические изображения: карты углов наклона, карты расчлененности рельефа, и т. д. Полученные ЦМР позволяют проводить анализ рельефа и его морфометрических характеристик средствами ГИС – строить профили дна, гистограммы распределения глубин, трехмерные изображения и т. д.; ЦМР дна также могут использоваться как базовая часть данных при выполнении различных научных расчетов (создание геоакустических, климатических моделей, моделирование течений и т. д.).

Khabuev A.V.[1], Poort J.[2], Kazakov A.V.[1], Pogodaeva T.V.[1], Khlystov O.M.[1]

ASSESSMENT OF GAS HYDRATE RESOURCES: CASE STUDY OF THE SEEP “KRASNY YAR”, LAKE BAIKAL

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Université Pierre et Marie Curie, Sorbonne Universites, Paris, France

Lake Baikal is a sole freshwater lake where gas hydrates have been found. For the first time they were discovered in 1997 in a deep drilling core at the depths of 121 and 161 m below the bottom (Kuzmin et al., 1998). Since there have been many attempts to assess the gas resources accumulated in the gas hydrates (Golubev, 2000; Khlystov et al., 2002). However, a lack of data did not allow assigning them to individual objects. Now we know the subsurface gas hydrates to be related only with some structures (mud volcanoes, seeps, hydrate mounds). Therefore assessing gas hydrate resources within an individual structure will provide the most realistic result.

A tentative prediction of gas hydrate resources at the “Krasny Yar” structure was given in the paper (Khabuev et al., 2016). The BSR obtained of the seismic profiles was selected as a base of hydrate-bearing sediments. However, as it was not possible to draw this line within the fluid body, its depth of occurrence was assimilated to that out of the fluid field.

Many *in situ* measurements of geothermic gradient done at this area during the recent years enabled to calculate the heat flow, and therefore to assess the depth of inferior bound of gas hydrate stability, among others within the gas hydrate field. In total 32 measurements of heat flow have been done with success, i.e. when the corer with heat sensors penetrated into the sediment relatively top-down. The highest values of geothermic gradients were observed, as it had been supposed, near a bubble methane discharge. The heat flow at this site appeared to be 292 mW/m^2, thereby corresponding to the BSR depth of 30 m in all.

An anomalous backscattering echo of the side-scan sonar limited the area of the structure. The flat of the bottom was taken for roof, the heat flow-mediated flat of the BSR was designated as base. Gas hydrate content in the sediment was evaluated as 17%. Based on the data the volume of gas hydrate resources may be assessed as 3.3 millions m^3. This is almost half the volume previously calculated from the seismic profiles, and we think it to be closer to reality.

The calculations allow determining volume of gas hydrate resources both in individual structures and in all basins of the lake with higher accuracy.

The work is supprorted by the RFBR (Project #16-55-150005) and the French PRC CNRS/RFBR project Shy@Baikal (#1072).

Хабуев А.В.,[1] Поорт Дж.,[2] Казаков А.В.,[1] Погодаева Т.В.,[1] Хлыстов О.М.[1]

РАСЧЕТ РЕСУРСОВ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ НА ПРИМЕРЕ СИПА «КРАСНЫЙ ЯР», ОЗЕРО БАЙКАЛ

[1] Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2] Университет Пьера и Марии Кюри, г. Париж, Франция

Озеро Байкал является единственным пресноводным озером, где найдены газовые гидраты. Впервые они были обнаружены в керне глубоководного бурения в 1997 году на глубинах 121 и 161 м ниже дна (Кузьмин М.И., 1998). С тех пор попытки рассчитать ресурсы газа, сосредоточенные в газовых гидратах проводились неоднократно (Голубев В.А. и др., 2000; Хлыстов О.М. и др., 2002). Однако, в связи с недостаточным количеством данных, распространялись они на обширные территории. Сейчас уже известно, что приповерхностные газовые гидраты связаны лишь с некоторыми типами структур (грязевые вулканы, сипы и гидратные холмы). Поэтому подсчет запасов газогидратов в пределах конкретной структуры даст наиболее приближенный к реальному объему результат.

Первые оценки ресурсов газовых гидратов в структурах «Красный Яр» в южной котловине озера приведены в работе (Хабуев А.В. 2016). В качестве подошвы гидратосодержащих донных отложений принята линия BSR, выделенная по результатам интерпретации сейсмических профилей. Однако из-за невозможности провести эту линию внутри флюидного тела, глубина ее была приравнена к глубине залегания вне флюидного поля.

Благодаря многочисленным за последние годы измерениям геотермического градиента in situ в данном районе, удалось вычислить тепловой поток и, следовательно, рассчитать глубину залегания нижней границе стабильности газогидратного слоя, в том числе и внутри гидратосодержащего поля. Всего в исследуемом районе было выполнено 32 удачных измерения теплового потока, когда труба с датчиками внедрялась в грунт относительно вертикально. Наибольшие значения геотермический градиент, как и предполагалось, имеет вблизи пузырьковой разгрузки метана. Здесь тепловой поток достигает 292 mW/m^2, что соответствует глубине BSR всего 30 м.

Площадь структуры была ограничена аномалией в сигнале обратного рассеяния гидролокатора бокового обзора. За кровлю была принята плоскость дна, а за подошву – рассчитанная из теплового потока плоскость BSR. Содержание газовых гидратов в донном осадке установлено как 17%. Исходя из этих данных, объем ресурсов газовых гидратов в структуре равен 3,3 млн. $м^3$. Это почти в два раза меньше, чем рассчитанный ранее объем (Хабуев А.В. 2016) по интерпретации сейсмических профилей, и, как мы считаем, более близкий к реальному показателю.

Данные расчеты позволяют более точно определять объемы ресурсов газовых гидратов как в отдельных структурах, так и по всем котловинам озера.

Работа поддержана Российским РФФИ (исследовательский проект №16-55-150005) и международным проектом French PRC CNRS/RFBR project Shy@Baikal (nr. 1072).

Khalzov I.A., Mekhanikova I.V., Sitnikova T.Ya.

ECTOSYMBIOTIC CONSORTIA OF INFUSORIA AND PROKARYOTES ASSOCIATED WITH AMPHIPODS INHABITING THE UNDERWATER HYDROTHERMAL VENT FROLIKHA (LAKE BAIKAL)

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
i_halz@lin.irk.ru

Methane and oil seeps, mud volcanoes and hydrothermal spring in the Frolikha Bay existing at the bottom of Lake Baikal consist of various biological communities that include a wide range of organisms, from bacteria and microscopic fungi to macrozoobenthos (Zemskaya et al., 2012; Sitnikova et al., 2017).

One of the outstanding issues in the functioning of such biological communities is understanding the ways in which methane is involved in food webs and the mechanisms of interaction between individual organisms or associations of organisms in communities. The symbiotic relationship between aquatic invertebrates and microorganisms can provide protection from predators or adverse environmental influences, as well as can be a food source or animal pathogens, and many of them still have an unknown function (Goffredi et al., 2008).

Crustaceans can act as a non-permanent substrate for various communities of microorganisms. On the one hand, these associations can only be optional, opportunistic and unspecialized, while the epibiont can colonize a wide range of inert plant and animal substrates. Some species of protozoa are involved in highly specific associations with substrate organisms that exist exclusively in individuals of the same genus or species (Nenninger, 1948; Lust, 1950; Biegel, 1954).

For the first time, we studied Ectosymbiotic infusoria on the cuticular surface of the Baikal endemic amphipods inhabiting the underwater hydrothermal vent Frolikha. Ciliates of the Palearctic genus *Lagenophrys* (Peritrichia: Lagenophryidae) were found in five out of 11 amphipod species. Among 63 individuals of amphipods with the infusoria on their surface, 53 belonged to *Macropereiopus flori* (Dybowsky 1874). Additionally, using scanning electron microscopy we detected infusoria, ectosymbionts-prokaryotes of different morphology, which likely form a specific consortium under conditions of the hydrothermal vent.

Probably, the symbiosis of amphipods, epibionts of *Lagenophrys sp.* and prokaryotes, which we found, allows both amphipods and ciliates to inhabit under conditions of a hydrothermal vent, where mineralized fluids, sulfur compounds and methane are discharged. Since the amphipods, like all crustaceans, periodically moult, the symbiosis in the amphipod-lagenophrys-prokaryotes consortium is temporary. More detailed further studies will reveal whether there is a connection between the populations of infusorians and prokaryotes on amphipods with habitat conditions.

The work was carried out within the framework of the LIN SB RAS state task No. 0345-2016-0007.

Хальзов И.А., Механикова И.В., Ситникова Т.Я.

ЭКТОСИМБИОТИЧЕСКИЕ КОНСОРЦИУМЫ ИНФУЗОРИЙ И ПРОКАРИОТ, АССОЦИИРОВАННЫЕ С АМФИПОДАМИ ПОДВОДНОГО ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ВЕНТА ФРОЛИХА (ОЗ. БАЙКАЛ)

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
i_halz@lin.irk.ru

К существующим на дне озера Байкал метановым и нефтяным сипам, грязевым вулканам и гидротермальному источнику в бухте Фролиха приурочены разнообразные по своему составу биологические сообщества, которые включают в себя широкий спектр организмов, начиная от бактерий и микроскопических грибов, заканчивая макрозообентосом (Zemskaya et al., 2012; Ситникова и др., 2017).

Одним из невыясненных вопросов функционирования таковых биологических сообществ является понимание путей вовлечения метана в пищевые сети и механизмов взаимодействия между отдельными организмами или ассоциациями организмов в сообществах. Предполагается, что симбиотические отношения между водными беспозвоночными и микроорганизмами могут обеспечивать защиту от хищников или неблагоприятных воздействий окружающей среды, могут быть источником пищи или патогенами животных, а многие из них, по-прежнему, имеют неизвестную функцию (Goffredi et al., 2008). Известно, что ракообразные могут выступать как непостоянный субстрат для разнообразных сообществ микроорганизмов. С одной стороны, эти ассоциации могут носить только факультативный, оппортунистический и неспециализированный характер, при этом эпибионт может колонизировать широкий спектр инертных растительных и животных субстратов. Некоторые виды простейших вовлечены в высокоспецифические ассоциации с субстратными организмами, которые существуют исключительно у индивидуумов одного рода или вида (Nenninger, 1948; Lust, 1950; Biegel, 1954).

На поверхности тела 5 из 11 исследованных видов и подвидов байкальских эндемичных амфипод, обитающих в районе вента Фролиха, обнаружены эпибионты-инфузории рода *Lagenophrys* (Peritrichia: Lagenophryidae). Из 63 амфипод, имевших лагенофрисов, 53 особи принадлежали *Macropereiopus flori*. С помощью электронной сканирующей микроскопии между и на раковинках некоторых инфузорий выявлены различные по морфологии эктосимбионты-прокариоты, образующие, вероятно, специфический консорциум в условиях гидротермального вента. Возможно, обнаруженный нами симбиоз амфипод, эпибионтов инфузорий-лагенофрисов и прокариот, позволяет и амфиподам, и инфузориям обитать в условиях гидротермального вента, где происходит разгрузка минерализованных флюидов, сернистых соединений и метана. Так как амфиподы, как и все ракообразные, периодически линяют, то симбиоз в консорциуме амфипода-лагенофрисы-прокариоты является временным. Более подробные дальнейшие исследования позволят выявить, существует ли связь между поселениями инфузорий и прокариот на амфиподах с условиями среды обитания.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0345–2016–0007 ЛИН СО РАН.

Khludnev G.B., Yuriev A.L.

BIOLOGY OF NORTHERN PIKE IN THE IRKUTSK RESERVOIR

Irkutsk State University, 664003 Irkutsk, Str. K. Marx, 1
gosha00@inbox.ru

Data on biology of *Esox lucius* in the Irkutsk Reservoir on the Angara River are scarce. Studies were carried out occasionally in the first years of reservoir filling in the 1960s and in the late 1980s. In our catches during the spring-summer of 2013-2017, there were fish of nine age groups from 0+ to 8+, with the predominance of individuals from 3+ to 5+. The linear-weight growth of the pike in the Irkutsk Reservoir in the recent period is characterized by rather low indicators in comparison with the 1960th and 1980th, and with pikes from other reservoirs of Eastern Siberia. The basis of pike diet are fish preys, the most important of which are roach, perch, dace, river minnow and sand sculpin.

Хлуднев Г.Б., Юрьев А.Л.

БИОЛОГИЯ ЩУКИ ИРКУТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», 664003 г. Иркутск, ул. К. Маркса, д. 1

Биология щуки *Esox lucius* большинства водоемов Восточной Сибири в настоящее время остается недостаточно полно изученной. Это в полной мере касается и Иркутского водохранилища, где наиболее подробные исследования были проведены в первые годы его заполнения (Тугарина, Гоменюк, 1967) и в конце прошлого столетия на нижнем участке водохранилища (Купчинская и др., 1995). В связи с этим целью нашей работы стало изучение важных аспектов биологии щуки Иркутского водохранилища.

Сбор материала проводился в весене-летний период 2013–2017 гг. в заливах Большая Речка, Тальцинка, Бурдугуз, Бурдаковка и Курминский. Отлов рыб осуществлялся ставными сетями с ячеей 20–40 мм и мальковым неводом с ячеей в мотне 5 мм. Всего полному биологическому анализу согласно традиционным в ихтиологии методам подвергнуты 164 разновозрастных экземпляра рыб.

В наших уловах во всех исследованных заливах отмечались рыбы, относящиеся к девяти возрастным группам от 0+ до 8+. Наиболее широкий возрастной ряд был представлен в заливе Бурдугуз: от 0+ до 8+ с преобладанием особей в возрасте 1+ (при средней длине тела по Смитту 116,1 мм и массе 13,1 г), 4+ (307,1 мм и 229,3 г соответственно) и 5+ (364,9 мм и 383,9 г). Показатели единственной в уловах особи максимального возраста составляли 504 мм и 930 г соответственно. В уловах из залива Большая Речка нами отмечались щуки в возрасте от 3+ до 8+ с преобладанием рыб в возрасте 5+ (344,6 мм и 340,6 г) и 6+ (376,2 м и 444,3 г). В заливе Бурдаковка отмечались рыбы шести возрастных групп от 0+ до 5+ с преобладанием групп 2+ (169,7 мм и 44,4 г) и 3+ (229,5 мм и 108,7 г). В уловах из Курминского залива отмечались рыбы 4 возрастных групп от 3+ до 6+, самыми многочисленными оказались рыбы в возрасте 4+ (328,8 мм и массе 262,4 г). Сравнение данных по росту щуки из разных заливов Иркутского водохранилища показало более высокие темпы роста у рыб из Курминского залива. Линейно-весовой рост щуки Иркутского водохранилища в современный период характеризуется более низкими показателями по сравнению с 60-ми и 80-ми годами прошлого столетия, что обусловлено возросшим влиянием перелова, приводящим к омоложению популяции. В других водоемах Восточной Сибири эти характеристики также выше, что очевидно вызвано более низким температурным режимом водоема. В Иркутском водохранилище половозрелость щуки наступает в возрасте 3–4+ (Тугарина, Гоменюк, 1967, данные авторов). Нерест щуки в водохранилище протекает на глубине до 1,5 м на прошлогодней

водной растительности в вершинах заливов с первой половины по середину мая.

Щука является типичным хищником, в рацион которой входят практически все совместно обитающие виды рыб. Основу питания в водохранилище составляют плотва, окунь, елец, речной гольян и песчаная широколобка. В заливе Большая Речка в весенний период в выборках отмечено около 50% питающихся рыб, основу рациона которых составляла рыбная пищ: песчаная широколобка (23,47% массы съеденной пищи при встречаемости 20%), плотва, речной гольян. В заливе Бурдугуз в первой половине июля основным компонентом питания являлась плотва (60,91% по массе и 53,49% по частоте встречаемости). В меньшей степени отмечались песчаная (15,7 и 6,98% соответственно) и каменная широколобки (17,63 и 6,98%), в незначительных количествах отмечались пиявки, верховка и молодь собственного вида. В заливе Курминский основу питания щуки в первой половине июля составляла песчаная широколобка (54,4% по массе при частоте встречаемости 37,5%). Вторым по значимости компонентом питания являлась плотва (32,3 и 12,5% соответственно). Остальная часть массы пищевого комка приходилась на окуня и молодь щуки.

Khlystov O.M.[1], Khabuev A.V.[1], Minami H.[2], Hachikubo A.[2]

STUDY OF HYDRATE-BEARING STRUCTURES OF LAKE BAIKAL

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Kitami Institute of Technology, Japan

There were some crucial points in the study of sedimentary filling of the lake when new data concerning the Baikal rift structure and geological evolution, which changed our notions about the age, stages and processes going in its sediments, were obtained. One of such crucial points is the finding of Baikal mud volcanoes and subsurface gas hydrates in lake sediments. Since 2000, we have found 47 subsurface gas hydrates structures by multibeam echosounder search, geological and geophysical survey as well as by “Mir” submersibles dives. The most of these structures appeared to be mud volcanoes (37), 15 thereof may be regarded as buried ones, because their geomorphological (positive topography) and geophysical features make them similar to mud volcanoes, but there is no volcanic breccia in their profiles and they are often covered with a recent diatomic ooze. These structures can be also referred to ‘A’ type hydrate mounds described in the paper (Matsumoto, Hiromatsu, 2011). The mud volcanoes are most often isolated structures few hundred meters up to 1.5 km in diameter, however there are three sites where they group and merge into a large ridge or hill chain. The ridge may be up to 6 km long. Among the remaining ten structures, there are nine seeps – gas and oil discharge areas at the lake bottom, and one pockmark – a bottom area with negative topography. Some mud volcanoes and all seeps are still active nowadays. For this moment, we know that the gas hydrates and the related topographic forms are widespread in the South and Central Basins of the lake, and at an underwater elevation – the Academichesky Ridge, and they significantly influence biodiversity and processes of underwater relief formation of some areas at the bottom.

Geological analysis of all type of hydrate-bearing structures, especially of those discovered during 2014-2017, and of the neighboring bottom areas where these structures occur, allowed specifying their attraction to two main migration pathways of gas-containing fluids. The first one are faults of unequal ranks traversing the sedimentary body even if they are not seen in the relief or on seismic profiles, but located directly above sources of gas-saturated fluid (sedimentary depocenters, contemporary and buried deltas, residual outcrops and ancient sediments exposure). The second one are permeable inclined sedimentary layers going up from the center of the basin towards its flanks. In that case, the fluid discharge and structure formation go within a secondary fault or a layer exposure at the bottom.

Several mechanisms of seep formation are being addressed. One of them can be also applied to mud volcanoes formation. It is based on dissolution of gas hydrates under their stability zone due to rise of warm fluid from the lower horizons. The excess pressure caused by transition of hydrates to gas makes the watered sediments to erupt at the surface and to form underwater mounds of mud volcano breccia. The depth of lower boundary of hydrates stability zone limits basement depth of such volcanoes; in Lake Baikal, it does not exceed 450 m. By now, this is a sole evidence of such a shallow formation of underwater mud volcanoes. The main reason inducing the formation of these mud volcanoes is dissolution of gas hydrates, not an excess pressure caused by sedimentation mass as it happens in all other known submarine and terrestrial mud volcanoes. Therefore, this type of mud volcanoes can be justifiably called “Baikalian”.

We have found and studied hydrate-bearing structures in six Baikal provinces almost for 20 years of investigation of underwater gas and oil discharge and gas hydrate structures of the lake. Buried river delta fronts, sedimentary depocenters at the center of depressions and ancient subsurface sedimentary masses located at the eastern wall play the most important role as sources of fluid material. Fluid migration pathways can be related to impaired vertical or slightly inclined zones at the main rift-forming and secondary faults as well as along permeable lithological boundaries of sedimentation going from depocenters in the center of the depression upwards its flanks.

The work is supported by the LIN SB RAS Project 0345–2016–0007 and Japan Society for the Promotion of Science KAKENHI (16H05760 to H. M.) Project.

Хлыстов О.М.[1], Хабуев А.В.[1], Минами Х.[2], Хачикубо А.[2]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГИДРАТОНОСТНЫХ СТРУКТУР ОЗЕРА БАЙКАЛ

[1]Лимнологический Институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Технологический Институт Китами, Япония

История изучения осадочного заполнения озера знает несколько переломных моментов, когда были сделаны открытия в исследовании строения или геологической истории развития байкальской впадины и менялись представления о возрасте, этапах или процессах протекающие в его донных отло-

жениях. К такому моменту можно отнести находки приповерхностных газовых гидратов в донных отложениях озера и открытие грязевого вулканизма на Байкале. Начиная с 2000 г. и по настоящее время, благодаря данным многолучевого эхолота, работе глубоководных аппаратов «МИР» и результатам геолого-геофизических работ, обнаружено 47 структур, содержащих приповерхностные газовые гидраты. При этом большая часть из них – это грязевые вулканы (37), 15 из которых можно считать погребенными, так как по геоморфологическим (положительные формы рельефа) и геофизическим данным они похожи на остальные грязевые вулканы, но в их разрезе не обнаружена грязевулканическая брекчия и часто они перекрыты современными диатомовыми илами. Эти структуры также можно отнести и к так называемым гидратным холмам типа «А», описанные в работе (Matsumoto, Hiromatsu, 2011). Грязевые вулканы чаще всего одиночные структуры диаметром от первых сотен метров до 1,5 км, но в трех районах они образуют группы и сливаются в одну большую гряду или группу возвышенностей. Максимальная длина гряды достигает 6 км. Оставшиеся 10 структур – это 9 сипов – зоны разгрузки газа и нефти на дне озера, и 1 покмарк – участок дна с отрицательной формой рельефа. Часть грязевых вулканов и все сипы активны в настоящее время. На данный момент установлено, что гидратоностность и связанные с ней формы рельефа имеют широкое распространение в Южной, Средней котловинах озера и на подводной возвышенности – Академический хребет, и оказывают значительное влияние на биоразнообразие отдельных участков дна и процессы подводного рельефообразования.

Анализ геологического строения всех типов гидратоносных структур, особенно открытых в 2014-2017 гг., и прилегающих районов дна, где они обнаружены, позволил уточнить привязанность этих структуры на дне озера к двум основным видам путей миграции газосодержащих флюидов. Первый – это зоны разного ранга разломов, секущих часть или все осадочное тело, даже если они не выражены в рельефе или на сейсмических разрезах, но расположенные непосредственно над очагами газонасыщенного флюида (депоцентры осадконакопления, современные и захороненные дельтовые системы, останцы и выходы древних осадочных толщ). Другой – это проницаемые наклоненные слои донных отложений, подымающиеся от центра котловины к ее флангам на склон. Разгрузка и формирование структуры там идет либо в зоне второстепенного разлома, либо в зоне выхода этого слоя на поверхность дна.

В настоящее время рассматриваются несколько механизмов образования сипов, один из которых применим и к образованию грязевых вулканов. Он основывается на разложении газовых гидратов в зоне нижней границы их стабильности из-за подъема теплого флюида из нижних горизонтов. При этом образовавшаяся из обводненных донных отложений масса, за счет возникшего избыточного давления при переходе гидрата в газ, прорывается на поверхность дна и формирует подводные возвышенности из грязевулканической брекчии. Глубина корней таких вулканов определяется глубиной нижней границы стабильности гидратов, и на Байкале она не превышает 450 м. Пока это единственные свидетельства столь неглубокого заложения грязевого вулканизма в акваториях. Основной причиной его образования стало разрушение газового гидрата, а не возникновение избыточного давления за счет сжатия донных отложений, как это происходит во всех известных в морях и на суше грязевых вулканов. Поэтому подобный тип грязевого вулканизма по праву может быть назван «байкальским».

Таким образом, за почти 20 летную историю изучения подводных структур, связанных с разгрузкой газа и нефти и образованием газовых гидратов, обнаруженные и изученные гидратоносные структуры озера Байкал локализуются в 6 провинций. Основную роль, как очага и источника материала для флюида, в распределении структур разгрузки на дне озера Байкал играют погребенные авандельтовые отложения рек и депоцентры осадконакопления в средних частях впадин, а также приповерхностное залегание древних осадочных толщ у восточного борта. Пути миграции флюида могут быть связаны как с ослабленными вертикальными и слабо наклоненными зонами при главных рифтообразующих и второстепенных разломах, так и вдоль проницаемых литологических границ осадконакопления при подъеме слоев от депоцентров в средней части впадины к ее флангам.

Работа поддержана проектами ЛИН СО РАН №0345–2016–0007 и KAKENHI (№16H05760 to H. M.) японского общества содействия науки (JSPS).

Kholmogorova N.V.

INFLUENCE OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE STRUCTURE OF THE MACROZOOBENTHOS IN THE IZHEVSK WATER RESERVOIR

Udmurt State University, Izhevsk, University St., house 1, build. 1
nadjaholm@mail.ru

The macrozoobenthos of the Izhevsk reservoir has been studied. A total of 193 species and a taxon of higher rank were recorded as part of the macrozoobenthos of the reservoir.

In artificial ecosystems, natural and anthropogenic factors affect biota together. According to our data, the content of arsenic, nitrogen of nitrates and acid-soluble phosphate ions decreases with increasing depth of the reservoir. The concentrations of copper and lead are positively correlated with the proportion of organic matter in the bottom sediments. This indicates the formation of metal complexes with organic matter of plant origin, the main source of which is coastal macrophytes.

Increasing the electrical conductivity of water leads to an increase in the total number of species in the sample and the Trent biotic index of Woodiwiss. The proportion of the number of oligochaetes increases with increasing concentrations of zinc and copper. At the same time, contamination of bottom sediments with chrome leads to a decrease in the proportion of oligochaetes, an increase in the proportion of chironomids and pods.

Холмогорова Н.В.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА СТРУКТУРУ МАКРОЗООБЕНТОСА ИЖЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, ул. Университетская 1, корп. 1
nadjaholm@mail.ru

Ижевское водохранилище (Ижевский пруд) – антропогенный водоем плотинного типа на реке Иж, расположенный в 189 км от ее устья. Объем пруда при НПУ 99,5 м составляет 76,3 млн м^3, площадь зеркала – 26,4 км^2. Максимальная длина водоема составляет 11,4 км, максимальная ширина – 2,3 км. Максимальная глубина водохранилища у плотины достигает 12 м, средняя глубина – 3,2 м. Площадь мелководий с глубинами до 2 м составляет в водоеме около 7 км^2, протяженность береговой линии при НПУ – 35 км.

На участке выше Ижевска сброс сточных вод в реку практически отсутствует, а Ижевский пруд и участок ниже плотины подвержены сильному антропогенному загрязнению. На отдельных участках водоема в определенные сезоны наблюдается устойчивое превышение ПДК по таким химическим показателям, как содержание в воде железа, марганца, нефтепродуктов, азота аммонийного, а также БПК$_5$.

Макрозообентос изучался с 2006 по 2014 год. В 2012-2013 гг. параллельно с отбором беспозвоночных (дночерпателем ДАК-100 (1/100 м²)) отбирали пробы воды и донных отложений на химический анализ.

При камеральной обработке собранных материалов определяли видовой состав макрозообентоса, рассчитывали численность и биомассу, доли разных групп по численности и биомассе, биотический индекс Вудивисса, индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера и выравненность сообщества по Пиелу. Рассчитывали коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r_s). Замеры электропроводности, pH и температуры воды осуществляли портативным кондуктометром PHT-028.

В искусственных экосистемах природные факторы воздействуют на биоту совместно с антропогенными. Качественный состав донных отложений, доля органических веществ, наличие или отсутствие течения влияют на распределение загрязняющих веществ по акватории водоёма и биодоступность токсикантов. Поллютанты изменяют pH, электропроводность, окислительно-восстановительный потенциал и содержание растворенного кислорода.

По нашим данным с глубиной уменьшается содержание мышьяка (r_s = -0,41; n=32; p<0,05), азота нитратов (r_s = -0,68; n=84; p<0,001), кислоторастворимых фосфат-ионов (r_s = -0,68; n=84; p<0,001). Концентрация меди и свинца положительно коррелирует с долей органических веществ в донных отложениях. Это свидетельствует об образовании комплексов металлов с органическим веществом растительного происхождения, основным источником которого являются прибрежные макрофиты.

Всего в составе макрозообентоса Ижевского вдхр. зарегистрировано 193 вида и таксона рангом выше вида. Наиболее благоприятные условия для развития макрозообентоса в Ижевском водохранилище формируются в прибрежной зарослевой зоне, на глубине до 2 м. Здесь зарегистрировано 182 вида макрозообентоса. Преобладают представители фитофильной фауны: брюхоногие моллюски (22 вида), клопы (11 видов), жуки (14 видов) личинки стрекоз (9 видов). Кроме перечисленных групп, встречались олигохеты, двустворчатые моллюски, пиявки и насекомые из отрядов Diptera, Ephemeroptera, Trichoptera и Lepidoptera. По численности преобладали личинки хирономид – 69,6%, основу биомассы составляли брюхоногие моллюски – 81%. Средняя плотность организмов макрозообентоса на данных биотопах составляла 756,95 экз/м², биомасса – 10,85 г/м².

В глубоководной части пруда (2-7 м) отмечено всего 26 видов и родов, из которых 8 – личинки двукрылых, 8 – малощетинковые черви, 2 вида двустворчатых моллюсков, 3 вида жуков и по 1 виду стрекоз, ручейников, вислокрылок, пиявок и круглых червей отряда Mermitida.

Основу донной фауны формируют личинки рода *Chironomus* (75% численности и 81% биомассы) и малощетинковые черви *Limnodrilus hoffmeisteri* и *Tubifex tubifex*. Кроме комаров-звонцов фауна двукрылых была представлена личинками слепней, мокрецов и хищными планктонными хаоборусами. Средняя плотность макрозообентоса в профундали составляла 2398,4 экз/м², средняя биомасса – 10,3 г/м². В русловой части пруда на песчано-илистом грунте встречались также крупные двустворчатые моллюски *Unio pictorum, Unio protractus*. В некоторых пробах бентос отсутствовал (Холмогорова, 2013).

Макрозообентос реагирует уменьшением доли личинок поденок (r_s = -0,38; n=66; p<0,01) в ответ на рост показателя pH в пределах 7,62-8,94.

Повышение электропроводности воды ведет к увеличению общего числа видов в пробе (r_s = 0,30; n=62; p<0,05) и биотического индекса Вудивисса (r_s = 0,52; n=34; p<0,01). Доля олигохет по численности возрастает при увеличении концентрации цинка (r_s = 0,43; n=29; p<0,05) и меди (r_s = 0,39; n=84; p<0,001), за счет элиминации более чувствительных видов. При этом загрязнение донных отложений хромом ведет к уменьшению доли олигохет (r_s = -0,38; n=34; p<0,05), росту доли хирономид (r_s = 0,50; n=34; p<0,01) и подёнок (r_s = 0,38; n=34; p<0,05).

Khuriganova O.I., Obolkin V.A., Golobokova L.P., Khodzher T.V.

SURFACE OZONE, SO2, NOx AT MONITORING STATIONS OF THE BAIKAL NATURAL TERRITORY

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
khuriganowa@lin.irk.ru, obolkin@lin.irk.ru, lg@lin.irk.ru, khodzher@lin.irk.ru

The main feature of the Baikal Natural Territory (BNT) is a unique ecosystem of Lake Baikal, a UNESCO World Heritage Site. Therefore, the protection and preservation of Lake Baikal and its surrounding area is a main objective of state bodies and scientific institutions. Ozone and trace gases (SO_2, NO_x) were

measured in the BNT at three precipitation monitoring stations: Mondy (51.6 N; 101.0 E, background conditions), Lystvyanka (51.9 N; 104.7 E, rural conditions), Irkutsk (52.3 N; 104.4 E, urban conditions). The measurement was performed by passive (diffusion), active (pumping) and direct (gas analyzer) methods. The correlation amongst them was high (0.7 and higher).

Ozone. According to the data obtained in 2010-2016 by passive method, the annual dynamics of ozone concentration at all three stations was typical for the Northern Hemisphere: maximum in April-May, minimum in September-October. Though the annual dynamics of surface ozone distribution in the troposphere at all three stations were similar, the mean concentration of ozone in urban conditions (Irkutsk) were significantly lower than at the stations in Mondy and Listvyanka. In the urban conditions, we saw short-time fluctuations of ozone concentration in the surface atmosphere, they were especially well pronounced in winter. This enhanced ozone outflow during the cold season is highly likely caused by oxidation of anthropogenic gases, mainly nitrogen oxides: when NO_2 increases, ozone drastically decreases.

Sulfur and nitrogen dioxide. SO_2 and NO_x concentrations have been measured by passive method at the station in Irkutsk since 2012, at the station in Listvyanka since 2014. There are no such data for the station in Mondy. A seasonal SO_2 and NO_x dynamics in the atmosphere of Irkutsk and Listvyanka, apparently related to increased emissions of heat and power plants during the cold season and decreased during the warm season, is observed. The station in Mondy is a background atmosphere monitoring station in Asian Territory of the Russian Federation where the sources and the seasonal dynamics of the gases analyzed are driven by natural processes. Concentrations of sulfur and nitrogen dioxides depend not only on seasonal, but on annual fluctuations as a function of air temperature: they are higher in cold years, lesser in warm years.

The work was done within the State Task # 0345-2016-0008 “Assessment and Forecast of Ecological Status of Lake Baikal under Anthropogenic Impact and Global Climate Change”, and the International EANET (Acid Deposition Monitoring Network in East Asia) Program. The analyses were performed at the Shared Research Facility “Ultramicroanalysis” of Limnological Institute, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences.

Хуриганова О.И., Оболкин В.А., Голобокова Л.П., Ходжер Т.В.

ДИНАМИКА ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА, SO_2, NO_x НА СТАНЦИЯХ МОНИТОРИНГА БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
khuriganowa@lin.irk.ru, obolkin@lin.irk.ru, lg@lin.irk.ru, khodzher@lin.irk.ru

Байкальская природная территория (БПТ) характеризуется уникальной экологической системой озера Байкал, являющийся объектом всемирного наследия «ЮНЕСКО». В связи с этим, охрана и сохранение оз. Байкал и прилегающей территории являются важнейшими задачами государственных органов и науки. Озон и газовые примеси, такие как, SO_2 и NO_x являются основными газовыми компонентами атмосферы БПТ, мониторинг концентраций которых представляется актуальной задачей. Озон является вторичным загрязнителем тропосферы, поскольку образуется в результате фотохимический реакций из газов – предшественников с различными газовыми компонентами озоновых циклов (Akimoto, 2006; Белан, 2010). Газовые компоненты атмосферы имеют различную природу. Однако, в последние десятилетия на ведущее место выходят антропогенные источники их поступления. К ним относятся выбросы крупных тепловых электростанций, сжигание топлива в промышленности, мусора, транспорт (Kelly, Fussell, 2012; Karagulian et al., 2015; Vu et al., 2015).

Измерение концентраций озона и газовых примесей (SO_2, NO_x) проводилось на трех станциях мониторинга атмосферных выпадений на БПТ – Монды, (51.6 с.ш.; 101.0 в. д., фоновые условия), Листвянка (51.9 с. ш.; 104.7 в. д., сельские условия), Иркутск (52.3 с. ш.; 104.4 в. д., городские условия). Измерение вышеперечисленных газов осуществлялось разными методами – пассивным (диффузный), принудительным (прокачивание воздуха через блок фильтров) и прямым (использование газоанализаторов), между которыми наблюдается высокая корреляция (от 0,7 и выше)

Озон. По данным измерений озона 2010-2016 гг. пассивным методом годовой (Холявицкая и др., 2011; Хуриганова и др., 2015) ход концентрации озона на всех трех станциях имел общий вид, характерный для многих районов северного полушария: максимум весной (апрель-май), минимум в сентябре-октябре. При общей схожести годового хода распределения приземного озона в приземной тропосфере на всех трех станциях, средние концентрации озона в городских условиях (Иркутск) оказались существенно ниже, чем на станциях Монды и Листвянка. В городских условиях отмечены кратковременные колебания содержания озона в приземной атмосфере, наиболее ярко выраженный в зимний период года. Возможной причиной повышенного стока озона в холодное время года является процесс окисления газов антропогенного характера, прежде всего, оксидов азота: с повышением содержания двуокиси азота происходит резкое понижение озона.

Диоксид серы и азота. Измерение концентраций SO_2 и NO_x пассивным методом осуществлялось с 2012 на ст. Иркутск, с 2014 г. – на ст. Листвянка. На ст. Монды такие наблюдения не проводятся. Прослеживается сезонная динамика концентраций SO_2 и NO_x в атмосфере Листвянки и Иркутска, связанная с выбросами предприятий теплоэнергетики и повышением концентраций малых газовых составляющих в холодные периоды года и понижением – в теплые. Станция Монды остается фоновой станцией атмосферы на Азиатской территории РФ, где источники и сезонная динамика анализируемых газов в приземной атмосфере обусловлены, в основном, природными процессами. Концентрации диоксидов серы и азота в городских и сельских районах также подвержены не только сезонным, но и межгодовым колебаниям в зависимости от температуры воздуха: в холодные годы – больше, в теплые – меньше.

Работа выполнена в рамках гос. задания 0345-2016-0008 «Оценка и прогноз экологического со-

стояния …», а также Международной программы EANET(Acid Deposition Monitoring Network in East Asia). Аналитические работы выполнены в Приборном ЦКП физико-химического ультрамикроанализа ЛИН СО РАН.

Kirillov V.V.

SPATIAL AND TEMPORAL ORGANIZATION OF BAIKAL ECOSYSTEM

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Molodezhnaya, 1
vkirillov@iwep.ru

The analysis of spatial and temporal organization (STO) of ecosystems includes the construction of hierarchy of its elements by five dimensions: three spatial, time and levels of biological organization. The STO of the Baikal ecosystem, the deep, ancient and oligotrophic lake, was analyzed. The assessment of direction and rate of evolution and recommendations for conservation of self-restoration potential of this ecosystem were provided.

Кириллов В.В.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОСИСТЕМЫ БАЙКАЛА

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Молодежная, 1
vkirillov@iwep.ru

Признавая аксиоматичность иерархичности организации систем вообще, методологически обоснованно и экосистемы анализировать как иерархически организованные. Учитывая биоцентричность экосистем, к обычному четырехмерному анализу систем (три измерения по пространству и время), для экосистем рассматривается пятое измерение – иерархия биологической организации по уровням, которые, в свою очередь, также – объект анализа пространственно-временной организации (ПВО). И анализ ПВО экосистем – построение иерархии элементов системы по пяти измерениям: три по пространству, время и уровни биологической организации.

Цель наших исследований – анализ ПВО глубокого древнего олиготрофного озера для оценки направления и скорости эволюции и разработки рекомендаций по сохранению потенциала самовосстановления его экосистемы при современном увеличении антропогенного воздействия на акваторию и водосборный бассейн озера.

Байкал, как экосистема и объект анализа ПВО, представляет особый интерес в связи с широким спектром размеров его элементов, значительной величиной характерного времени его существования и большим потенциалом для построения иерархии меньших характерных времен. Время существования Байкала превышает или соизмеримо с филогенезом (многообразие видового состав – функция времени существования системы). Пространственная организация экосистемы озера, ее разнообразие – функция размера по пространству, причем в трех измерениях, включая глубину. В Байкале уникальное разнообразие экотопов, в том числе глубоководных, для биоценозов которых, есть возможность анализа особенностей их формирования и функционирования при повышенном давлении, малых амплитудах температуры, солености и содержания кислорода.

Следовательно, Байкал – естественная исследовательская лаборатория со спектром экологических условий от морских до континентальных, но, одновременно, техноэкосистема, если учесть зарегулирование вытекающей из него реки Ангары. Может ли человек изменить направление или, хотя бы, скорость, эволюции экосистемы Байкала? По-видимому, нет. Но Байкал «переварит» последствия воздействия возможно не сразу, а с учетом Великой Инерции ему свойственной (вода в озере обновляется примерно в течение 300 лет). Экосистема Байкала и составляющие ее элементы - индикаторы в первую очередь долговременных и глобальных изменений, а затем уже внутривековых и региональных, и тем более сезонных и локальных. Например, наблюдающиеся в литорали озера отрицательные последствия современной неуправляемой рекреационной деятельности, определяют увеличение в основном антропоцентрического риска и в меньшей степени геоцентрического. Отказаться от использования природных ресурсов Байкала практически невозможно. Да и не нужно, поскольку человек – один из видов животных, обитающих на его берегах. И его интересы не менее значимы, чем других живых организмов. включая омуля и нерпу. Но, управление сохранением и использованием природных ресурсов озера, как экзодинамический фактор, должно учитывать ПВО ценодинамических факторов, тенденции и циклы внутриводоемных физических, химических и биологических процессов.

Klimova Y.S., Chuiko G.M.

EFFECTS OF ANAXIA ON THE PARAMETERS OF OXIDATIVE STRESS OF *DREISSENA POLYMORPHA* AND *D. BUGENSIS*

Institute for Biology of Inland Waters, Borok, Russia

The comparative study of adaptation strategies at the physiological-biochemical level of these two species of *Dreissenapolymorpha* and *D. bugensis* to changes in environmental factors is relevant. Adaptation of mussels to anaxia. The response to anaxia was different. Relative to the control group, the CAT activity decreased in *D. polymorpha* all exposed to hypoxia for 48 h, treatments, while the activity of GR significantly increased in this species mussels all exposure time. The LPO levels were significantly higher in *D. polymorpha* in the 48-h anaxiathan those in the control. The increase GSH concentrations were found only in *D. polymorpha*, also. The most of the studied parameters of did not change, bat only short-term increase activity GST was found at 48 h to exposed anaxia. Obtained data suggest that *D. bugensis* is more resistant than *D. polymorpha* to action anaxia.

Климова Я.С., Чуйко Г.М.

ВЛИЯНИЕ АНОКСИИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА *DREISSENA POLYMORPHA* И *D. BUGENSIS*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина» Российской академии наук, 1525742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок
yna.klim@mail.ru.

Цель исследования: провести сравнительный анализ влияния острой анаксии на динамику показателей оксидативного стресса у двух видов дрейссенид в условиях лабораторного эксперимента.

Для проведения эксперимента моллюсков *D. polymorpha* и *D. bugensis* вылавливали в ноябре в Волжском плесе Рыбинского водохранилища. После недельной акклимации к лабораторным условиям моллюсков подвергали воздействию гипоксии в течение 72 часов. После окончания эксперимента за смертностью моллюсков еще продолжали наблюдать до 96 часов. Анаэробные условия в опыте создавали путем барботирования воды в аквариуме газообразным азотом для вытеснения им растворенного кислорода. При этом концентрация кислорода в опыте составляла 0,56-1,1 O_2 мг/л, а в контроле – 6,17-7,78 O_2 мг/л. Моллюсков для анализа отбирали через каждые 24 часа, в течении 72 часов. В мягких тканях моллюсков определяли параметры системы АОЗ: активность каталазы (CAT) (Королюк и др., 1988), глутатион-S-трансферазы (GST) (Habig et al., 1974), глутатионредуктазы (GR) (Regoli et al., 1995), содержание восстановленного глутатиона (GSH) (Moron et al., 1979), и продукты перекисного окисления липидов (LPO) – содержание малоновогодиальдегида (MDA) (Владимиров, Арчаков, 1972), общий белок – по методу Брэдфорд (Bradford, 1976). Всего проанализировано 96 суммарных проб моллюсков. Данные представлены в виде средних и их стандартных ошибок (x±SE). Для статистического анализа применяли непараметрический U-критерий Манна-Уитни.

Через 72 часа экспозиции условиях аноксии смертность у *D. polymorpha* составила 5%, через 96 ч – 98%, среди *D. bugensis* погибших не было.

Показано, что реакция параметров оксидативного стресса дрейссенид на действие аноксии различалась. У *D. polymorpha* в опыте через 48 часов обнаружена инактивация КАТ в 1.6 раз и активация ГР в 2,1 раза. В последующие 72 часа наблюдался рост всех основных показателей оксидативного стресса: CAT в 1,5 раз, GR 2,1 раз, GRH в 1,6 раз, MDA в 1.8 раз. У *D. bugensis*в анаэробных условиях основные параметры оксидативного стресса не изменялись, за исключением повышения активности GST и GR в 1,5 раза. Несмотря на активацию защитных антиоксидантных механизмов, у *D. polymorpha* инактивируется CAT и накапливается MDA, что может свидетельствовать о нарастании процессов POL и развитии окислительного стресса в ее тканях. Из этого следует, что *D. polymorpha* более чувствительна к недостатку кислорода, чем *D. bugensis.* Данное заключение подтверждается и смертностью *D. polymorpha* в течение эксперимента.

Вывод: *D. polymorpha* более подвержена развитию оксидативного стресса прианоксии, а *D. bugensis* более толерантна к недостатку кислорода.

Kokryatskaya N.M.[1], Titova X.V.[1], Shevchenko V.P.[2], Vakhrameeva E.A.[1]

DIAGENESIS OF BOTTOM SEDIMENTS OF LAKES OF THE VAIGACH ISLAND

[1]N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research RAS, Arkhangelsk
[2]Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow

The results of the study of the distribution of organic carbon, the transformation of reactive iron and reduced sulfur compounds during the diagenetic transformation of bottom sediments of two arctic lakes on Vaigach Island are presented. Data on the accumulation of reduced sulfur compounds can be characterized by relatively low values, which indicates a decrease in the redox processes in the sediments. It is shown, that the bottom sediments of Lake Talatinskii labile organic matter are spent mainly on the reduction of trivalent iron, rather than sulfur, because during the diagenetic transformation of bottom sediments, the Fe^{3+} transition in Fe^{2+} is ahead of time in sulfate reduction.

Кокрятская Н.М.[1], Титова К.В.[1], Шевченко В.П.[2], Вахрамеева Е.А.[1]

ДИАГЕНЕЗ ДОННЫХ ОСАДКОВ ОЗЕР ОСТРОВА ВАЙГАЧ

[1]Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова РАН, Архангельск, Набережная Сев. Двины, 23
[2]Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Нахимовский проспект, 36
nkokr@yandex.ru

Актуальность исследования биогеохимических процессов, протекающих в водоемах Арктического региона, определяется, прежде всего, нестабильностью их экологического состояния, особенно в условиях изменения климата. Целью настоящей работы является изучение особенностей диагенеза донных осадков (ДО) арктических озёр.

Исследованы керны донных осадков (длиной 16-25 см), отобранные в двух озерах на острове Вайгач в августе 2010 г. в ходе Северной комплексной экспедиции Института экологических проблем Севера УрО РАН. Озеро Талатинское – одно из крупнейших на острове (2,2 на 1,6 км, средняя глубина 1 м) – относится к бассейну реки Талата Карская. Керн был отобран в точке с координатами N 70°13’33,9”; E 59°13’43”, глубина озера 0,95 м. Рядом с озером Талатинским расположено небольшое термокарстовое озеро глубиной около 1 м, названное нами Тундровым (длина и ширина не более 10 м).

Керн здесь был отобран в точке N 70°13’34”; E 59°12’15”, глубина озера 1 м. Вода в озерах маломинерализованная (диапазон изменения электропроводности 200-260 мкСм/см); pH 7,7–7,9; концентрация сульфатов изменялась в интервале 28-35 мг/л.

Содержание Al определяли фотометрическим методом; различные формы серы - методом систематического фазового анализа. Реакционноспособное железо извлекали из осадка натуральной влажности экстракцией 3,5N H_2SO_4. Fe(III) определяли из аликвоты полученного раствора иодометрически; Fe(II) – из другой аликвоты бихроматным методом. Общий и органический углерод/азот определяли на CHN-анализаторе фирмы «Хьюлетт Паккард».

По данным гранулометрического анализа донные осадки представлены пелито-алевритовыми илами с содержанием алеврита до 80,45% в озере Талатинском и песчано-пелитовым алевритом (с содержанием алеврита до 61,90%) в озере Тундровом. Основное различие между осадками этих водоемов состоит в содержании грубодисперсной фракции, представленной в обоих случаях песком, содержание которого равно в среднем 0,25% в оз. Талатинском и 17,38% в оз. Тундровом. В составе донных осадков обоих водоемов преобладает литогенный материал – содержание Al, являющегося индикатором литогенного вещества, в осадках озера Талатинского варьирует от 2,76 до 7,47% (здесь и далее в расчете на сухой осадок), в озере Тундровом – от 7,28 до 8,88%, что близко к его среднему содержанию в верхней части континентальной земной коры (8,15%).

Органический углерод преобладал в его общем содержании в осадках, составляя в среднем 80% от $C_{общ}$. Осадки оз. Талатинского обогащены органическим веществом (ОВ) по сравнению с озером Тундровым – содержание $C_{орг}$ составляет 1,16-2,43% и 0,64-1,47%, соответственно. Повышенное количество $C_{орг}$ характерно для верхних слоев осадков обоих озер; здесь же отмечено и максимальное содержание азота ($N_{орг}$) – так в осадках озера Талатинское его количество в самом верхнем слое составляет 0,41-0,77%, затем резко снижается и далее практически не выходит за границы интервала 0,10-0,18%; величина C/N-отношения при этом заметно возрастает к низу колонки. В осадках озера Тундровое органического азота более чем на порядок меньше чем в оз. Талатинском.

Содержание реакционноспособного железа ($Fe_{реакц}$) не только определяет уровень накопления в осадках восстановленной серы, но и отражает направленность протекающих в осадках редокс-процессов. Для ДО обоих озер количество $Fe_{реакц}$ близко и изменяется в интервале 0,4–1,3% при среднем значении 0,79%. Основной вклад в состав $Fe_{реакц}$ по всей длине колонки оз. Талатинского вносит несульфидное Fe(II) – 62% от $Fe_{реакц}$. В осадках озера Тундрового, напротив, преобладает Fe(III) – 88,7% от $Fe_{реакц}$, т.е. они более окислены по сравнению с осадками озера Талатинского. Закономерных изменений в вертикальном распределении как Fe(II) так и Fe(III) для обоих озер не выявлено.

В осадках озера Талатинского содержание соединений восстановленной серы – производных бактериального сероводорода – составляло в сумме ($\sum S_{H2S}$) не менее 80% от общего количества серы. Соединения восстановленной серы (сульфидная, пиритная, элементная и органическая) присутствовали в отложениях по всей исследованной глубине, что объясняется формированием внутри частиц органического детрита, поступающего в осадок, микроочагов анаэробных условий, благоприятных для существования сульфатредуцирующих бактерий. Общее содержание восстановленной серы в осадках озера Талатинского изменялось от 0,05 до 0,113% (в среднем 0,075%). Наиболее высокие значения $\sum S_{H2S}$ отмечены в подповерхностном горизонте и обусловлены максимальным (до 70% от $\sum S_{H2S}$) накоплением сульфидных форм серы (моносульфидов железа и пирита), образование которых происходит при взаимодействии бактериального сероводорода с $Fe_{реакц}$. Вероятно, именно здесь, в условиях аэробно-анаэробного диагенеза, процесс сульфатредукции протекает наиболее интенсивно. В осадках этого озера в исследованном довольно тонком слое отложений лабильное ОВ расходуется главным образом на восстановление Fe(III), а не серы, поскольку в ходе диагенетического преобразования донных отложений реакции перехода Fe^{3+} в Fe^{2+} по времени опережают сульфатредукцию. В целом, полученные данные по накоплению восстановленной серы в донных осадках можно характеризовать как относительно низкие, свидетельствующие о вялости протекающих в них редокс-процессов. Причиной этого, скорее всего, является преобладание в осадках ОВ, недоступного для микроорганизмов.

Авторы благодарны И.Н. Болотову и С.А. Игловскому за предоставление проб донных осадков; Р.Б. Ивахновой за определение содержания углерода и азота; Е.О. Золотых за определение содержания алюминия.

Kondratyeva L.M., Andreeva D.V., Utkina A.N.

EFFECT OF FLOOD ON THE CONTENT OF ORGANIC MATTER IN THE AMUR RIVER

Institute of water and ecology problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia

The results of a complex assessment of water quality change in the Amur River during the catastrophic flood of 2013 with the use of hydrochemical, spectral and microbiological indicators are shown. Calculation of the correlation coefficients between the content of organic matter (OM) and the amount of suspended substances, showed that with the flow of large tributaries (Zeya, Bureya, Sungari, Ussuri), OMs of a different structure and genesis came into the water. According to the value of integral indices, deterioration of water quality in the Amur River during the flood is established near the right bank in the zone of influence of the Sungari River (the territory of China).

Кондратьева Л.М., Андреева Д.В., Уткина А.С.

ВЛИЯНИЕ НАВОДНЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В РЕКЕ АМУР

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Дикопольцева, 56, Хабаровск, Россия, 680000
kondratevalm@gmail.com

Река Амур имеет пограничный статус, ее бассейн расположен на территории трех стран – России, Китая и Монголии. На участке Благовещенск-Хабаровск в формировании качества воды принимают участие четыре крупных притока: левобережные – Бурея и Зея (территория РФ) и правобережные – Сунгари и Уссури (территория КНР). Рост промышленного производства, интенсивное развитие сельского хозяйства в Китае и активное освоение природных ресурсов Приамурья приводят к загрязнению р. Амур органическими веществами (ОВ) различного строения и генезиса. Их содержание зависит от сезонов и гидрологического режима. В бассейне р. Амур в 2013 г. «каскадное» развитие исторического наводнения было обусловлено комплексом синоптических процессов, снежной зимой, переувлажнением почв и дождевыми паводками, которые сформировались практически на всех притоках р. Амур. Для оценки качества воды были использованы гидрохимические данные российско-китайского мониторинга, материалы собственных исследований при различном гидрологическом режиме на р. Амур (содержание ОВ по спектральным характеристикам при 254 и 275 нм, численность гетеротрофных – ГБ и сульфатредуцирующих бактерий – СРБ), расчеты интегральных показателей (ИЗВ – индекс загрязнения воды, ИКВ – индекс качества воды) и корреляционных связей между отдельными показателями.

За весь период наблюдения в 2013 г. максимальное содержание ОВ (абсорбция при 254 нм) было установлено на спаде паводка (конец сентября) на середине реки и у правого берега (влияние стока р. Сунгари), а также у левого берега в Пемзенской протоке (влияние затопленной поймы и сбросы с водохранилищ). Повышенное содержание трудно минерализуемых ОВ по показателю ХПК наблюдали в июне по всему профилю реки в районе г. Хабаровска. Его максимум сохранялся у левого берега до октября. Согласно гидрохимическим данным и расчету коэффициента корреляции со стоком р. Сунгари поступали растворенные трудно минерализуемые ОВ, а в составе взвешенных веществ в основном минеральные компоненты. Между ХПК и количеством взвешенных веществ (наиболее яркий показатель качества воды во время наводнения) связь отсутствовала. Влияние стока р. Сунгари более ярко прослеживалось по показателю БПК. На створе выше устья р. Сунгари значения БПК были в 2 раза ниже.

В июне 2013 г. на начальном этапе формирования наводнения на р. Амур численность индикаторной группы СРБ в исследуемых местообитаниях увеличилась в 2-16 раз, по сравнению с подледным периодом. На спаде паводка при поступлении с поймы в речную воду ОВ растительного генезиса зарегистрирована максимальная численность ГБ и СРБ на середине реки и у правого берега под влиянием стока р. Сунгари. В зоне влияния р. Уссури (Амурская протока) численность СРБ была минимальной в течение всего периода наблюдений. Сравнительный анализ корреляционных связей между численностью СРБ и содержанием ОВ в воде показал, что они существенно изменялись на разных створах и в течение формирования наводнения в связи с разным генезисом и строением ОВ. В основном русле р. Амур в июне и августе связь между парами СРБ-$ОВ_{254}$ и СРБ-$ОВ_{275}$ была отрицательной, это могло быть связано с доминированием трудно минерализуемых ароматических ОВ, поступающих со сбросами с водохранилищ и насыщением водных масс кислородом при высоких расходах воды. На спаде паводка (сентябрь, октябрь) установлена тесная положительная связь между этими парами. В период наводнения при затоплении поймы на глубину 2-3 м, растительность подвергалась микробиологической трансформации. При дефиците кислорода создавались условия для развития СРБ.

Расчеты показали, что во время наводнения ИЗВ оказался чувствительным показателем, позволяющим более адекватно оценить экологическое состояние водного объекта по перечному профилю реки, в отличии от ИКВ. Это связано с тем что для расчета ИЗВ были использованы приоритетные показатели: наличие легкодоступных (БПК) и труднодоступных ОВ (ХПК), ионы аммония, $Fe_{общ}$, Mn и As. Благодаря этому индексу было установлено ухудшение качества воды во время наводнения у правого берега в зоне влияния стока р. Сунгари за счет поступления взвесей и органических веществ. Эта закономерность была подтверждена на спаде паводка с помощью спектральных методов определения содержания ОВ. Таким образом, после катастрофического наводнения были выявлены главные факторы, влияющие на состав ОВ в р. Амур: трансграничное поступление со стоком р. Сунгари, сбросы с водохранилищ и затопление поймы.

Kondratyeva L.M.[1], Golubeva E.M.[2]

RISK FACTORS OF MERCURY METHYLATION IN RIVER ECOSYSTEMS DURING FREEZE-UP

[1]Institute of water and ecology problems RAS, Khabarovsk, Russia
[2]Institute of Tectonics and Geophysics RAS, Khabarovsk, 680000, Russia
evg8302@ya.ru; kondratevalm@gmail.com

The results of the study of the ecological state of the Amur River in the period of freezing using liquid chromatography, mass-spectrometry and microbiological methods are presented. The main risk factors for mercury pollution in the Amur River include: the flow of the rivers Sungari and Ussuri from the territory of China, discharges from reservoirs on the rivers Zeya and Bureya (left bank of Russia). In the ice thickness, there are conditions for methylation of mercury: a high content of vegetable detritus, a variety of methylbenzenes, active heterotrophic cryomicrobocenoses and mercury-resistant bacteria.

Кондратьева Л.М.[1], Голубева Е.М.[2]

ФАКТОРЫ РИСКА МЕТИЛИРОВАНИЯ РТУТИ В РЕЧНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ В ПЕРИОД ЛЕДОСТАВА

[1]Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Дикопольцева, 56, Хабаровск, Россия, 680000
[2]Институт тектоники и геофизики ДВО РАН, Ким-Ю-Чена,65, Хабаровск, Россия, 680000
evg8302@ya.ru; kondratevalm@gmail.com

Одной из актуальных проблем Приамурья является своевременная организация экстренного мониторинга после техногенных аварий и наводнений в бассейнах крупных притоков. Неотъемлемой составляющей прогнозирования развития событий в обоих случаях является правильный расчет времени поступления загрязненных водных масс к водозаборам крупных населенных пунктов и адекватный выбор критериев оценки последствий (факторов риска). Отрицательный негативный опыт был получен после техногенной аварии нефтеперерабатывающем заводе в г. Цзилинь в Китае в 2005 г. при трансграничном загрязнении реки Амур нитробензолом. Масштабы риска загрязнения были недооценены из-за отсутствия сценарного прогнозирования времени распространения загрязненных водных масс в зоне формирования ледового покрова, знаний о поведении ароматических соединений при низких температурах и возможных последствиях в весенний период при таянии льда.

Многолетние исследования свидетельствуют о ртутном загрязнении разных компонентов экосистемы р. Амур, в том числе воды, донных отложений и льда. За период 2010-2014 гг. содержание ртути во льдах р. Амур, Амурской и Пемзенской проток изменялось в значительных пределах (<0,001-0,71 мкг/л). В качестве основных факторов риска ртутного загрязнения рассматриваются: сток рек Сунгари и Уссури с территории Китая, сбросы с крупных водохранилищ на реках Зея и Бурея (левобережье РФ), затопление поймы на заболоченных участках и рисовых полей, питание рек в зимний период железосодержащими подземными водами, сбросы неочищенных сточных вод с высоким содержанием органических веществ в подледный период, когда создаются условия для образования метилированных производных бензола.

Известно, что ртуть присутствует в затапливаемых почвах, растительности и оседающем взвешенном материале водохранилищ. В результате биогеохимических процессов, включая микробиологическую деструкцию растительных остатков и гуминовых веществ, ртуть переходит в более токсичную метилированную форму (CH_3Hg^+). Это резко увеличивает ее миграционную способность и накопление гидробионтами.

Исследование экологического состояния р. Амур в период ледостава с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии, хроматомасс-спектрометрии и микробиологических методов показали, что в толще льда существуют условия для метилирования ртути: высокое содержание растительного детрита, разнообразие метилбензолов, присутствие устойчивых к ртути главных метиляторов ртути сульфатредуцирующих и железоредуцирующих бактерий, утилизирующих продукты микробиологической деструкции растительных остатков и гуминовых веществ. Так в марте 2014 г. максимальная численность разных физиологических групп бактерий была установлена в уникальном слое льда (70-117 см) с высоким содержанием детрита. Согласно данным электронной микроскопии в состав детрита входили остатки диатомовых водорослей и микрочастицы разлагающейся растительности, свидетельствующие о сходстве с составом взвешенных веществ, поступающих из водохранилищ. Криомикробоценозы из этого слоя льда оказались устойчивыми к высоким концентрациям ртути (0,5-1 мкг/л).

Возобновление работ на рассыпных месторождениях золота в Верховье Амура на территории Монголии и заполнение нового Нижнебурейского водохранилища можно считать актуальными факторами риска загрязнения метилртутью. Масштабы пространственно-временных рисков ртутного загрязнения в период весеннего ледохода распространяются от устьевых зон крупных притоков (Зея, Бурея, Сунгари, Уссури) до Амурского лимана, побережий Сахалина и прибрежных акватории Охотского и Японского морей.

Konstantinova E.A.[1], Shishkina V.P.[1], Glyzin L.A.[2], Glyzina O.Yu.[2]

THE CULTIVATION OF LUBOMIRSKIA BAICALENSIS IN TERMS OF COLD-WATER AQUASTEAM

[1]Irkutsk state University, Irkutsk, Russia
[2]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
helena.vip.lena1998@mail.ru

The cultivation of colonies of sponges and their reductive Taurus in vivo allowed us to create a manageable living model in experimentally controlled conditions. Artificially changed conditions caused activation of sexual reproduction - early exit of sponges larvae.

Константинова Е.А.[1], Шишкина В.П.[1], Глызин Л.А.[2], Глызина О.Ю.[2]

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ *LUBOMIRSKIA BAICALENSIS* В УСЛОВИЯХ ХОЛОДНОВОДНЫХ АКВАУСТАНОВОК

[1]Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
[2]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
helena.vip.lena1998@mail.ru

Культивирование колоний губок и их редукционных телец *in vivo* позволило создать управляемую живую модель в экспериментально контролируемых условиях. Искусственно изменённые условия вызвали активизацию полового размножения – ранний выход личинок губок.

Экологическая система изолированных водоемов, к которым относится озеро Байкал, со временем

претерпевает катастрофические изменения. Эпидемии среди губок, особенно долгоживущих и медленно растущих, могут оказать на их популяции серьезный долгосрочный эффект. Заболевания губок и их коммерческие сборы поставили многие популяции на грань вымирания. За последние два десятилетия сообщения о болезни и массовой гибели кораллов и губок встречаются по всему миру и достаточно часто. Для сохранения биоразнообразия планеты в мировой практике и в России вопросы совершенствования методов искусственного содержания и культивирования ценных гидробионтов выдвигаются на первый план. Также существует проблема длительного содержания сообщества губок в живых музейных экспозициях. В настоящее время Всемирным центром мониторинга окружающей среды создана база данных по болезням кораллов и губок, которая включает сообщения и публикации по их заболеваниям.

При наблюдаемом сейчас изменении экосистемы озера Байкал, у губок, возможно, нарушается система взаимосвязей между клетками и их симбионтами и губки теряют способность регенерировать поврежденные клетки. Одним из возможных путей восстановления колоний губок может служить создание биотехнологии культивирования губок в искусственных условиях. У пресноводных и морских губок при неблагоприятных условиях образуются редукционные тела, которые способны пережить резкие изменения среды. В естественных условиях у байкальских губок образование таких телец до настоящего времени не отмечено.

В нашей работе были использованы образцы губки *Lubomirskia baicalensis*, собраные с глубины 5-8 м в южной части озера Байкал в 2015-2016 гг. (м. Берёзовый, п. Большие Коты). Эксперименты проводили в полупроточных аквариумных установках на базе уникальной научной установки «Экспериментальный пресноводный аквариумный комплекс байкальских гидробионтов» (ПАК) наполненных байкальской водой. Состав воды регулярно контролировали, pH поддерживали в интервале 7,5-7,8.

Результаты экспериментальных исследований показали, что повышение температуры воды до +9-+13°С вызывает у губки различные адаптационные биохимические реакции. Визуальные признаки разрушения колоний губки (втянутые оскулюмы, появление небольших областей мёртвых клеток, снижение численности экзосимбионтов – амфипод и малощетинковых червей), живущих при температуре +10°С (выше, чем в естественных условиях), появились уже на 45-е сутки культивирования. Искусственно изменённые условия вызвали активизацию полового размножения – ранний выход личинок губок При этом наблюдалось не только половое, но и бесполое размножение – с помощью образования редукционных телец.

Редукционные тельца имеют ярко-зеленый цвет и размеры от 1 до 10 мм, держатся на губке около двух недель, а затем падают на грунт и начинают самостоятельное развитие. С наступлением благоприятных условий из этих редукционных телец развиваются новые губки.

Всего с 2010 по 2017 гг. в эксперименте в условиях значительной проточности воды и постоянного светового режима получено 12 партий редукционных телец. Как показали биохимические исследования, редукционные тельца имеют высокое содержание хлорофиллов *a* и *b*, полиненасыщенных жирных кислот из ряда демоспонгиевых.

Культивирование колоний губок и их редукционных телец *in vivo* на базе ПАК позволило создать управляемую живую модель в экспериментально контролируемых условиях. А сочетание натурных наблюдений, комплекса современных методов биохимического анализа и методов культивирования губок доказывает возможность успешного восстановления популяций байкальских губок в природе.

Проведенные исследования актуальны как в области изучения физиологии подобных организмов, так и в экологии биоценоза, основой которого является губка. Данные материалы могут иметь большое значение в понимании механизмов адаптации сложных симбиотических сообществ, в оценке их устойчивости в экосистеме озера Байкал, для проведения экспериментальных работ и содержания пресноводных губок в музейных экспозициях.

Работа выполняется в рамках проектов: VI.50.1.4. (0345–2016–0002) «Молекулярная экология и эволюция …»; 0345–2016–0005, а также при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научных проектов № 17-04-01598, 17-44-388103 р_а.

Kolpakova E., Shvetsova N.

CHLOROPHENOL COMPOUNDS IN FRESHWATER LAKES OF THE EUROPEAN FAR NORTH

FCIARctic, Arkhangelsk

The results of a study of freshwater lakes in the European Far North are presented. The presence of pentachlorophenol and other chlorophenol compounds in the bottom sediments of lakes was revealed, content levels and profiles were established.

Колпакова Е.С., Швецова Н.В.

ХЛОРФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ В ПРЕСНОВОДНЫХ ОЗЕРАХ ЕРОПЕЙСКОГО КРАЙНЕГО СЕВЕРА

ФГБУН ФИЦКИА РАН, 163000, г. Архангельск, набережная Северной Двины, 23
kolpelen@yandex.ru

К приоритетным источникам хлорорганических соединений в северных странах относятся предприятия лесопромышленного комплекса, связанным с интенсивным и масштабным применением препаратов на основе пентахлорфенола и его солей для антисептирования пиломатериалов. В Архангельской области вплоть до 90-х гг. прошлого века для защиты древесины от биопоражений применялся технический препарат основным компонентом которого был пентахлорфенол.

Пентахлорфенол обладает высокой токсичностью для дикой природы и человека, а также потенциалом переноса на большие расстояния и потенциалом к бионакоплению в окружающей среде и полностью

удовлетворяет критериям, предъявляемым Стокгольмской конвенцией к стойким органическим загрязнителям, принятых к ликвидации производства и использования в окружающей среде. Пентахлорфенол способен трансформироваться в окружающей среде с образованием производных – хлорфенольных соединений.

Более двадцати лет лаборатория экоаналитических исследований проводит мониторинговые исследования пресноводных экосистем на территории Европейского крайнего Севера для оценки экологического состояния природного и антропогенного характера; в том числе ведется изучение поведения приоритетных хлорфенольных соединений в компонентах озерных экосистем, в разной степени подверженных влиянию регионального фактора антропогенного воздействия, приоритетного в условиях развитого лесопромышленного комплекса.

В данной работе представлены результаты исследования донных осадков малых озер, в разной степени в разной степени испытывающих антропогенное воздействие.

По результатам исследования донных осадков озера, расположенного на юге Архангельской области и испытывающего прямое антропогенное воздействие от загрязнения хлорорганическими соединениями, содержание хлорфенольных соединений составляло от 0,080 до 0,337 мкг/г. Токсичный пентахлорфенол был обнаружен во всех пробах озерных осадков и определен в концентрациях 0,046-0,189 мкг/г. Следует отметить, что спустя десятилетие после проведения первичных исследований содержание пентахлорфенола снизилось практически на порядок, однако в некоторых пробах его концентрации превышали предельный безопасный уровень содержания в донных осадках пресноводных экосистем (0,124 мкг/г), установленный на основании токсикологических тестов.

Снижение общего содержания пентахлорфенола в озерных осадках с течением времени предполагало активное протекание окислительно-восстановительных процессов биотрансформации в водоеме с образованием других хлорфенольных соединений. На хроматограммах гексановых экстрактов донных осадков были идентифицированы и количественно определены высокохлорированные фенолы и метоксифенолы (хлоргваяколы).

Среди них в каждой пробе встречались пентахлорфенол, 2,3,5-, 2,4,5-трихлорфенолы, 3,4,5- и 3,4,6-трихлоргваяколы. Наиболее значимыми по количественному содержанию в осадках были определены пентахлорфенол (от 0,046 до 0,189 мкг/г) и 3,4,5-трихлоргваякол (от 0,015 до 0,150 мкг/г).

Выявленный профиль трихлорфенолов и трихлоргваяколов представляет собой спектр промежуточных соединений окислительного и восстановительного дехлорирования пентахлорфенола в аэробно-анаэробных условиях водоема.

Наряду с исследованиями загрязненных озер, были исследованы озера не испытывающих антропогенного воздействия. Так, в донных осадках озер, расположенных на юго-западе Архангельской области, концентрации хлорфенольных соединений варьировали в широком диапазоне от 0,004 до 0,129 мкг/г. Вклад пентахлорфенола в общее содержание хлорфенольных соединений был невелик, составляя от 1,5 до 10,0%. Концентрации пентахлорфенола найдены в диапазоне от 0,001 до 0,002 мкг/г. В общем содержании хлорфенольных соединений доминировали низкохлорированные соединения, вклад которых составлял от 66 до 100%. Среди этих соединений чаще всех встречались 2-хлорфенол, 2,3- и 2,6-дихлорфенолы. Кроме пентахлорфенола, состав высокохлорированных соединений представлен 2,3,4,6-тетрахлорфенолом и 2,4,6-трихлорфенолом.

В ходе проведенных исследований в донных осадках субарктических озер, расположенных в Большеземельской тундре и на острове Вайгач выявлено присутствие высокохлорированных фенолов в концентрациях от 0,001 до 0,185 мкг/г. Пентахлорфенол в исследованных осадках был обнаружен в осадках лишь одного озера в количестве 0,008 мкг/г. По количественному содержанию, основными соединениями, обнаруженными в осадках были 2,4,5-трихлорфенол и 2,3,4,6-тетрахлорфенол. В меньших концентрациях были найдены 2,3,4-, 2,4,6-, 3,4,5-трихлорфенолы и 2,3,4,5-тетрахлорфенол. Выявленный спектр хлорированных фенолов в донных осадках озер, удаленных от антропогенного воздействия, предполагает формирование состава хлорфенольных соединений за счет естественных энзиматических и биохимических и процессов, а также под влиянием регионального атмосферного переноса.

Kononov E.E.[1, 2], Khlystov O.M.[1], Kazakov A.V.[1, 2], Khabuev A.V.[1]

RIFTOGENIC RELIEF OF SOUTHERN BAIKAL AND ITS MODELING WITH MODERN SEISMOGENIC AND UNDERWATER GRAVITATIONAL PROCESSES

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

[2]The V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, 1, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia

This work represents the interpretation results of data obtained in the Laboratory of Lake Baikal Geology, Environmental and Energy Resources Research Center of Kitamy Institute of Technology (Japan), The Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Ostend (Belgium) and the Department of Radioelectronics and Telecommunication Systems of Irkutsk State Technical University during the fieldworks using high-resolution geophysical equipment for the purpose of the detailed study of the bottom surface relief in the Southern Basin of Lake Baikal.

The digital model of the bottom relief has shown that, as a rule, the surface adjacent to the coastline, an underwater coastal slope, has the most complex structure. The hollow-ridge formations associated with erosive and underwater gravitational processes, and rarely with structure were dominant and the most noticeable types of relief. The hollow-ridge relief was developed practically along the entire coastline of the Southern Basin, but most clearly it occured along the southern and eastern coasts, as well as at the continental slope of the Selenga River delta. Sometimes, the hollow-ridge forms stretched directly from the shore deep into lake at a distance of several hundred meters to approximately 10-15 km. The partitioning depth of this relief varied from several tens of meters to 200-250 m, and in some places – to 500 m.

Slightly convex, often fan-shaped surfaces of modern delta fronts were very common forms of the underwater slope relief. Delta fronts were particularly widespread along the southern coast of the basin, and they continued the terrestrial alluvial surfaces (deltas and fans) of the largest watercourses of Southern Baikal. A characteristic feature of these delta fronts were the fragments of more ancient alluvial-lacustrine formations on their surface that rose in some areas over the surface of the delta front by 100-150 m. These fragments were heavily aerial and somewhere absolutely or partially destroyed ancient sedimentation surfaces, lacustrine-riverine and lacustrine-marsh surface of the Tankhoy tertiary field, that, according to our data, presumably stretched to the north of the modern coastline by 15-20 km.

Canyons and canyon-like valleys widespread along the southern and eastern coasts were an obvious and characteristic linear form of the underwater slope in the basin. The valleys of Murino, Mysovsk, Boyarsk, Posolsk, Sredniy, Kukuy and some other smaller canyons were the largest ones and clearly expressed in the relief. We consider that the tectonic processes triggered the development of canyons.

Along the underwater slope of the southern coast of the basin, there were traces of fault tectonics. The relief of the underwater slope from the mouth of the river Kultuchnaya (6-6.5 km from the shore) had well expressed rectilinear terraces stretching to northwest with a depth difference of 50–70 m. The terraces stretched practically from the coast to southeast towards the deeper parts of the basin up to the depths close to 1100 m. On the land, at the extension of the underwater terraces the left side of the graben-like valley of the river Kultuchnaya stretched, which suggested the tectonic origin of the underwater slopes and attributed them to the elements of the feathering structure of the Main Sayan Fault. In the estuary of the Mysovsk canyon, at a distance of approximately 11.5-12 km from the shore and depth of approximately 1000 m, as well as at a distance of 15.5-16 km from the coastline the relief of the bottom clearly showed the rectilinear terraces with a height of 160-170 m and 60-70 m, respectively, that extended to northeast. These terraces were obviously tectogenic, and tectonic movements, which they indicated, could lead to the lowering of the bottom surface, thus, changing the basis of erosion resulting in the initiation of regressive erosion and formation of rugged surface of the underwater slope.

The coastline of the western side of the lake basin from the mouth of the river Kultuchnaya to the mouth of the river Buguldeika was rather homologous in geomorphological terms. Abrasion tectonically determined forms of relief dominated. The underewater slope there was very steep, strongy dissected and short in the transverse direction.

The study of the digital model of the relief of Southern Baikal Basin has shown that the tectonic processes played the leading role in the formation of the main most obvious forms of relief. Due to them, the graben-like fault to the south of the Posolsk bank was created, the main geomorphological features of the Posolsk bank valley and knee of the channel of the Boyarsk canyon were formed, as well as the formation processes of valleys in other canyons were initiated. Most canyons of the southern coast did not reach the modern coastline, and their upper reaches are now located in the region of the 40 meter isobath. The fact that the underwater slope changes sharply the inclination angles at the same depth indirectly indicates the last lowering of the lake level by 40 m and the coastline of that time. We found morphological changes in the vertex parts of some remnants in areas of gas-hydrate accumulations, which have expanded the possibilities of searching for the new hydrate-bearing sites in all basins of the lake.

Кононов Е.Е.[1, 2], Хлыстов О.М.[1], Казаков А.В.[1, 2], Хабуев А.В.[1]

РИФТОГЕННЫЙ РЕЛЬЕФ КОТЛОВИНЫ ЮЖНОГО БАЙКАЛА И ЕГО МОДЕЛИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫМИ СЕЙСМОГЕННЫМИ И ПОДВОДНО-ГРАВИТАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

[1]Лимнологический Институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия

В настоящей работе изложены результаты интерпретации данных полученных сотрудниками лаборатории Геологии ЛИН СО РАН, Исследовательского центра окружающей среды и источников энергии Технического института г. Китами (Япония), Королевского института естественных наук, г. Остенде (Бельгия) и кафедры радиоэлектроники и телекоммуникационных систем ИрНИТУ во время экспедиционных исследований с применением высокоразрешающей геофизической аппаратуры с целью детального изучения рельефа донной поверхности Южной котловины озера.

Изучение цифровой модели донного рельефа показало, что наиболее сложное строение, как правило, имеет поверхность, примыкающая к береговой линии – подводный прибрежный склон. Доминирующими, наиболее заметными, формами рельефа здесь являются грядово-ложбинные образования, формирование которых связывается с эрозионными, подводно-гравитационными процессами, реже структурной обусловленностью этих форм. Грядово-ложбинный рельеф развит практически вдоль всей береговой линии Южной котловины, но наиболее ярко проявляется вдоль южного и восточного берегов, а также на свале глубин дельты р. Селенги. Грядово-ложбинные формы протягиваются иногда непосредственно от берега вглубь озера на расстояние от нескольких сот метров до примерно 10-15 км. Глубина расчленения этого рельефа варьирует от нескольких десятков метров до 200-250 м, местами до 500 м.

Весьма распространенной формой подводного склонового рельефа являются слабовыпуклые, часто веерообразные в плане, поверхности современных авандельт. Авандельты особенно широко распространены вдоль южного берега котловины и являются подводным продолжением наземных аллювиальных поверхностей (дельт, конусов выноса) наиболее крупных водотоков Южного Байкала. Характерной особенностью этих авандельт является наличие на их поверхности фрагментов более древних аллювиально-озерных образований, возвышающихся местами над поверхностью авандельты на 100-150 м. Данные фрагменты представляют собой ныне сильно денудированную и местами уничтоженную, частично или полностью, древнюю поверхность осадконакопления – озерно-речную, озерно-болотную поверхность танхойского «третичного» поля, которая, по нашим данным, предположительно простиралась на север от современной береговой линии на 15-20 км.

Заметной и характерной линейной формой подводного склона котловины являются каньоны и каньонообразные долины, широко распространенные вдоль южного и восточного побережий. Наиболее крупными и прекрасно выраженными в рельефа дна являются долины Муринского, Мысовского, Боярского, Посольского, Среднего, Кукуйского и ряда более мелких каньонов. «Спусковым крючком», инициировавшим развитие каньонов, следует считать тектонические процессы.

Вдоль подводного склона южного берега котловины наблюдаются следы разломной тектоники. В рельефе подводной поверхности, начиная от устья р. Култучной (в 6-6,5 км от берега) хорошо выражены прямолинейные уступы северо-западного простирания с перепадом глубин в 50-70 м. Уступы протягивается практически от берега на юго-восток в сторону более глубоких частей котловины до отметок близких 1100 м. На суше, на продолжении подводных уступов, протягивается левый борт грабенообразной долины р. Култучной, что заставляет предположить тектоническое происхождение подводных уступов и отнести их элементам структуры оперения Главного Саянского разлома. В устьевой части каньона Мысовского на расстоянии примерно 11,5-12 км от берега на глубине около 1000 м и на расстоянии 15,5-16 км от береговой линии в рельефе дна прекрасно выражены прямолинейные уступы высотой 160-170 м и 60-70 м, соответственно, простирающиеся на северо-восток. Названные уступы явно тектогенные и тектонические подвижки, о которых они свидетельствуют, могли привести к опусканию донной поверхности, что изменило базис эрозии, привело к инициации регрессивной эрозии и формированию изрезанной поверхности подводного склона.

Береговая полоса западного борта озерной котловины от устья р. Култучной и до устья р. Бугульдейки в геоморфологическом отношении довольно однородна. Доминируют абразионные, тектонически обусловленные формы рельефа. Подводный склон здесь весьма крутой, сильно расчлененный и короткий в поперечном направлении.

Изучение цифровой модели рельефа Южной котловины Байкала показывает, что ведущую роль при формировании основных, наиболее заметных форм рельефа играли тектонические процессы. Именно благодаря им была создана грабенообразная впадина южнее Посольской банки, сформированы главные геоморфологические особенности долины Посольского каньона, коленообразный изгиб русла каньона Боярского, инициированы процессы формирования долин других каньонов. Установлено, что большинство каньонов южного берега не достигли современной береговой линии, а их верховья расположены сейчас в районе 40-метровой изобаты. То обстоятельство, что подводный склон резко изменяет углы наклона на такой же глубине, свидетельствует, косвенным образом, в пользу последнего снижения уровня озера на 40 м и отмечает береговую линию того время. Обнаружены морфологические изменения вершинных частей отдельных останцов в местах присутствия скоплений газовых гидратов, что расширило возможности поиска новых гидратоносных участков по всем котловинам озера.

Kopyrina L.I.

ALGAL FLORA OF TIT-ARA ISLANDS (SUBARTIC TUNDRA, YAKUTIA)

Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, Russia 667980, Yakutsk, Prospekt Lenina 41

In the present work, the first data on the species composition of individual groups of algae in the Tit-Ara water bodies are given: Chlorophyta - 21% (31 species), Chrysophyta - 9% (13), Cyanophyta - 7% (11), Xanthophyta - 6% (9), Euglenophyta and Dinophyta - 2 species (1%). Algae species from the phylum Chrysophyta - *Dinobryon asymmetricum* Hill. et Asm., *Dinobryon saccatum* Prescott, *Epipyxis alaskana* Hill. et Asm., *Epipyxis utriculus* var. *reticulatum* (Skuja) Hill et Asm., *Pseudokephyrion ellipsoideum* (Pasch.) Schmidt and phylum Chlorophyta - *Cosmarium praemorsum* Bréb., *Oedogonium ahlstrandii* Wittr. and *Oedogonium cylindricum* Jao are new for algal flora of Yakutia.

Копырина Л.И.

АЛЬГОФЛОРА ВОДОРОСЛЕЙ ОСТРОВА ТИТ-АРЫ (СУБАРКТИЧЕСКАЯ ТУНДРА, ЯКУТИЯ)

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН,
667980, г. Якутск, проспект Ленина 41, 8(4112)335812,
l.i.kopyrina@mail.ru

Остров Тит-Ары (N 71°53′, E 127°09′ – N 72°02′, E 126°52′) характеризуется большим количеством озер эрозионно-термокарстового и водно-эрозионного происхождения на первых и вторых надпойменных террасах в низовьях р. Лены. Климат о. Тит-Ары входит в субарктическую климатическую зону, характеризуется как полярный и суровый с продолжительной холодной зимой и коротким прохладным летом. Среднегодовая температура воздуха составляет 13,2-13,4 °С, средняя температура января – 33,3-34 °С, июля 7-8,9 °С. Цель работы – изучить видовой состав отдельных групп водорослей водоемов о. Тит-Ары.

Материалом для данной работы послужили пробы фитоперифитона из небольших водоемов, мочажин полигонально-валиковой тундры острова Тит-Ары Субарктики в ходе комплексной экспедиции ИБПК СО РАН.

В настоящей работе приведены 67 видов или 70 видов рангом ниже рода из 29 родов, 25 семейств, 15 порядков и 9 классов в составе: Chlorophyta – 31 (21%), Chrysophyta – 13 (9%), Cyanophyta – 10 (7%), Xanthophyta – 9 (6%), меньше всего выявлено Euglenophyta и Dinophyta по – 2 вида (1%). Найдены новые для альгофлоры Якутии виды водорослей из отдела Chrysophyta – *Dinobryon*

asymmetricum Hill. et Asm., *Dinobryon saccatum* Prescott, *Epipyxis alaskana* Hill. et Asm., *Epipyxis utriculus* var. *reticulatum* (Skuja) Hill et Asm., *Pseudokephyrion ellipsoideum* (Pasch.) Schmidt; Chlorophyta – *Cosmarium praemorsum* Bréb., *Oedogonium ahlstrandii* Wittr. и *Oedogonium cylindricum* Jao.

Наиболее крупные по числу 8 семейств объединяют 45 видов, что составляет 67,2% от общего количества видов водорослей. Среди них разнообразны семейства: *Dinobryonaceae* – (12 видов, 26,6% от общего числа), *Desmidiaceae* (8 видов, 17,7%), *Closteriaceae* (7 видов, 15,5%), *Oedogoniaceae* (5 видов, 11,1%), *Nostocaceae* (4 вида, 8,8%), *Characiopsidaceae, Sciadiaceae Spirogyraceae* (по 3 вида и по 6,6%). На долю 9 ведущих родов по видовому богатству приходится 39 видов, что составляет 58,2% от общего количества видов водорослей. Среди них *Closterium* и *Dinobryon* (по 7 видов, по 18,8%), *Cosmarium* (6 видов, 15,4 %), *Nostoc* (4 вида, 10,2%), *Characiopsis, Epipyxis, Oedogonium, Ophiocytium, Spirogyra* (по 3 вида, по 7,7% от общего количества видов).

Среди других отделов водорослей о. Тит-Ары ведущую роль играют Chlorophyta (31 вид, 21% от общего числа) из 12 родов, 10 семейств, 6 порядков и 2 классов. По числу видов преобладают роды *Closterium* (7), *Cosmarium* (6), затем *Oedogonium, Spirogyra* по 3 вида. В водоеме № 6 выявлены три новых для альгофлоры Якутии виды: *Cosmarium praemorsum, Oedogonium ahlstrandii* и *Oedogonium cylindricum*. В исследованных водоемах в составе зеленых водорослей часто встречались виды с нитчатой структурой таллома: *Bulbochaete intermedia* De Bary, *Oedogonium undulatum* (Bréb.) A. Br., *Spirogyra varians* (Kütz.) Czurda, *Spirogyra mirabilis* (Hass.) Kütz., *Zygnema pectinatum* (Ag.) Czurda, *Zygnema ralfsii* (Hass.) De Bary, *Ulothrix limnetica* Lemm., *Ulothrix moniliformis* Kütz. В мелких остаточных тундровых озерах Субарктики часто среди обрастаний присутствовали: *Aphanochaete repens* A. Br., *Chaetophora elegans* (Roth) Ag, *Closterium abruptum* W. West, *Closterium gracile* Ralfs, *Closterium peracerosum* Gay, *Closterium cornu* Ralfs, *Closterium dianae* Ralfs, *Closterium jenneri* Ralfs, *Closterium macilentum* Bréb., *Cosmarium cucumis* (Corda) Ralfs, *Cosmarium debaryi* Arch., *Cosmarium humile* (Gay) Nordst., *Cosmarium margaritatum* Roy et Biss., *Cosmarium ochthodes* Nordst., *Euastrum bidentatum* Näg., *Euastrum binale* (Turp.) Ralfs, *Gonatozygon brebissonii* De Bary.

Из отдела Chrysophyta найдены 13 видов (9%), среди них обнаружены новые для альгофлоры Якутии виды: *Dinobryon asymmetricum, Dinobryon saccatum, Epipyxis alaskana, Epipyxis utriculus* var. *reticulatum, Pseudokephyrion ellipsoideum.* Наибольшим видовым разнообразием отличился род *Dinobryon* представлен 7 видами и 8 видами рангом ниже рода. Отдел Cyanophyta занимает третье место, всего выявлено 10 видов (7%) в литоральной зоне среди обрастаний: *Lyngbya aestuarii* Liebm. ex Gom., *Merismopedia major* (Smith) Geitl., *Nostoc coeruleum* Born. et Flah., *Nostoc kihlmani* Lemm., *Nostoc paludosum* Kütz. ex Born et Flah., *Nostoc punctiforme* (Kütz.) Hariot, *Plectonema boryanum* Gom., *Stigonema informe* Kütz., *Tolypothrix distorta* (Kütz.) Born. et Flah. *f. distorta, Tolypothrix distorta f. penicillata* (Ag.) Kossinsk., *Tolypothrix tenuis* Kütz. На долю Xanthophyta – 9 (6%), *Bumilleria angustata* (Starm.) Matv. Et Dogadina, *Characiopsis obtusa* (Ettl) Ettl, *Characiopsis tuba* (Herm.) Lemm., *Ophiocytium cochleare* A. Br., *Ophiocytium gracilipes* (A. Br.) Rabenh., *Ophiocytium parvulum* A. Br., *Sphaerosorus coelastroides* Pasch., *Tribonema viride* Pasch. Euglenophyta представлен двумя видами – *Trachelomonas lacustris* Drezep. и *Trachelomonas oblonga* Lemm. Из отдела Dinophyta выявлены 2 вида – *Peridinium umbonatum* Stein и *Peridinium volzii* Lemm.

Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания ИБПК СО РАН на 2017-20120 гг.: Проект VI.52.1.8. Фундаментальные и прикладные аспекты изучения разнообразия растительного мира Северной и Центральной Якутии (0376-2018-0001) регистрационный номер АААА-А17-117020110056-0). Автор выражает искреннюю благодарность коллективу и заведующей Отделом ультраструктуры клеток ЛИН СО РАН, д.б.н. Е.В. Лихошвай за предоставленную возможность работы на сканирующих электронных и световых микроскопах, за помощь при работе с электронными микроскопами, ведущим инженерам Егорову В.И. и Масленниковой М.М., коллективу отдела за консультации и ценные советы в подготовке материалов, без которых проведение данной работы было бы невозможным.

Koroleva A.G.[1], Zaytseva E.P.[1], Porfiriev A.G.[2], Kirilchik S.V.[1], Timoshkin O.A.[1]

MORPHOLOGY AND MOLECULAR BIOLOGY OF THE ENDEMIC BAIKAL PLANARIA *BAIKALOBIA RADDEI* (PLATHELMINTHES, TRICLADIDA)

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2] Kazan Federal University, Kazan, 420008 Russia
takonedo.bb@mail.ru

Freshwater tricladids of the genus *Baikalobia* Kenk, 1930 (Plathelminthes, Tricladida, Dendrocoelidae) are endemic to Lake Baikal. To date, the genus *Baikalobia* comprises the following five species: *B. guttata, B. pseudoguttata, B. variegata, B. copulatrix,* and *B. raddei.* These planarians are distinguished morphologically by the presence of adenodactyls, muscular-glandular sacks, in their copulative organ. The number of adenodactyls varies from 1 to 9 depending on the species. Other Baikal planarians have no such organs. The presence of adenodactyls in *Baikalobia* suggests that planarians of this genus have evolved separately from other Baikal planarians.

There are two hypotheses on the origin of the genus *Baikalobia*: 1. *Baikalobia* planarians evolved from the ancestral form with a single adenodactyl that once settled in Lake Baikal and then developed separately from other Baikal tricladids (Porfir'eva, 1977); 2. *Baikalobia* planarians emerged from adenodactyl-deprived dendrocoelids inside Lake Baikal (Kuznedelov et al., 1996). The former hypothesis assumes that the ancestral form of *Baikalobia* planarians could be a species widespread in the pre-Baikal hydrographic network and similar to *B. raddei* (Porfir'eva, 1977). Hence, *B. raddei* is very important for understanding the phylogeny of the entire genus.

The species *B. raddei* was first described by I.P. Zabusov (1911) from the collections of G.I. Radde with the place of finding unspecified. Subsequently, it was registered by N.A. Porfir'eva (1977) near the headwaters of the Angara River and occurred here regularly until the late 1960s. Despite all efforts, the species has never been found in Lake Baikal. On July 2016, Zaytseva E.P. sampled planarians from the depth of 5 m in the Boguchany Reservoir, 1000 km away from Lake Baikal. We identified the sampled planarians as *B. raddei* based on their external and morphological features. *B. raddei* planarians were present in the samples along with other Baikal planarians, such as *Bdellocephala* sp. and *Archicotylus decoloratus*. The copulative organ of *B. raddei* from the samples was characterized by a single adenodactyl oriented forwards, which is the distinctive feature of the species.

The molecular biological analysis of *B. raddei* planarians based on rRNA (ITS1-5.8S-ITS2, ~1000 bp) and COI (~770 bp) gene regions shows that the species is close to *B. copulatrix* (the differences in rRNA and COI positions were 1 and 1.7%, respectively). The differences from other representatives of this genus, *B. guttata* and *B. variegata*, were 3-5% for rRNA and 10-15% for COI. According to the results of the phylogenetic reconstruction (Neighbor-Joining method, Kimura-2p model), *B. raddei* and *B. copulatrix* form a monophyletic clade with high bootstrap support (100). *B. guttata* appears to be the closest to the clade. *B. variegata* has a base position.

Therefore, the molecular biological data indicate that *B. raddei* is a phylogenetically young species that developed from the Baikal *Baikalobia*. Possibly, the species appeared due to the spread of *Baikalobia* planarians along the bed of the Angara River beyond the limits of the lake. Unlike other representatives of the genus *Baikalobia*, *B. raddei* is well-adapted to the conditions of river ecosystems, which enables it to move downstream. The data do not support N. A. Porfir'eva hypothesis that this species is related to the ancestral form of *Baikalobia*, thereby suggesting the high probability of the assumption on the autochthonous origin of *Baikalobia* planarians from dendrocoelids of Lake Baikal.

The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 18-34-00395, The investigation of fauna of endemic planarians of the littoral zone of Lake Baikal: biodiversity in the light of phylogeny).

Королева А.Г.[1], Зайцева Е.П.[1], Порфирьев А.Г.[2], Кирильчик С.В.[1], Тимошкин О.А.[1]

МОРФОЛОГИЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ ЭНДЕМИЧНОЙ БАЙКАЛЬСКОЙ ПЛАНАРИИ *BAIKALOBIA RADDEI* (PLATHELMINTHES, TRICLADIDA)

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, Казань, ул. Кремлевская, 18
takonedo.bb@mail.ru

Пресноводные триклады рода *Baikalobia* Kenk, 1930 (Plathelminthes, Tricladida, Dendrocoelidae) – эндемичные планарии оз. Байкал. В настоящий момент к роду *Baikalobia* относятся пять видов: *B. guttata, B. pseudoguttata, B. variegata, B. copulatrix* и *B. raddei*. Отличительной морфологической особенностью этого рода является наличие в половом аппарате особенных мускульно-железистых органов – аденодактилей, количество которых у разных видов варьирует от 1 до 9. Другие планарии Байкала этих органов лишены. Наличие аденодактилей у *Baikalobia* указывает на то, что представители этого рода являются отдельно эволюционирующей ветвью байкальских планарий.

На сегодняшний день существуют две гипотезы относительно происхождения рода *Baikalobia*: 1. планарии *Baikalobia* произошли от предковой формы с одним аденодактилем, которая вселилась в Байкал и эволюционировала независимо от других байкальских триклад (Порфирьева, 1977); 2. планарии *Baikalobia* возникли из безаденодактильных дендроцелид внутри самого Байкала (Кузнеделов и др., 1996). Первая гипотеза предполагала, что возможной предковой формой рода *Baikalobia* был вид, широко распространенный в гидрографической сети, предшествовавшей Байкалу, и похожий на *B. raddei* (Порфирьева, 1977). В связи с этим необходимо отметить особую важность последнего вида для понимания филогении всего рода.

Вид *B. raddei* впервые был описан И.П. Забусовым (1911) из сборов Г.И. Радде без указания точного места нахождения. Впоследствии вид был обнаружен Н.А. Порфирьевой (1977) у самого истока реки Ангара, и регулярно там встречался до конца 60-ых годов прошлого века. В самом озере Байкал данный вид никогда никем не был обнаружен, несмотря на регулярные поиски. В июле 2016 года в Богучанском водохранилище, которое удалено от Байкала более чем на 1000 км, Зайцевой Е.П. с глубины 5 м были собраны планарии, по внешнему виду и внутреннему строению идентифицированные нами как *B. raddei*. Представители *B. raddei* встречались в пробах наряду с другими байкальскими планариями, такими как *Bdellocephala* sp. и *Archicotylus decoloratus*. В половом аппарате собранных *B. raddei* имелся единственный аденодактиль, ориентированный вперед, что свойственно только этому виду.

Молекулярно-биологический анализ собранных представителей *B. raddei*, проведенный по участкам генов рРНК (ITS1-5.8S-ITS2, ~1000 пн) и COI (~770 пн), показал его значительную близость к *B. copulatrix* (1% различающихся позиций по рРНК и 1.7% по COI). Другие представители этого рода, *B. guttata* и *B. variegata*, отличались от *B. raddei* на 3-5% по рРНК и 10-15% по COI. По результатам филогенетической реконструкции (метод Neighbor-Joining, модель Kimura-2p) виды *B. raddei* и *B. copulatrix* образуют монофилетическую кладу с высокой статистической поддержкой (Bootstrap 100), причем наиболее близким к этой кладе видом является *B. guttata*. Вид *B. variegata* занимает базовое положение.

Таким образом, молекулярно-биологические данные позволяют говорить о том, что *B. raddei* является относительно молодым видом, обязанным своим происхождением байкальским байкалобиям. Возможно, появление этого вида было связано с распространением последних за пределы озера по рус-

лу р. Ангары. В отличие от других представителей рода *Baikalobia*, вид *B. raddei* хорошо адаптирован к условиям речной экосистемы, что и позволяет ему распространяться далее по течению. Полученные данные не подтверждают предположение Н.А. Порфирьевой о связи этого вида с предковой формой *Baikalobia* и указывают на то, что более правдоподобной является вторая гипотеза об автохтонном происхождении байкалобий от дендроцелид оз. Байкал.

Работа поддержана грантом РФФИ 18-34-00395 «Исследование фауны эндемичных планарий литоральной зоны озера Байкал: биоразнообразие в свете филогении».

Koroleva I.M., Terentjev P.M.

THE FISH COMMUNITY OF LAKE IMANDRA: PAST AND PRESENT

Institute of North Industrial Ecology Problems – Subdivision of the Federal Research Center "Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences", 14a Akademgorodok St., Apatity 184209, Russia
koririn@yandex.ru

Lake Imandra is the largest inland water body of the Murmansk region, having a huge economic, including fishery value. In the middle of the 20th century commercial catches consisted of 80% of valuable fish species, widely developed illegal fishing. The construction of a hydroelectric power station on the Niva river flowing from Imandra transformed the lake into a natural reservoir and adversely affected fish stocks. The population of the Niva salmon, which had previously risen to Imandra, was lost. Changes in the water level regime of the reservoir lead to a significant reduction in fish productivity of the lake due to desiccation of large areas of the rocky littoral zone, the best feeding grounds of fish and their spawning grounds. The water body is polluted by sewage of the enterprises of the mining and metallurgical industry and eutrophicated at the expense of receipt of household drains of cities and small towns.

By the middle of the last century the ichthyofauna consisted of 12 species belonging to 8 families. The main commercial species were whitefish, vendace, char and burbot. Precious, but not having commercial importance because of scarcity, trout, grayling, smelt. In the 1970s, ichthyofauna was replenished with 2 invasive species: rainbow trout and carp, caught in a pond from the gardens of a fishery farm, settled on the warm discharge waters of the Kola nuclear power plant. So far, there are naturalized local populations.

It was established that water bodies of the Northern Fennoscandia such as Lake Imandra under conditions of persistent anthropogenic pressure and climate changes are characterized by changes in the structure of the fish communities. These changes are expressed in a significant reduction in the proportion of salmon and whitefish species with a sharp increase in the number of perch, carp and smelt fish. Almost Arctic char disappeared. The rates of these changes are due to the intensity of anthropogenic transformations of the ecosystem, invasion of invasive species. The necessity of constant control over the state of fish populations of this largest reservoir of Murmansk region is obvious.

Королева И.М., Терентьев П.М.

РЫБНОЕ СООБЩЕСТВО ОЗЕРА ИМАНДРА: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН - обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», 184209 г. Апатиты, Мурманская обл., Россия
koririn@yandex.ru

Озеро Имандра является самым крупным внутренним водоемом Мурманской области, имеющим огромное народнохозяйственное, в т.ч рыбохозяйственное значение. Во времена существования Имандровской рыббазы уловы состояли на 80% из ценных видов рыб, широко развит любительский лов. Сооружение гидроэлектростанции на единственной вытекающей из Имандры реке Нива преобразовало озеро в естественное водохранилище и негативно сказалось на рыбных запасах. Была утрачена популяция нивской семги, до того поднимавшаяся в Имандру. Изменения в уровенном режиме водоема приводят к значительному снижению рыбопродуктивности озера за счет обсыхания больших площадей каменистой литорали, лучших мест нагула рыб и их нерестилищ. Водоем загрязняется сточными водами предприятий горно-рудной и металлургической промышленности и эвтрофицируется за счет поступления хозбытовых стоков населенных пунктов и дач.

К середине прошлого века в состав ихтиофауны входили 12 видов, относящимся к 8 семействам. Основными промысловыми видами являлись сиги, ряпушка, голец и налим. К ценным, но не имеющим промыслового значения из-за малочисленности, относились кумжа, хариус, озерная корюшка. В 1970-х гг. ихтиофауна пополнилась 2 видами-вселенцами: радужной форелью и карпом, попавшими в водоем из садков рыбохозяйственной фермы, обосновавшейся на теплых сбросных водах Кольской атомной станции. До настоящего времени существуют их натурализовавшиеся локальные популяции.

Отмечаемые перестройки в видовой структуре рыбной части сообщества оз. Имандра, выражаются в значительном сокращении доли представителей лососевых и сиговых видов рыб при резком росте численности окуневых, карповых и корюшковых видов рыб. Практически исчез арктический голец. Скорости протекания указанных изменений обусловлены интенсивностью антропогенных преобразований экосистемы, изменениями климата, инвазией видов-вселенцев. Очевидна необходимость постоянного контроля над состоянием популяций рыб этого крупнейшего водоема Мурманской области.

Kotovshchikov A.V.

ANALYSIS OF SPATIAL DISTRIBUTION OF PHYTOPLANKTON (BY CHLOROPHYLL CONTENT) IN THE NOVOSIBIRSK RESERVOIR

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia
kotovschik@iwep.ru

Analysis of spatial distribution of phytoplankton (by the content of chlorophyll *a*) during the periods of maximum warming-up (July-August) was carried out based on the data of long-term field research in 2007-2017. A characteristic feature of the longitudinal distribution of chlorophyll in the reservoir is its high content in the upper part, a significant decrease in the middle and an increase in the lower part. Among the bays, the Berd river bay is distinguished by the highest long-term average annual pigment concentration.

Котовщиков А.В.

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА (ПО СОДЕРЖАНИЮ ХЛОРОФИЛЛА) В НОВОСИБИРСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Институт водных и экологических проблем СО РАН,
ул. Молодежная, д. 1, г. Барнаул, Россия, 656038
kotovschik@mail.ru

Новосибирское водохранилище – крупнейший искусственный водоем Западной Сибири. Оно создано в 1957 г. и является единственным водохранилищем на реке Обь. Среднегодовой расход в створе плотины 1670 м^3/с, полный объем 8,8 км^3, площадь водного зеркала 1070 км^2, протяженность 200 км (Савкин, 2000). В экосистемах крупных рек и водохранилищ основным первичным продуцентом автохтонного органического вещества являются водоросли планктона. Количество фитопланктона в водоеме отражает процессы эвтрофирования и является индикатором качества воды. Основным фотосинтетическим пигментом в клетках фитопланктона является хлорофилл *a*. По содержанию хлорофилла *a* в воде можно получить сведения об интенсивности развития и особенностях пространственного распределения фитопланктона. Цель работы – выявить особенности пространственного распределения фитопланктона (по содержанию хлорофилла) по акватории Новосибирского водохранилища. Работа является продолжением многолетних исследований (Кириллов, Чайковская, 1985; Котовщиков, Кириллов, 2014).

В работе использованы результаты анализа проб воды, отобранных на акватории водохранилища в периоды максимального уровня развития фитопланктона в июле–августе с 2007 по 2017 гг. Содержание хлорофилла *a* определяли спектрофотометрированием ацетонового экстракта концентрата водорослей. Размещение створов и станций по акватории показано на рисунке 1.

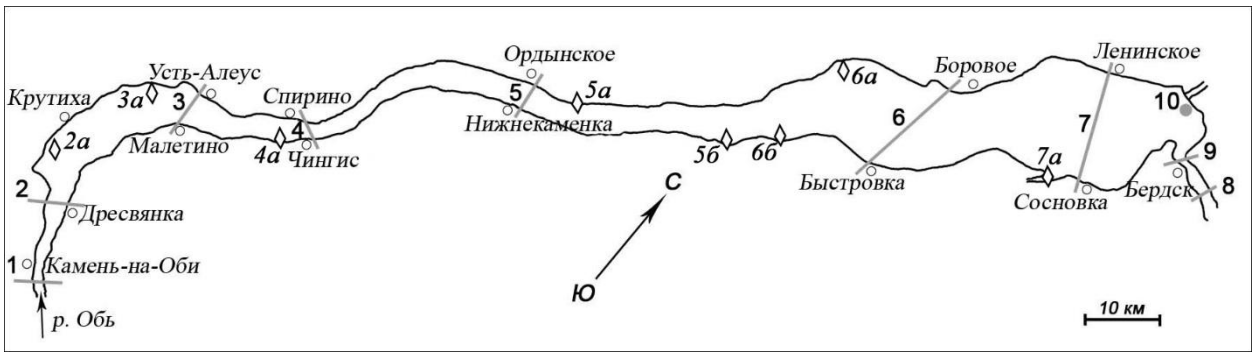


Рис. 1. Карта-схема Новосибирского водохранилища с указанием русловых створов (линии) и мелководных станций (ромбы), исследованных в 2007–2017 гг.

Горизонтальное распределение концентрации хлорофилла *a* вдоль продольной оси водохранилища неоднородно (рис. 2). В верхней речной части водохранилища (створы 1–3) наблюдаются наибольшие средние многолетние (за июль–август) значения (18–20 мг/м^3); в средней части показатель значительно снижается и составляет 7 мг/м^3; в нижней части (створы 6, 7) содержание снова увеличивается до 15 мг/м^3. Содержание хлорофилла *a* на Крутихинском (2а, 3а) и Ирменском мелководьях (6а), в Шарапском (5а), Ельцовском (5б) и Караканском заливах (6б) в общем не отличается от его количества на соответствующих русловых створах. Незначительное увеличение показателя наблюдается в заливе за о. Миловановским (4а) и Мильтюшском заливе (7а). Максимальная средняя многолетняя концентрация хлорофилла *a* характерна для средней части Бердского залива (створ 8).

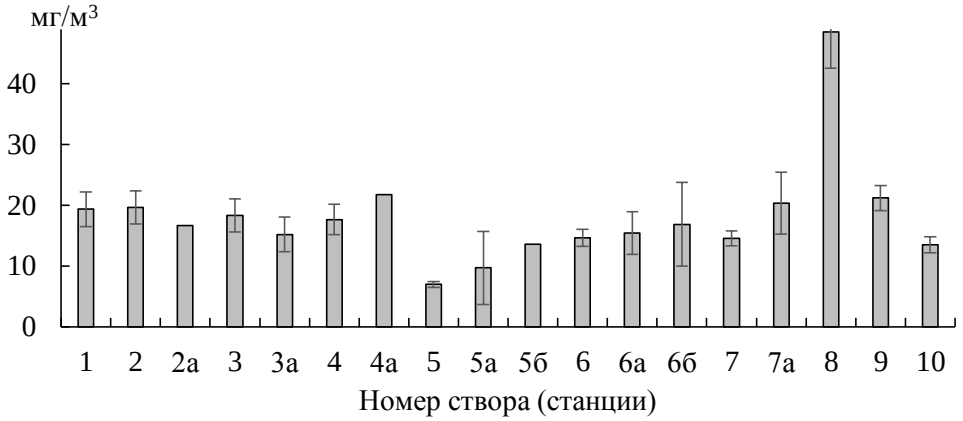


Рис. 2. Пространственное распределение средней многолетней концентрации хлорофилла *a* в Новосибирском водохранилище в июле–августе (по данным 2007–2017 гг.)

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №18-04-01001.

Kotovshchikov A.V., Dolmatova L.A., D'iyachenko A.V., Ovcharenko E.A., Eyrikh A.N.

TYPIFICATION OF LAKE TELETSKOYE TRIBUTARIES (ALTAY) BY LANDSCAPE-GEOGRAPHICAL FEATURES, PHYSICAL AND CHEMICAL WATER PARAMETERS AND ALGOCENOSIS DEVELOPMENT

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia
kotovschik@iwep.ru

A complex typification of the 19 main tributaries of the mountainous Lake Teletskoye (the Ob river basin) is carried out based on the data of long-term field studies in 2004-2016. All in all, nine types of rivers were identified by landscape-geographical and physical parameters; four types - by chemical parameters; six types - by pigment characteristics of phytoplankton; and seven types - by pigment characteristics of phytoepiliton.

Котовщиков А.В., Долматова Л.А., Дьяченко А.В., Овчаренко Е.А., Эйрих А.Н.

ТИПИЗАЦИЯ ПРИТОКОВ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА (АЛТАЙ) ПО ЛАНДШАФТНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ, ФИЗИЧЕСКИМ И ХИМИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ ВОДЫ И РАЗВИТИЮ АЛЬГОЦЕНОЗОВ

Институт водных и экологических проблем СО РАН
ул. Молодежная, д. 1, г. Барнаул, Россия, 656038
kotovschik@mail.ru

Телецкое озеро расположено на северо-востоке Горного Алтая. Водная поверхность располагается на абсолютной высоте 434 м. Протяжённость озера 77,8 км, максимальная ширина 5,2 км. Площадь озера 223 км², средняя глубина 174 м, максимальная – 325 м. Площадь водосбора составляет 20400 км^2. В озеро впадает около 70 рек и 150 временных водотоков, 70% притока даёт р. Чулышман (Селегей и др., 2001). Вытекает одна р. Бия, которая в значительной мере обеспечивает питание Оби. Разнообразие притоков, отличающихся ландшафтно-географическими характеристиками, химическим составом воды и особенностями развития водорослей в планктоне и эпилитоне, делает актуальным попытки разделения этих рек на типы с более-менее сходными параметрами. Такая комплексная типизация необходима для лучшего понимания природных процессов формирования компонентов геостока, а также для оценки вклада этих компонентов в общий приток озера. Попытки типизации притоков Телецкого озера предпринимались и ранее. Описание всех постоянных притоков озера и их гидрохимического режима с разделением рек на разряды на основе величин летних расходов приводит О.А. Алекин (1934). Типизация малых рек бассейна Телецкого озера на основе данных по макрозообентосу с учетом ландшафтно-географических особенностей водосборов сделана Л.В. Яныгиной с соавторами (2009). Проводится также изучение отдельных химических и биологических характеристик рек: биогенных веществ (Рождественская и др., 2008; Митрофанова, Третьякова, 2013); фитопланктона (Митрофанова, 2009) и фитоэпилитона (Ким, 2015).

В работе использованы оригинальные натурные данные многолетних экспедиционных исследований ИВЭП СО РАН, собранные в устьях рек в летне-осенние периоды 2004–2016 гг. Всего исследовано 19 основных притоков озера: Чулышман, Кыга, Чири, Баскон, Челюш, Большие Чили, Малые Чили, Кокши, Большие Корбу, Турочак, Камга, Окпорок, Чеченек, Ыдып, Колдор, Большая Эстюбе, Самыш, Ойер, Тевенек. Для типизации использовали следующие ландшафтно-географические характеристики рек: площадь водосбора, средняя высота водосбора, длина реки, уклон реки, порядок реки (в восходящей классификации). Физико-химические параметры воды включали: летнюю температуру, pH, мутность, содержание растворенного кислорода, жесткость, общую минерализацию (электропроводность). Химические параметры: биохимическое потребление кислорода, перманганатная окисляемость, химическое потребление кислорода, общий фосфор, фосфатный фосфор, азот аммонийный, нитритный и нитратный, кремний. Для оценки развития альгоценозов использовали пигментные характеристики: содержание хлорофилла *a*, долю хлорофиллов *a, b, c* в их сумме, относительное содержание феопигментов и пигментное отношение (E_{480}/E_{664}).

Для всех рек были рассчитаны средние за периоды летне-осенней межени значения каждого показателя. Полученные ряды средних значений были разбиты на группы методом неравных интервалов. Для каждого показателя выделено от двух до четырех интервалов (групп), в которые укладываются его значения. В результате для каждой реки получен цифровой ряд, состоящий из номеров групп (от 1 до 4), соответствующих каждому показателю. Методом оценки подобия полученных цифровых рядов были выявлены типы рек со сходными параметрами. В результате по ландшафтно-географическим и физическим параметрам выделено 9 типов рек; по химическим показателям – 4 типа; по пигментным характеристикам фитопланктона – 6 типов; по пигментным характеристикам фитоэпилитона – 7 типов.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук.

Kouřil J., Podhorec P.

ARTIFICIAL PROPAGATION OF ASP (*ASPIUS ASPIUS*) FROM ZELIVKA DAM WITH USING HORMONAL STIMULATION

University of South Bohemia in Ceske Budejovice, Faculty of Fisheries and Protection of Waters,
Husova 458/102, 370 05 Ceske Budejovice, Czech Republic
kouril@frov.jcu.cz

The asp broodstock was captured using electrofishing in the Zelivka Dam (Central Bohemia, Czech Republic), and then kept in fish pond with sufficient amount of prey fish. Following spring the fishpond was harvested and the asps were transported to the hatchery. Selected females were randomly placed into 1 m^3 flow-through tanks (5 individuals per each tank). Average water temperature was 8.1 (7.5-9.1)°C and oxygen was kept at 12.2 (11.3-12.6) mg/l. Males were placed into separate tank. Females weighted 1804±322 g (within range 1220-2620 g) and fork length was 550-705 mm. Females were injected as follows: 1. group – double injection of carp pituitary at 1+3 mg/kg body weight (BW) 24 h apart; 2. group received Ovopel (1 pellet/kg BW containing GnRHa with dopaminergic inhibitor); 3. group was injected with Dagin (producer recommended GnRHa dose, Dagin also contains dopaminergic inhibitor); 4. group with Supergestran (25 µg/kg BW GnRHa); 5. group was an untreated control. Males not were injected. In group 1 and 3, ovulation commenced and all females were stripped. Pseudogonadosomatic index (pGSI = weight of stripped eggs/female weight × 100) reached 7.25±2.19 and 5.5±1.18%, respectively. Latency (time from injection to ovulation followed by stripping) was 39±1.2 and 43.4±1.7 h, respectively. In groups 2 and 4, 60% of females ovulated. pGSI was 5.45±1.18 and 7.44±1.64%, respectively. Latency was 42±0.7 and 41.8±0.4 h, respectively. In controls, no ovulation could be detected five days after start of experiment. Average egg weight from all females (n=16) was 2.74±0.26 mg. The present work summarizes the positive results of experiment with hormonal induction of ovulation in asp females. The hormonal control of ovulation approved to be an effective tool to help improve the production of asp at hatcheries.

The study was financially supported by the Ministry of Education, Youth, and Sports of The Czech republic – projects CENAKVA (No. CZ.1.05/2.1.0001.0024), CENAKVA II (No. LO1205 under NPU I program), and NAZV project (QJ1510117).

Коуржил Я., Подгорец П.

ИСКУССТВЕННОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ЖЕРЕХА (*ASPIUS ASPIUS*) ИЗ ВОДОХРАНИЛИЩА ЖЕЛИВКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОРМОНАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ

Университет Южной Богемии, Ческе-Будеевице, Факультет рыбного хозяйства и охраны вод, Хусова 458/102, 370 05 Ческе-Будеевице, Чешская Республика
kouril@frov.jcu.cz

Производителей получали с использованием электролова на плотине Желивка (Центральная Чехия, Чешская Республика) и содержали их в пруду с достаточным количеством кормовой рыбы. Весной, после облова пруда, жерехи переселили в инкубцех. Селектированные самки были помещены в 1 $м^3$ проточные бассейны (по 5 особей на каждый бассейн – 1 $м^3$). Средняя температура воды составляла 8,1 (7,5-9,1)°C и содержание кислорода 12,2 (11,3-12,6) мг/л. Самцы были помещены в отдельный бассейн. Самки весили 1804±322 г (в пределах 1220-2620 г), длина составляла 550-705 мм. Самкам вводили инъекции гормональных препаратов следующим образом: 1. группа – двойная инъекция карпового гипофиза при 1+3 мг/кг массы тела (BW), в интервале 24 часа; 2. группа получила препарат Овопел (1 таблетка/кг BW, содержает GnRHa с дофаминергическим ингибитором); 3. группе вводили препарат Дагин (производителем рекомендованную дозу, содержает GnRHa и также дофаминергический ингибитор); 4. группа получила препарат Супергестран (25 мкг/кг BW GnRHa); 5. группа был контроль. Самцам не вводили. В группах 1 и 3 началась овуляция, и все самки были отцежены. Псевдогонадоматический индекс (pGSI = вес отгоняемых яиц / вес самки × 100) составил 7,25±2,19 и 5,5±1,18%. Латентность (время от инъекции до овуляции с последующим отцеживанием) составляла 39±1,2 и 43,4±1,7 часа. В группах 2 и 4 овулировало 60% самок, pGSI составлял 5,45±1,18 и 7,44±1,64%. Латентность составляла 42±0,7 и 41,8±0,4 часа. В контроле не было обнаружено овуляции через пять дней после начала эксперимента. Средний вес одной икры от всех самок (n=16) составлял 2,74±0,26 мг. В настоящей работе суммируются положительные результаты эксперимента с гормональной индукцией овуляции у самок жерехa. Гормональный контроль овуляции одобрен как эффективный инструмент, помогающий улучшить получение посадочного материала жереха на инкубцехах.

Исследование финансировалось при поддержке Министерства образования, молодежи и спорта Чешской Республики - проектов CENAKVA (№ CZ.1.05/2.1.0001.0024), CENAKVA II (№ LO1205 по программе NPU I) и проекта NAZV (QJ1510117).

Kosova A.L.[1], Denisov D.B.[1], Nikolaeva S.B.[2]

SPECIFICS OF DEVELOPMENT OF THE LAKE TRIDZATKA (KARELIAN COAST OF THE WHITE SEA) IN THE HOLOCENE

[1]Institute of North Industrial Ecology Problems – Subdivision of the Federal Research Center, "Kola Science Centre RAS", m-r. Academgorodok, 14a, Apatity 184209, Russia
[2]Geological Institute - Subdivision of the Federal Research Center "Kola Science Centre RAS", m-r. Academgorodok, 10a, Apatity 184209, Russia
annkosova176@yandex.ru

The results on sediments from Lake Tridzatka located in the South of the Murmansk region are presented. The stages and main features of sedimentation in the Tridzatka Lake basin during the Holocene were determined according to diatom data, lithology and radiocarbon data. At the initial stage of lake formation sedimentation occurred in the periglacial, which was then replaced by sea. On the basis of lithological data in the context at a depth of 7.10-7.08 m there is a clear and sharp contact indicating a rapid change of sedimentation. According to radiocarbon analysis, the connection of the reservoir with the sea ceased in the middle Holocene. At the same time, it established conditions favorable for the development of freshwater diatom flora.

Косова А.Л.[1], Денисов Д.Б.[1], Николаева С.Б.[2]

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ОЗЕРА ТРИДЦАТКА (КАРЕЛЬСКИЙ БЕРЕГ БЕЛОГО МОРЯ) В ГОЛОЦЕНЕ

[1]Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр РАН», м-н Академгородок, 14а, Апатиты 184209, Россия
[2]Геологический институт – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр РАН», м-н Академгородок, 10 а, Апатиты 184209, Россия
annkosova176@yandex.ru

В работе представлены новые результаты литологического и микропалеонтологического (диатомового) исследования донных отложений (ДО) озера Тридцатка (Карельский берег Кандалакшского залива Белого моря), направленного на реконструкцию условий осадконакопления в голоцене.

Материалом для анализа послужили донные отложения (ДО) озера Тридцатки (66°47'129'; 32°23'043") с абсолютной отметкой уреза воды 49,6 м, расположенного в 11 км западнее Карельского берега Белого моря. Озерная котловина, в которой проводилось изучение осадков, расположена в эрозионно-тектонической депрессии коренного фундамента, в основании крутого субширотного уступа. Озеро имеет вытянутую на 1,3 км форму, шириной от 50 м у концов до 250 м в центральной части. Глубина озера в месте бурения скважины составляет 6,5 м. Сток озера осуществляется через ручей, впадающий в озеро Гангос, а порог стока представлен коренными породами.

Диатомовый анализ донных отложений был проведен по стандартной общепринятой методике (Диатомовый анализ, 1949; Давыдова, 1985), по схеме, используемой в ИППЭС КНЦ РАН (Косова и др., 2011), по 11 образцам с разными интервалами. Наиболее подробно изучены осадки с глубины 7,03-7,12 м. Нижняя часть разреза с глубины 7,50-7,12 м изучены с интервалом 10 см, верхняя часть с глубины 7,03-6,57 м изучены с интервалом 10-20 см.

Всего в изученных отложениях было обнаружено 123 вида из 37 родов. Значимые изменение видового состава и структуры диатомовых комплексов по разрезу позволили выделить 4 диатомовые зоны (ДЗ), которые подтверждаются результатами кластерного анализа, выполненного на основе соотношения относительной численности диатомей. Совместный литологический и диатомовый анализы позволили реконструировать этапы развития озера следующим образом. На начальном этапе в этом районе существовал приледниковый водоем, в котором происходило накопление алевритов и песков. Диатомовый комплекс отличается содержанием единичных обломков морских видов *Trachyneis,* солоноватоводных *Rhabdonema minutum* Kütz., *Diploneis,* а также пресноводных *Aulacoseira alpigena* (Grun.) Kramm, *Pantocsekiella rossii* (H.Håkansson) K.T. Kiss & E. Ács. Такой состав и малочисленность створок отражают слабо осолоненные условия седиментации осадков за счет притока в пресное приледниковое озеро морской воды. На втором этапе развития осадконакопление происходило в условиях мелководного морского залива, отложения в котором, вероятно, формировались в условиях активной гидродинамики, на что указывает наличие в ДО створок пелагического вида *Hyalodiscus scoticus* (Kütz.) Grun. и мелких фрагментов раковин.

Следующий этап характеризуется быстрой сменой морских условий на пресноводные. Об этом свидетельствует и малая мощность переходной зоны, и смена диатомовой флоры. В ДО переходной зоны наблюдается значительное изменение видового состава диатомовых комплексов и резкое снижение содержания поли- и мезогалобов. В составе диатомовых комплексов преобладают планктонные олигогалобы родов *Aulacoseira* и *Cyclotella*, а представители рода *Fragilaria*, увеличение численности которых часто отмечается в ходе изоляции от морских бассейнов, представлены единично. Такой состав диатомовой флоры свидетельствует об улучшении климатических условий в этот период. Концентрации и таксономическое разнообразие возрастают, в связи с установлением более спокойных и благоприятных для развития диатомей условий. Лежащая выше толща осадков представлена темно-коричневой гиттией, в которой доминирующая роль полностью принадлежит диатомеям-олигогалобам (*A. pfaffiana*, *A. alpigena*, *P. rossii*). По результатам радиоуглеродного датирования время полной изоляции бассейна от моря произошло 6170±130 C^{14} лет назад (7060±160 календарных лет), что соответствует концу атлантического периода. Важной особенностью в седиментации осадков озера является формирование переходной зоны в глубоководных усло-

виях, нехарактерных для других озер беломорского побережья. Объяснением резкого изменения глубины и быстрой смены седиментационной обстановки может быть быстрое поднятие континента и\или тектоническая активизация и раскрытие приразломного рва, заполненного водами озера Тридцатка. Об этом свидетельствуют явные следы подновления уступа в виде свежих обвалов и послеледниковых трещинных зон, а также неотектоника всего Беломорья.

Kovalenko A.I.[1], Knyazeva N.S.[1], Kudryavtsev A.A.[2]

THE CHEMICAL COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS FROM TAIGA LAKES IN THE AREAS OF INTENSIVE OIL MINING IN THE KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS OKRUG – UGRA (KhMAO)

[1]FSBI State Scientific & Production Center of Fishery, Odesskaya St. 33, 625023, Tuymen,
[2]FSBI of HE State Agricultural University of the Northern Trans-Urals, Respubliki St. 7, 625003, Tuymen
gidrochim@gosrc.ru

The purpose of this work was to study the chemical composition of bottom sediments (BS) of 27 lakes of the taiga zone on the territory of the oil fields of KhMAO-Ugra in conditions of chronic oil pollution. Depending on the structure and content of organic matter in them, BS are differentiated into three types: organogenic, mineral and mixed. Statistical analysis showed the absence of a normal distribution of components in BS except for pH. There are significant differences between the content of components in different types of BS, except for mixed and organogenic BS. In connection with salt pollution there are no significant differences between chlorides in mineral and mixed, mixed and organogenic BS.

Коваленко А.И.[1], Князева Н.С.[1], Кудрявцев А.А.[2]

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТАЕЖНЫХ ОЗЕР В РАЙОНАХ ИНТЕНСИВНОЙ ДОБЫЧИ НЕФТИ В ХАНТЫ-МАНСИЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ – ЮГРЕ (ХМАО)

[1]ФГБНУ «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства», 625023, г. Тюмень, ул. Одесская 33
[2]ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 625003, г. Тюмень, ул. Республики 7
gidrochim@gosrc.ru

Целью данной работы стало изучение химического состава донных отложений (ДО) 27 озер таежной зоны на территории нефтяных месторождений ХМАО-Югры в условиях хронического нефтяного загрязнения. В зависимости от структуры и содержания органического вещества ДО дифференцированы на три типа: органогенные, минеральные и смешанные. Статистический анализ показал отсутствие нормального распределения компонентов в ДО, кроме pH. Наблюдаются достоверные различия между содержанием компонентовв разных типах ДО, кроме смешанных и органогенных ДО. В связи с солевым загрязнением нет достоверных различий между хлоридами в минеральных и смешанных, смешанных и органогенных ДО.

Донные отложения играют заметную роль в формировании гидрохимического режима водоема, обеспечивая обмен органическим веществом и биогенными элементами. Они являются в одном случае источником, в другом – аккумулятором органических и минеральных ресурсов водоема. По сравнению с водой, химический состав ДО позволяет оценивать качество среды за более продолжительный отрезок времени.

Отбор проб донных отложений озер проводился в летнюю межень 2016 г. на нефтяных месторождениях Среднего Приобья в Сургутском и Нижневартовском районах. Было обработано 55 проб ДО с 2-х станций каждого озера. В зависимости от величины потери массы при прокаливании (ППП), донные отложения разделены на три типа: минеральные (ППП менее 10%), органогенные (ППП от 60 до 100%) и смешанные (ППП от 10 до 60%). Четыре озера имели минеральные (песчаные), 8 озер – смешанные, 15 – органогенные (торфяные) донные отложения.

Данные по химическому составу компонентов ДО представлены в таблицах 1 и 2. В числителе даны минимальное-максимальное значения показателя, в знаменателе – среднее значение, в скобках – медиана.

Таблица 1 – Некоторые показатели химического состава ДО разного типа в озерах на территории нефтяных месторождений ХМАО-Югры.

Тип ДО	pH (ед. pH)		N/NH_4^+ (мг/кг)	NO_3^- (мг/кг)	Cl^- (мг/кг)	SO_4^{-2} (мг/кг)	PO_4^{-3} (мг/кг)
	водной вытяжки	солевой вытяжки					
Минеральные	6,13-6,55 6,37 (6,4)	4,51-5,59 5,03(5,01)	1,4-17,4 6,2(3,1)	0,7-2,3 1,2 (1,0)	4,61-46,1 16,0(7,0)	9,6-41,1 16,9(14,8)	1,0-26,8 12,6(11,5)
Смешанные	4,89-6,79 5,83 (5,81)	3,38-5,85 4,45(4,56)	26,7-400,0 163,7(126,0)	1,0-7,0 2,4 (1,6)	8,5-2180 264,4(76,2)	22,8-319,4 113,3(91,3)	7,4-115,9 59,5(53,8)
Органогенные	4,79-6,19 5,44(5,41)	3,23-5,07 3,95(3,93)	38,5-481,5 179,7(159,8)	0,9-4,8 1,9 (1,3)	6,4-2659 423,4(274,0)	22,8-616,0 149,1(106,1)	7,9-129,2 41,7(33,9)

Общее содержание органических веществ (гравиметрически по экстрактам хлороформом), суммарное содержание углеводородов (ИК-фотометрически) и концентрация нефтяных углеводородов (флуориметрия в селективной области для нефтепродуктов) в ДО озер представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание органических веществ в ДО разного типа для озер на территории нефтяных месторождений ХМАО-Югры, определяемое разными методами

Тип ДО	Гравиметрия хлороформенного экстракта, г/кг	ИК-фотометрия суммы углеводородов, г/кг	Флуориметрия суммы нефтепроб-дуктов, г/кг
минеральные	0,2-28,4 3,3(0,7)	0,06-9,7 1,1 (0,2)	0,02-7,3 0,7 (0,09)
смешанные	4,4-34,6 16,5(12,0)	1,0-9,8 3,6 (3,0)	0,2-4,8 1,2 (1,0)
органогенные	12,2-63,3 33,2(31,2)	1,8-28,3 6,1 (4,8)	0,4-21,0 2,8 (1,2)

Хорошую достоверность различий (по критерию t_{st}) по всем показателям в распределении компонентов донных отложений показали минеральные и органогенные грунты, отличающиеся разной сорбционной способностью. Отсутствует достоверность различий между смешанными и органогенными ДО (за исключением pH и зольности).

Наряду с нефтяным загрязнением в результате нефтедобычи, озера подвергаются соляному (хлоридному) загрязнению. В связи с солевым загрязнением нет достоверности различий между хлоридами ДО минеральных и смешанных, а также смешанных и органогенных ДО. Для хлоридов характерен наибольший размах колебаний и самый высокий коэффициент вариации, который возрастает от минеральных к смешанным и к органогенным ДО с 4,5 до 2171,7 и 2652,4.

Уровень нефтяного загрязнения поверхностных вод обычно оценивают по трем статистическим показателям – среднему арифметическому, медиане и доле проб с превышением ПДК. Для донных отложений ПДК в Российской Федерации отсутствует. В оценке качества ДО водоемов в районах нефтяных месторождений ХМАО-Югра используют региональный норматив для песчано-илистых грунтов водотоков (20 мг/кг). Диапазон фоновых концентраций углеводородов в ДО для озер ХМАО составил: 60-200 мг/кг для минерального и 1800-4100 мг/кг для органогенного типа (ИК-фотометрический метод).

Таким образом, статистическое оценивание содержания компонентов ДО в условиях техногенеза дает наглядный пример степени воздействия на водный объект в целом.

Krasnopeev A.Yu.[1, 2], Bukin Yu.S.[1], Potapov S.A.[1], Belykh O.I.[1]

AN ALGORITHM FOR DETERMINING THE STATISTICAL REPRESENTATIVENESS OF DATA IN METAGENOMIC STUDIES

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia
andrewkrasnopeev@gmail.com

In spite of the large samples size the question of the statistical reliability of the estimated indicators of taxa representation remains open. In particular, this applies to the minor component of the communities. To solve the problem of estimating the statistical representativeness of sequenced samples in metagenomic studies, we developed an algorithm based on the bootstrap method. The application of this algorithm makes it possible to estimate the confidence intervals, absolute and relative errors of the taxa representation in the studied communities. As a result, it was shown that the proportion of reliably defined taxa in communities is several times less than their original number. All obtained results are confirmed by regression analysis.

Краснопеев А.Ю.[1, 2], Букин Ю.С.[1], Потапов С.А.[1], Белых О.И.[1]

АЛГОРИТМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТИ ДАННЫХ МЕТАГЕНОМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия
andrewkrasnopeev@gmail.com

Определение таксономического разнообразия сообществ является важным этапом многих экологических и мониторинговых исследований экосистем. В последнее время для таких работ стали применяться методы ампликонной метагеномики (метабаркодинга). В особенности широко метагеномный подход применяется при анализе сообществ микроорганизмов. Представленность определенного таксона в метагеномной пробе при этом определяется количеством (покрытием) расшифрованных нуклеотидных последовательностей. Несмотря на большие размеры выборок расшифрованных нуклеотидных последовательностей, получаемых секвенаторами нового поколения открытым остается вопрос о статистической достоверности оцениваемых показателей представленности таксонов. В особенности это касается минорной компоненты исследуемых сообществ. Для решения задачи по оценки статической репрезентативности выборок расшифрованных последовательностей ДНК для метабаркодинговых исследований нами был разработан алгоритм основанный на использовании бутсреп метода. Применение этого алгоритма позволяет оценить доверительные интервалы, абсолютные и относительные ошибки показателей представленности таксонов в сообществах.

Описание алгоритма: Алгоритм реализован при помощи средств языка программирования R. Исходными данными для работы алгоритма являются таблицы представленности анализируемых так-

сонов в метагеномных пробах. Данные из таблицы используются для генерации бутстреп реплик. На основе полученных реплик рассчитываются 95% доверительные интервалы, абсолютные и относительные ошибки. Также рассчитывается ошибка для индекса разнообразия Симпсона.

Тестирование алгоритма: В качестве тестовых данных использовались результаты метагеномных исследований 15 образцов воды, отобранных из озера Байкал в 2017 году. Для амплификации использовался фрагмента V3-V4 гена 16S рРНК. При анализе в пакете mothur v. 1.40.3 (https://mothur.org/) выделялись OTU видового ранга (порог сходства в 3%). Выходные данные были получены в виде таблицы представленности OTU в исследуемых образцах. Для каждого образца рассчитывался коэффициент разнообразия Симпсона.

Результаты: С помощью алгоритма в наборе данных были идентифицированы OTU (виды) ошибка определения представленности которых была меньше 0,2, остальные OTU отфильтрованы. Для наборов данных состоявших из достоверно представленных видов были вычислены значения индекса Симпсона и проведён регрессионный анализ с использованием непараметрического коэффициента Спирмена.

Несмотря на значительный объем метагеномных прочтений, после использования предложенного алгоритма оценки, количество статистически значимых OTU значительно сократилось. В зависимости от образца эта величина имела значение от 5 OTU в пробах с низким значением индекса Симпсона (0,15) до 49 OTU в сообществах с высоким индексом Симпсона (0,95) (рис. 1a). Также с увеличением индекса Симпсона наблюдалось увеличение доли крайней достоверной OTU (рис.1b) и уменьшение среднего размера OTU (рис. 1c). Все полученные результаты статистически достоверно подтверждаются регрессионным анализом.

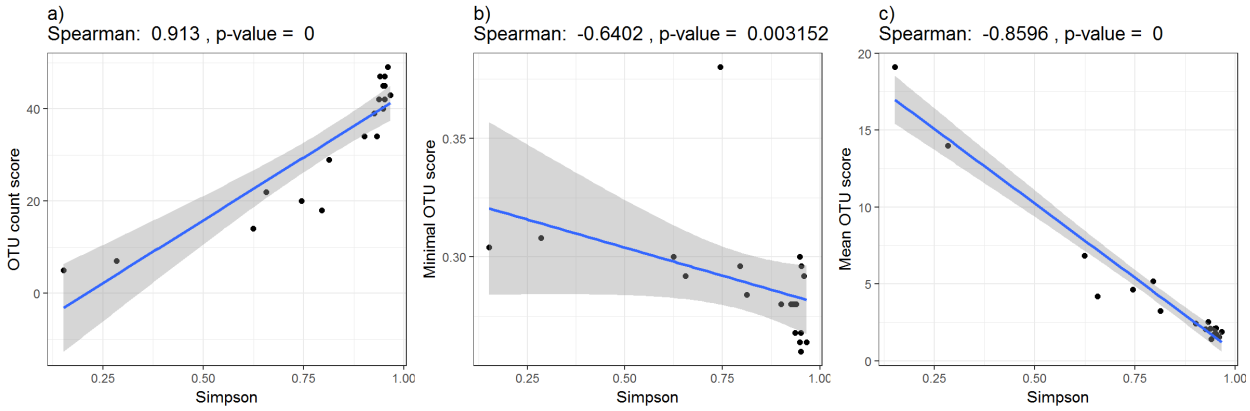


Рис. 1. Графики оценки представленности статистически достоверных репрезентативных таксонов в метагеномных пробах с помощью корреляционного анализа, a – график зависимости индекса Симпсона от количества OTU, b – доля минимальной OTU по отношению к индексу Симпсона, c – среднее значение размера OTUпри рассчитанном коэффициенте Симпсона. Линией показана линейная зависимость анализируемых параметров, поле – 95% доверительный интервал.

Работа выполнена в рамках темы ЛИН СО РАН №0345-2018-0003 (секвенирование), а также при финансовой поддержке проекта РФФИ №18-34-00513 мол_а (анализ данных).

Ksenofontova M.I.

INTERACTION OF MICROELEMENTS IN THE SYSTEM OF SOIL – BOTTOM SEDIMENTS - LAKE WATERS IN THE CLOSED ALAS ECOSYSTEMS OF CENTRAL YAKUTIA

Institute of Applied Ecology of the North NEFU, Yakutsk

The material was the results of complex studies of taiga-alas ecosystems of Central Yakutia according to the scheme of soil-bottom sediments - lake water. The investigations were carried out in the closed alasic basins of the Tungulu terrace (Teburen and Uolen) and the Abalakh plain (At Uutar and Nyagatta). These alases are used as hay and pasture lands. Analytical work was carried out in the laboratory of physical and chemical methods of analysis of NIIPES NEFU. Determination of the mobile forms of ten microelements was carried out by atomic absorption spectrometry with extraction of solutions of 1N HNO_3.

The purpose of this study is to analyze the migration of microelements in the closed alasic basins of the study area according to the scheme: soil - bottom sediments - lake water.

To carry out ecological-geochemical analysis, we used the following coefficients (Perelman, 1975):

- coefficient of water migration (Kx). The more Kx, the stronger the element is leached from the rocks, the more intensive its water migration.

- bottom-soil coefficient (Dx). When Dx> 1, the element accumulates in the bottom sediments.

In the studied closed alasic basins the dominant type of soils are the permafrost alas sod-gley and permafrost alas humus-gley soils. The vegetation of the upper, middle and lower belts of the investigated alasses is represented by motley grass, the ground cover of the interland forests is the needles of larch (Danilov et al., 2013).

According classification by O.A. Alekin (1953) in investigated thermokarst lakes of alas basins have a hydrocarbonate composition with predominance of magnesium and sodium cations. Lake water has high and more high mineralization, with hard and very hard water with a slightly alkaline and alkaline medium. In general, the trace element composition of the studied waters revealed high Fe, Mn, and Cu contents. Bottom sediments of the investigated lakes have sandy loam and loamy composition of dark gray color with a plant resi-

due, which have an alkaline medium (pH 7.6-8.9) with a characteristic hydrogen sulphide smell.

The Abalakh plain. In the bottom sediments of Lake At Uutar, accumulation of such elements as Mn, Cr, Cd, Zn and Fe is observed. According to the intensity of water migration (Cx) in lake water, At Uutar migrants are Ni, Co and Cu, and Mn is a weakly mobile and inert migrant. It should be noted that the trace elements that accumulate in the bottom sediments are characterized by a concentration in the lake water below the sensitivity limit of the analysis. This indicates the process of precipitation of individual trace elements.

In the bottom sediments of Lake Njagatta, the process of accumulation of Zn, Cr, and Fe was revealed. In the aqueous environment, Mn and Co act as mobile migrants, while Fe and Cu, on the contrary, are weakly mobile. Zn and Cr precipitate in the bottom sediments and are in an inert state, since their content in the lake water is below the detection limit of the analysis.

In general, despite the proximity of the location of the two alasic basins, At Uutar and Nyagatta, the microelement associations differ, in particular in the presence of Cu and Cr.

Tungulu terrace. In the bottom sediments of Lake Teburen the process of enrichment of Ni, Cd, Fe, Cr, Pb, Zn and Cu is fixed in the busbar. In lake water, Mn refers to mobile migrants, and Fe and Cu have a weak mobile form.

Bottom sediments of Lake Uolan enriched with a number of elements: Ni, Cr, Pb, Fe, Cu and Zn. Since the concentrations of Ni, Cr, Pb and Zn in the lake water are lower than the detection limit, it can be noted that these elements precipitate and their migration capacity is low.

In general, the closed alasic basins of the Leno-Amginsky interfluve are characterized by an average and intense degree of accumulation of mobile forms of Zn. In the waters of mature thermokarst lakes, mobile migrants are Mn and Co, sluggish and inert migrants - Cu and Fe. The intensity of accumulation is regulated by the presence of an alkaline geochemical barrier, since with increasing pH the sorption of the majority of microelements increases.

Ксенофонтова М.И.

ВЗАИМОСВЯЗЬ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ-ОЗЕРНЫЕ ВОДЫ В ЗАМКНУТЫХ АЛАСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера СВФУ, им. М.К. Аммосова, г. Якутск
ksemaria@mail.ru

Материалом послужили результаты комплексных исследований таежно-аласных экосистем Центральной Якутии по схеме почва–донные отложения – озерная вода. Исследования проведены в замкнутых аласных котловинах Тюнгюлюнской террасы (Тебюрен и Уолэн) и Абалахской равнины (Ат Ыытар и Ньагатта). Данные аласы используются как сенокосные и пастбищные угодья. Аналитические работы проведены в лаборатории физико-химических методов анализа НИИПЭС СВФУ. Определение подвижных форм десяти микроэлементов произведено атомно-абсорбционной спектрометрией с экстракцией растворов 1Н HNO_3.

Целью данного исследования является анализ миграции микроэлементов в замкнутых аласных котловинах района исследования по схеме: почва – донные отложения – озерная вода.

Для проведения эколого-геохимического анализа нами использованы следующие коэффициенты (Перельман, 1975):

- коэффициент водной миграции (K_x). Чем больше K_x, тем сильнее элемент выщелачивается из пород, тем интенсивнее его водная миграция.
- донно-почвенный коэффициент (D_x). При D_x>1 идет накопление элемента в донных отложениях.

В изученных замкнутых аласных котловинах доминирующим типом почв являются мерзлотные аласные дерново-глеевые и мерзлотные аласные перегнойно-глеевые почвы. Растительность верхнего, среднего и нижнего поясов исследованных аласов представлена разнотравьем, напочвенный покров межаласных лесов – хвоей лиственницы (Данилов и др., 2013).

По классификации О.А. Алекина (1953) исследованные термокарстовые озера аласных котловин имеют гидрокарбонатный состав с преобладанием катионов магния и натрия. Озерные воды обладают повышенной и высокой минерализацией, с жесткой и очень жесткой водой со слабощелочной и щелочной средой. В целом, микроэлементном составе исследованных вод выявлены высокие содержания $Fe_{общ}$, Mn и Cu. Донные отложения исследованных озер имеют супесчаный и суглинистый состав темно-серого цвета с растительным остатком, обладающих щелочной средой (pH 7,6-8,9) с характерным сероводородным запахом.

Абалахская равнина. В донных отложениях оз. Ат Ыытар наблюдается аккумуляция таких элементов как Mn, Cr, Cd, Zn и Fe. По интенсивности водной миграции (K_x) в озерной воде Ат Ыытар подвижными мигрантами выступают Ni, Co и Cu, а Mn является слабоподвижным и инертным мигрантом. Следует отметить, что микроэлементы, которые аккумулируются в донных отложениях, характеризуются концентрацией в озерной воде ниже предела чувствительности анализа. Это указывает на процесс осаждения отдельных микроэлементов.

В донных отложениях оз. Ньагатта выявлен процесс накопления Zn, Cr и Fe. В водной среде Mn и Co выступают подвижными мигрантами, а Fe и Cu наоборот являются слабоподвижными. Zn и Cr осаждаются в донных отложениях и находятся в инертном состоянии, так как их содержание в озерной воде ниже предела обнаружения анализа.

В целом, несмотря на близость месторасположения двух аласных котловин Ат Ыытар и Ньагатта, микроэлементные ассоциации различаются, в частности по наличию Cu и Cr.

Тюнгюлюнская терраса. В донных отложениях оз. Тебюрен зафиксирован процесс обогащения Ni, Cd, Fe, Cr, Pb, Zn и Cu. В озерной воде Mn относится к подвижным мигрантам, а Fe и Cu обладают слабой подвижной формой.

Донные отложения оз. Уолэн обогащены целым рядом элементов: Ni, Cr, Pb, Fe, Cu и Zn. Так как концентрации Ni, Cr, Pb и Zn в озерной воде ниже предела обнаружения, можно отметить, что данные элементы осаждаются и их миграционная способность низка.

В целом, замкнутые аласные котловины Лено-Амгинского междуречья характеризуются средней и интенсивной степенью накопления подвижных форм Zn. В водах зрелых термокарстовых озер подвижными мигрантами являются Mn и Co, слабоподвижными и инертными мигрантами – Cu и Fe. Интенсивность накопления регулируется наличием щелочного геохимического барьера – так как с ростом pH увеличивается сорбция большинства микроэлементов.

Kudryavtsev A.A.

PECULIARITIES OF QUANTITATIVE DETERMINATION OF HYDROCARBON CONTAMINATIONS IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF INTRA-BOG LAKES IN KHANTY-MANSIISK AUTONOMOUS AREA

FSBI of HE State Agricultural University of the Northern Trans-Urals
Respubliki St. 7, 625003, Tuymen
kudrphys55@mail.ru

The purpose of the work was to emphasize the main problems associated with the chemical-analytical determination of oil-products in bottom sediments of intra-bog lakes in Western Siberia, containing a significant amount of endogenous hydrocarbons. The range of background concentrations of hydrocarbons in the bottom sediments of mineral (0.06-0.20 g/kg) and organogenic (1.80-4.10 g/kg) type for lakes in the territory of KhMAO-Ugra, as well as oil hydrocarbons (in including an aromatic group) selectively detected by fluorimetry methods.

Кудрявцев А.А.

ОСОБЕННОСТИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВНУТРИБОЛОТНЫХ ОЗЕР ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АО

ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья
625003 г. Тюмень, ул. Республики 7
kudrphys55@mail.ru

Целью работы явилось акцентирование основных проблем, связанных с химико-аналитическим определением нефтепродуктов в донных отложениях внутриболотных озер Западной Сибири, содержащих значительное количество эндогенных углеводородов. Определен диапазон фоновых концентраций углеводородов в донных отложениях минерального (0,06-0,20 г/кг) и органогенного (1,80-4,10 г/кг) типа для озер на территории ХМАО-Югры, а также нефтяных углеводородов (в том числе ароматической группы), селективно детектируемых методами флуориметрии.

Ни один современный химико-аналитический метод не способен селективно определить совокупное присутствие веществ нефтяного загрязнения в разнообразных по строению и химическому составу природных объектах. Решением аналитического симпозиума 1968 г. в Гааге было принято считать под нефтепродуктами (НП) углеводородную компоненту, экстрагируемую неполярным органическим растворителем и отделяемую хроматографически от смолисто-асфальтеновой фракции нефти. Процедура, разработанная для измерения содержания растворимых НП в воде, была использована для анализа нефтяного загрязнения почв и донных отложений (ДО), сильно различающихся по составу органической компоненты, которая не исключает присутствия в ней эндогенных углеводородов (УВ), извлекаемых при экстракции совместно с нефтяными УВ. Суммарное количество экстрагируемых углеводородов (углеводородный индекс) не отражает реального количества НП в торфяных почвах и органогенных ДО, типичных для внутриболотных озер ХМАО. что должно учитываться при выборе методик для экологического арбитражного мониторинга, а также при нормировании безопасного или допустимого уровня нефтяного загрязнения водоемов.

Среди основных проблем, влияющих на количественное определение НП, выделены:

1. Способ экстракции углеводородной компоненты – из воздушно-сухой пробы ДО, как предлагается в большинстве аттестованных методик, или из насыщенно-влажной, наиболее близкой к реальной;
2. Выбор селективного и чувствительного к НП метода определения – метод ИК-фотометрии, определяющий сумму УВ, неселективен по отношению к НП в сравнении с методом флуориметрии, но при реализации последнего требуется регистрация спектра с выделением селективного сигнала; методы хроматографии позволяют разделить УВ по генезису, но такие методики внедрены не повсеместно;
3. Влияние сорбционной емкости донного субстрата по отношению к нефтяным УВ – минеральная и органогенная матрица способна удерживать различное количество УВ, причем количественные различия явно выражены и для различных классов УВ, например, для алифатических и ароматических, к которым традиционные методы анализа ИК-фотометрия и флуориметрия избирательно чувствительны.

Для минеральных и органогенных ДО озер ХМАО, не подвергнутых явному нефтяному загрязнению, определен региональный диапазон фоновых концентраций углеводородов:

Тип ДО	Метод аналитического контроля, показатель (г/кг)		
	ИК-фотометрия	Флуориметрия	
	Сумма УВ	Сумма НП	Ароматические УВ
Минеральные	0,06 – 0,20	0,02 – 0,10	0,0011 – 0,0026
Органогенные	1,80 – 4,10	0,38 – 1,03	0,018 – 0,045

В загрязненных озерах внутриболотных озер ХМАО суммарное содержание УВ может достигать 300 г/кг. При изучении ДО загрязненных озер в 2016-2017 г.г. анализировалось содержание УВ в вертикальных слоях 0-10, 10-50 и 100-150 см, оценивалась глубина проникновения НП (в том числе ароматических УВ) для различных типов ДО, а также локализация НП по акватории озер, обнаружено отсутствие статистически достоверной корреляции между содержанием НП в ДО и воде озер.

Kulakova N.V.[1], Bukin Yu.S.[1], Kashin S.A.[2]

THE STUDY OF GENETIC DIVERSITY OF MEMBERS OF TREBOUXIOPHYCEAE BY USING NUCLEAR AND CHLOROPLAST MOLECULAR MARKERS

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Irkutsk State University, Biology and Soil Department, Irkutsk, Sukhe-Bator 5

The study of the genetic diversity of eukaryotic microalgae makes a significant contribution to the development of their systematic and taxonomy. The class Trebouxiophyceae includes numerous representatives, for many of which the systematic remains unclear. The emergence of new molecular genetics approaches and replenishment of genetic databases allows us to reestimate the biodiversity of many microalgae. Species identification of microalgae is often complicated due to their morphological and ecological plasticity, while molecular markers that have proved themselves for species identification of higher plants, fungi and animals do not always allow them to be used for microalgae. The aim of the paper is to evaluate molecular markers of 18S rRNA and rbcL to determine the level of genetic differences within the genus *Choricystis* and to establish the species boundary. The genus *Choricystis* includes several freshwater, including symbiotic and terrestrial species, the type species *C. minor* is a cosmopolitan species. In Lake Baikal, the strain *C. minor* and *Choricystis*-like organism, are described (Belykh, 2000), the nucleotide sequences of which we used for comparative analysis with all available *Choricystis* sequences from GenBank (NCBI). An assessment of the level of genetic differences and determination of species boundaries within the genus was carried out using GMYC analysis (Fujisawa, Barraclough, 2013) on the basis of nuclear and chloroplast genome markers. For the analysis, 30 nucleotide sequences of 18S rRNA and 57 *rbc*L gene sequences belonging to *C. minor, C. parasitica*, and *Choricystis* sp. were used.

It was shown that the sequences studied are related to more than one species recognized at the present time. The rbcL gene makes it possible to distinguish two genetic treasures within the *C. minor* type, but for genetic identification with GMYC analysis, this marker lacks genetic variability and / or sample size of the sequences. Using the strong molecular clock hypothesis, the 18S rRNA marker allowed reliable clustering with topology support for 83% of the sequences that unite C. minor representatives, including the isolate from the lake Baikal. GMYC analysis using 18S rRNA within the dataset supported six clusters of the species level on the tree ($P = 0.000075 < 0.05$). The accumulation and use of a larger datasets and additional molecular markers is necessary to further refine the species diversity and improve the species identification of representatives of the genus *Choricystis* and other eukaryotic microalgae.

This work was supported by theme of LIN SB RAS № 0345-2016-0004.

Кулакова Н.В.[1], Букин Ю.С.[1], Кашин С.А.[2]

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ КЛАССА TREBOUXIOPHYCEAE С ПОМОЩЬЮ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МАРКЕРОВ ЯДЕРНОГО И ХЛОРОПЛАСТНОГО ГЕНОМОВ

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Иркутский государственный университет, Биолого-почвенный факультет, Сухэ-Батора, 5

Изучение генетического разнообразия эукариотических микроводорослей вносит существенный вклад в развитие их систематики и таксономии. Класс Trebouxiophyceae включает многочисленных представителей, для многих из которых систематическое положение остается неясным. Появление новых молекулярно-генетических подходов и пополнение баз данных генетической информации позволяет переоценить биоразнообразие многих микроводорослей. Видовая идентификация микроводорослей часто осложнена из-за их морфологической и экологической пластичности, при этом молекулярные маркеры, хорошо зарекомендовавшие себя для видовой идентификации высших растений, грибов и животных, не всегда позволяют использовать их для микроводорослей. Целью работы является оценка молекулярных маркеров 18S рРНК и *rbc*L для определения уровня генетических различий в пределах рода *Choricystis* и установления границы видов. Род *Choricystis* включает несколько пресноводных, в том числе симбиотических, и наземных видов, типовой вид *C. minor* является космополитным видом. В озере Байкал описан штамм *C. minor* и *Choricystis*-подобный организм (Belykh, 2000), нуклеотидные последовательности, которых использованы нами для сравнительного анализа со всеми доступными последовательностями *Choricystis* из базы данных генетической информации GenBank (NCBI). Оценку уровня генетических различий и определение границ видов в рамках рода проводили с помощью GMYC-анализа (Fujisawa, Barraclough, 2013), на основе маркеров ядерного и хлоропластного геномов. Для анализа использовали 30 нуклеотидных последовательности 18 S рРНК и 57 последовательностей гена *rbc*L, принадлежащих *C. minor, C. parasitica* и *Choricystis* sp.

В результате проведенного анализа показано, что исследованные последовательности относятся более чем к одному виду, признанному в настоящее время. Ген *rbc*L позволяет выделить две генетические клады в рамках вида *C. minor*, но для достоверного выделения видов с помощью GMYC анализа по этому маркеру не хватает генетической вариабельности и (или) размера выборки последовательностей. При использовании гипотезы строгих молекулярных часов маркер 18S рРНК позволил получить достоверную кластеризацию с поддержкой топологии 83% последовательностей, объединяющих пред-

ставителей *C. minor*, включая изолят из оз. Байкал. GMYC анализ с использованием 18S рРНК в рамках рассматриваемого массива данных выделяет на древе шесть кластеров видового уровня (P=0.000075 < 0.05). Накопление и использование большего массива данных и дополнительных молекулярных маркеров необходимо для дальнейшего уточнения видового разнообразия и усовершенствования видовой идентификации представителей рода *Choricystis* а также других эукариотических микроводорослей.

Работа выполнена при поддержке бюджетной темы ЛИН СО РАН № 0345-2016-0004.

Kulikova N.N., Chebykin E.P., Timoshkin O.A., Zhuchenko N.A., Volkova E.A., Suturin A.N.

ANTHROPOGENIC POLLUTION OF LAKE BAIKAL NEAR-SHORE ZONE WITH CHEMICAL ELEMENTS AS A MAIN FACTOR OF EXPANSION OF ALGA OF THE GENUS *SPIROGYRA* SPP.

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
kulikova@lin.irk.ru

Our studies stated that sites with abundant development of non-typical for Lake Baikal filamentous algae of the genus Spirogyra are linked with the territories of near-shore zone with dense building of touristic campuses and hotels and in population aggregates with non-efficient systems of sewage purification or without centralized canalization. Wide expansion of Spirogyra is due to seasonal income of large amount of people to these areas (Timoshkin et al., 2018). Main factor of its development is increased drainage of badly purified or non-purified domestic waste waters into Lake Baikal (Suturin et al., 2016; Kulikova et al., 2017; Timoshkin et al., 2018). These waters include sewage from cesspools, toilets and bathrooms, laundries, kitchens, bath houses, shower rooms, canteens, hospitals, etc. Elements of domestic waste waters include not only large amount of nitrogen and phosphorus, to which main role in water bodies eutrophication is attributed, but also much sodium, chlorine, potassium, calcium, magnesium, sulfur (Berezov, Korovkin, 1998).

Due to hydrodynamical, physico-chemical and biological processes in the water of lake shallow water zone, the increased flow of chemical elements with polluted surface and underground waters decreases, as a rule, up to the background level (Suturin et al., 2016). Concentration of Na, Cl, Mn, Ba increases several times compared to background values in interstitial waters of beach zone of uprush related to recreation territories.

The results of analysis of samples collected in the near-shore zone of Listvenichny Bay (Kulikova et al., 2017), near the mouth of the Bugul'deyka R., in Peschanaya Bay showed that Spirogyra, which can be used as a bioindicator (Rajfur, Kłos, 2014), accumulates mainly sodium (6900±4100), potassium (6700±2000), calcium (5900±2300), sulfur (4200±1900), magnesium (3000±1500), barium (3700±2100), phosphorus (1400±410), chlorine (from 180 to 3400) and manganese (870±220 mcg/g of dry mass).

The decay of huge accumulation of Spirogyra in the northern part of Lake Baikal (the Tyya River mouth, near-shore zone of Zarechny settlement, Senogda Bay) is due to processes of secondary pollution of the shallow-water zone in this area. In Senogda bay, samples of water, which accumulated on the shoreline between doting algae stocks, compared to water samples from clean sites, contained several times more sodium, magnesium, silicon, potassium, calcium, iron, arsenic, iodine, barium, nickel, more than 10 times more of chlorine, cobalt and bromium, 300 times more of manganese. Phosphorus, copper, zinc contents did not exceed background values. Samples of interstitial water collected from holes on the bays under thick stocks of decaying Spirogyra are saturated with these elements much more. The grounds under sick layers of decaying algae, compared to the grounds of clean sites, contain more phosphorus, sulfur, copper, arsenic, molybdenum. In acetate-ammonia extractions from samples of grounds overlapped by thick layers of decaying algae, the level of content of Na, Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Br, Sr, Mo, I, Ba, Pb considerably exceeded the concentration of movable compounds of macro- and microelements in clean grounds. During water level increase periods, during strong storms, heavy rains, etc., major part of movable compounds of chemical elements from the grounds incomes again into near-shore waters.

Conclusions: Accumulation of Na≥Ca≥K>S>Mg>Ba>P≥Cl>Mn in Spirogyra used as a bioindicator showes maximal income of these elements into the near-shore zone with polluted surface and underground waters. Mineralization of a huge mass of dead algae is a source of secondary pollution of waters in near-shore zone with Na, Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Br, Sr, Mo, I, Ba, Pb.

Куликова Н.Н., Чебыкин Е.П., Тимошкин О.А., Жученко Н.А., Волкова Е.А., Сутурин А.Н.

АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ БАЙКАЛА ХИМИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ – ОСНОВНОЙ ФАКТОР РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОДОРОСЛЕЙ РОДА *SPIROGYRA* SPP.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
kulikova@lin.irk.ru

В результате исследований установлено, что участки с массовым развитием не характерных для Байкала нитчатых водорослей рода спирогира сопряжены с территориями береговой зоны, плотно застроенными туристическими базами и гостиницами, занятыми населенными пунктами с неэффективной системой очистки канализационных стоков или без централизованной канализации. Широкое распространение спирогиры связано с сезонным притоком большого количества людей в эти районы (Timoshkin et al., 2018). Основной фактор ее развития – это возросший в прибрежные воды Байкала сток плохо очищенных или неочищенных хозяйственно-бытовых вод (Сутурин и др., 2016; Куликова и др., 2017; Timoshkin et al., 2018), в состав которых входят стоки из выгребных ям, туалетных и ванных комнат, прачечных, кухонь, бань, душевых, столовых, боль-

ниц и т.д. В элементном составе хозяйственно-бытовых сточных вод содержится не только большое количество азота и фосфора, которым отводится главная роль в процессах эвтрофирования водоемов, но и много натрия, хлора, калия, кальция, магния, серы (Березов, Коровкин, 1998).

Возросший поток химических элементов с загрязненными поверхностными и подземными водами в результате гидродинамических, физико-химических и биологических процессов в воде мелководной зоны озера, как правило, снижается до фонового уровня (Сутурин и др., 2016). В несколько раз по сравнению с фоновыми значениями увеличивается концентрация Na, Cl, Mn, Ba в интерстициальных водах пляжей зоны заплеска, сопряженных с рекреационными территориями.

Результаты анализа проб, собранных в прибрежной зоне залива Лиственничного (Куликова и др., 2017), вблизи устья р. Бугульдейки, в бухте Песчаной, показали, что спирогира, которая может использоваться в качестве биоиндикатора (Rajfur, Kłos, 2014), в наибольшей степени накапливает натрий (6900±4100), калий (6700±2000), кальций (5900±2300), серу (4200±1900), магний (3000±1500), барий (3700±2100), фосфор (1400±410), хлор (от 180 до 3400) и марганец (870±220 мкг/г сухой массы).

С разложением гигантских скоплений спирогиры в северной части Байкала (устье реки Тыя, прибрежье поселка Заречного, бухта Сеногда) связаны процессы вторичного загрязнения мелководной зоны в этом районе. В бухте Сеногда в пробах воды, скопившейся на урезе между гниющими водорослевыми валами, по сравнению с пробами воды чистых участков, содержалось в несколько раз больше натрия, магния, кремния, калия, кальция, железа, мышьяка, йода, бария, никеля, более чем в 10 раз – хлора, кобальта и брома, в 300 раз больше марганца. Содержание фосфора, меди, цинка не превышало фоновых значений. Пробы интерстициальной воды, собранные из лунок на пляжах под мощными скоплениями разлагающейся спирогиры еще более насыщены этими элементами. В составе грунтов под толщей гниющих водорослей по сравнению с грунтами чистых участков больше фосфора, серы, меди, мышьяка, молибдена. В ацетат-аммонийных вытяжках проб грунтов, перекрытых толщей гниющих водорослей, уровень содержания Na, Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Br, Sr, Mo, I, Ba, Pb заметно превышал концентрацию подвижных соединений макро- и микроэлементов в чистых грунтах. В периоды подъема уровня воды, во время сильных штормов, ливневых дождей и т.д. большая часть подвижных соединений химических элементов из состава грунтов вновь поступит в прибрежные воды.

Выводы: Аккумуляция Na≥Ca≥K>S>Mg>Ba>P≥Cl>Mn в составе спирогиры, используемой в качестве биоиндикатора, показывает наибольший приток этих элементов в прибрежную зону с загрязненными поверхностными и подземными водами. Минерализация огромной массы отмерших водорослей является источником вторичного загрязнения водной среды прибрежья Na, Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Br, Sr, Mo, I, Ba, Pb.

Kustova O.V., Gorshkov A.G.

METHODS OF ORGANOCHLORINE POLLUTANTS MONITORING IN WATER OF LAKE BAIKAL

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
kustova_ov@lin.irk.ru

The dynamic industrial and agricultural activity of humanity during XX century has led to the appearance of new highly toxic substances and compounds, many of which are stable in the environment. The most dangerous of them are included in the list of persistent organic pollutants (POPs) by the Stockholm Convention in 2001. Most of the POPs are organochlorine compounds.

During environmental monitoring of organochlorine POPs emphasis is paid to sources of drinking water, including Lake Baikal, which stores ~20% of the world reserves of surface fresh water.

According to the results of work carried out in the 1990s, among the organochlorine POPs found in the waters and biota of the lake, dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) and its metabolites (DDE and DDD) and polychlorinated biphenyls (PCBs) are characterized by maximum levels of accumulation. Therefore, DDT and PCBs can be classified as priority POPs during the environmental monitoring of the aquatic ecosystem of Lake Baikal. Moreover, as shown by some authors, the maximum contribution to the total toxic equivalent of organochlorine compounds (WHO-TEQ), calculated for concentrations detected in fish, is made by PCBs. However, in general, the concentrations of PCBs and DDT and its metabolites in the water are characterized by low values. Therefore, the use of standardized methods with a quantitation limit (LOQ) of 2-10 $ng \cdot L^{-1}$ makes the serial analysis very laborious and expensive.

The method based on the simultaneous determination of seven marker congeners of PCB (Nos. 28, 52, 101, 118, 153, 138 and 180 by IUPAC) and 4,4'-DDT and its metabolites (4,4'-DDE and 4,4'-DDD) in water sample with a volume of 1 L was proposed for the organochlorine pollutants monitoring in Baikal water. It involved initial addition of surrogate internal isotopically labelled standards (^{13}C) into the sample, double liquid-liquid extraction by n-hexane and further GC-MS analysis using the multiple reactions monitoring mode (MRM). The LOQ of method is 0.01 $ng \cdot L^{-1}$ and the reproducibility is characterized by RSD is not exceed than 20%.

Approbation of technique was carried out with samples of surface and deep water of Lake Baikal, collected throughout the water area. The results of PCBs determination ($\sum PCB_7$) are represented by the range from 0.20-2.2 $ng \cdot L^{-1}$ and indicated the background pollution level. Concentrations of ∑DDTs (4,4'-DDT, 4,4'-DDD, 4,4'-DDE) in Baikal water were determined in the range from 0.03 to 1.1 $ng \cdot L^{-1}$. The ratio of 4,4'-DDT/4,4'-DDE was <1, which indicated their old entrance to the environment.

Кустова О.В., Горшков А.Г.

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В ВОДЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
kustova_ov@lin.irk.ru

Активное развитие в XX веке производственной и сельскохозяйственной деятельности человечества привело к появлению новых высокотоксичных соединений, многие из которых устойчивы в окружающей среде. Наиболее опасные из них включены Стокгольмской конвенцией (2001 г.) в список стойких органических загрязнителей (СОЗ). Большая часть СОЗ представлена хлорорганическими соединениями.

При экологическом мониторинге хлорорганических СОЗ под особым вниманием находятся источники питьевой воды, в том числе озеро Байкал, хранящий ~ 20% мировых запасов поверхностных пресных вод. По результатам работ, проведенных в 1990 гг., среди хлорорганических СОЗ, обнаруженных в воде и биоте озера, дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) и его метаболиты (ДДЕ и ДДД) и полихлорированные бифенилы (ПХБ) характеризуются максимальными уровнями накопления. Поэтому ДДТ и ПХБ можно классифицировать как приоритетные СОЗ в рамках экологического мониторинга водной экосистемы Байкала. Более того, как показали некоторые авторы, максимальный вклад в суммарный токсический эквивалент хлорорганических соединений (WHO-TEQ), рассчитанный для концентраций, обнаруженных у рыб, вносят ПХБ. Однако, в целом, концентрации ПХБ, ДДТ и его метаболитов в воде озера характеризуются низкими значениями, что делает применение стандартизированных методик, имеющих предел определения 2-10 нг/дм^3, труднореализуемым на практике серийного анализа.

Для контроля хлорорганических поллютантов в байкальской воде предложена методика, основанная на одновременном определении семи маркерных конгенеров (ПХБ$_7$: № 28, 52, 101, 118, 153, 138 и 180, согласно IUPAC) и 4,4'-ДДТ, и его метаболитов (4,4'-ДДЕ и 4,4'-ДДД) в пробе, объемом 1 дм^3. Методика включает двукратную жидко-жидкостную экстракцию *н*-гексаном с добавлением изотопномеченных (^{13}C) суррогатных внутренних стандартов и последующий хромато-масс-спектрометрических анализ в режиме мониторинга заданных реакций (ГХ-МС/МС, MRM). Предел определения данной методики 0.01 нг/дм^3, внутрилабораторная прецизионность характеризуется ОСО не более 20%.

Методика была апробирована на пробах поверхностных и глубинных вод озера Байкал, собранных по всей акватории. Полученные концентрации ∑ПХБ$_7$ представлены диапазоном 0.20-2.2 нг/дм^3 и характеризуются, в основном, фоновым уровнем загрязнения. Концентрации ΣДДТ (4,4'-ДДТ, 4,4'-ДДД, 4,4'-ДДЕ) в байкальской воде определялись в диапазоне от 0,03 до 1,1 нг/дм^3. Соотношение 4,4'-ДДТ/ 4,4'-ДДЕ было <1, что указывает на старое поступление 4,4'-ДДТ в окружающую среду.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ФАНО России (проект № 0345–2016–0008, № гос. рег. АААА-А16-116122110065-4) на оборудовании приборного центра коллективного пользования физико-химического ультрамикроанализа ФГБУН Лимнологический институт СО РАН и поддержано грантом РФФИ (проект № 17-45-388077 р_а, № гос. рег. АААА-А17-117111670064-7).

Kuzmina L.I., Kirillov A.F.

SOME DATA ON ZOOPLANKTON STATUS IN THE TIMKINSKAYA RIVER (KOLYMA WATERSHED)

State Scientific and Production Centre for Fishery (Gosrybcenter), Yakutsk Branch, Yakutsk, Republic Sakha (Yakutia)
kuzmina_lena_in@inbox.ru

The Timkinskaya River is a right-bank tributary of the Dolgoplesnaya River, it debouches 3 km upstream its mouth. The river belongs to the Kolyma downstream watershed. It is 167 km long; the catchment area is 1200 км^2. It has 135 tributaries 294 km long in total (Resources …, 1966). The Timkinskaya zooplankton fauna has not been studied before and this determined the research objective. The samples were taken downstream the river and in its mouth in September 2017. Sampling and processing were done by filtration of 100-200 L of water through plankton net; the samples were then fixed in 75% ethanol solution (Abakumov, 1983; Samples …, 1982). The samples were taken in that way so that all type of the river biotopes were covered. The organisms taken were then treated in laboratory; their species composition was defined according to widely accepted species indicators (Kutikova, 1970; Freshwater zooplankton …, 2010).

The study revealed 21 species in the zooplankton composition; 13 of them are Rotifera, 5 are Cladocera, and 3 are Copepoda, including immature copepodites and nauplii. The species were mainly littoral and phytophilic, represented by psychrophilic and eurythermic forms. The Rotifera were more often represented by large *Asplanchna priodonta* and cosmopolitan *Kellicottia longispina*. *Keratella quadrata, Keratella cochlearis, Filinia terminalis* and *Trichotria trunkata* were identified too. The other species occurred rarely, some only sporadically. The domination of Rotifera in the zooplankton composition allows referring the river to mesosaprobic (or polysaprobic) zone by saprobity degree (Shitikov et al., 2003). The Cladocera were dominated by eurytopic *Bosmina longirostris, Daphnia cristata* and eurybiontic *Chydorus sphaericus*. The Copepoda were mainly represented by Holarctic species *Limnocalanus macrurus* as well as by immature Cyclopoida copepods and nauplii.

Table. Structural and integral zooplankton indicators of the Timkinskaya River, September 2017

Indicators	Sampling site	
	Downstream	Mouth
Number of species	12	22
Abundance, ind./m^3	17800	47700
Biomass, mg/m^3	185.4	347.2
Rot.:Clad.:Cop. (% N_{total})	86:7:7	81:12:7
Rot.:Clad.:Cop. (% B_{total})	58:31:11	20:71:9
Shannon index	2.75	3.12

Zooplankton density and biomass varied between 17800-47700 ind./m³ and 185.4-347.2 mg/m³ respectively, increasing in the mouth. The most abundant were Rotifera mainly due to *A. priodonta* and *K. longispina* species (cf. Table). Zooplankton quantitative and Shannon indices in the mouth of the Timkinskaya River were higher and relatively higher than in the lower reach.

Кузьмина Л.И., Кириллов А.Ф.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О СОСТОЯНИИ ЗООПЛАНКТОНА РЕКИ ТИМКИНСКОЙ (БАССЕЙН РЕКИ КОЛЫМА)

Якутский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр», г. Якутск, РС (Я)
kuzmina_lena_in@inbox.ru

Река Тимкинская является правобережным притоком виски Долгоплесная, впадает в 3 км от устья. Относится к бассейну нижнего течения р. Колыма. Протяженность реки составляет 167 км, площадь водосбора 1200 км^2. Принимает в себя 135 притоков с общей длиной 294 км (Ресурсы …, 1966). Фауна зоопланктона р. Тимкинская ранее не изучалась, что и определило цель нашего исследования, проведенного в сентябре 2017 г., пробы были отобраны в нижнем течении и в устье реки. Отбор и обработку проб проводили методом процеживания 100-200 л воды через планктонную сеть, с последующей фиксацией в 75%-м растворе этилового спирта (Абакумов, 1983; Методические рекомендации …, 1982). Пробы отбирали с учетом того, чтобы были охвачены все типы биотопов исследованных участков реки. Камеральную обработку организмов проводили в лабораторных условиях, видовой состав определяли по широко распространенным определителям (Кутикова, 1970; Определитель …, 2010).

В результате исследований в составе фауны зоопланктона выявлен 21 вид, из которых коловратки (Rotifera) представлены – 13, ветвистоусые (Cladocera) – 5 и веслоногие (Copepoda) ракообразные – 3 видами, в том числе неполовозрелыми копеподитами и науплиями. В составе фауны в основном литоральные и фитофильные виды, относящиеся к холодолюбивым и эвритермным формам. Среди коловраток чаще встречались крупные *Asplanchna priodonta* и космополиты *Kellicottia longispina*. В пробах были отмечены *Keratella quadrata, Keratella cochlearis, Filinia terminalis* и *Trichotria trunkata*. Остальные виды встречались реже, а некоторые единично. Доминирование в видовом отношении коловраток относит водоем по степени сапробности к мезосапробной (или полисапробной) зоне (Шитиков и др., 2003). В составе ветвистоусых ракообразных преобладали эвритопные *Bosmina longirostris, Daphnia cristata* и эврибионтные *Chydorus sphaericus*. Основным представителем веслоногих являлся голарктический вид *Limnocalanus macrurus*, помимо неполовозрелых копепод и науплий Cyclopoida.

Таблица. Структурные и интегральные показатели зоопланктона р. Тимкинская, сентябрь 2017 г.

Показатели	Участок отбора проб	
	Нижнее течение	Устье
Число видов	12	22
Численность, экз./м^3	17800	47700
Биомасса, мг/м^3	185,4	347,2
Rot.:Clad.:Cop. (% $N_{общ}$)	86:7:7	81:12:7
Rot.:Clad.:Cop. (% $B_{общ}$)	58:31:11	20:71:9
Индекс разнообразия по Шеннону	2,75	3,12

Плотность зоопланктона варьировала от 17800 до 47700 экз./м³, при биомассе 185,4-347,2 мг/м³, возрастая в устье. Доминирующей группой по численности являлись коловратки, что достигалось за счет массового развития коловраток видов *A. priodonta* и *K. longispina* (таблица). В устье р. Тимкинская были отмечены более высокие количественные показатели зоопланктона, чем в нижнем течении, а также наблюдается относительно высокие показатели видового разнообразия (по Шеннону).

Leonova G.A.[1], Maltsev A.E.[1], Bobrov V.A.[1], Melenevsky V.N.[2], Kondratyeva L.M.[3]

TRANSFORMATIONS OF THE MODERN AND FOSSILIZED ORGANIC MATERIALS OF SAPROPELS IN THE EARLY DIAGENESIS (AN EXAMPLE OF SMALL LAKES IN SOUTHERN WEST SIBERIA AND EASTERN PRIBAYKALYA)

[1]Institute of Geology and Mineralogy. V.S. Sobolev Institute of Mathematics SB RAS, 630090, Novosibirsk, Akademika Koptyuga Avenue, 3
[2]Institute of Oil and Gas Geology and Geophysics. A.A. Trofimuk SB RAS, 630090, Novosibirsk, Akademika Koptyuga Avenue, 3
[3]Institute of Water and Environmental Problems, Far East Division RAS, 680063, Khabarovsk, ul. Kim Yu Chen, 65
leonova@igm.nsc.ru

Insufficient knowledge of early diagenesis of the sediments of continental lakes in general, and organogenic sediments (sapropels) of small lakes of the Siberian region in particular, raises this problem in a number

of extremely topical both in theoretical and practical aspects. Taking as a basis the methodological approaches to the study of the geochemistry of diagenesis of the sediments of the oceans and seas, as well as the deep-Baikal, the authors applied it to small lakes, revealing the similarities and differences in the fresh-water diagenesis of sapropel deposits of lakes located in different climatic zones (south of Western Siberia and the Eastern Baikal region).

In the work the authors used the most modern methods of selection of bottom sediments - drilling of the bottom of lakes to underlying rocks, as a result of which long cores with unbroken stratification were obtained: Large Toroki – 1,8 m, Minzelinskoe – 5 m (south of Western Siberia); Ochki – 4,5 m, Dukhovoe – 7 m, Kotokel – 14,5 m (Eastern Baikal region).

It has been established that the bottom sediments of the lakes under investigation in terms of the organic matter content and the chemical composition of the mineral part form two completely defined sedimentary complexes, which are determined by the geographical location of the lakes. The first includes high-ash mineral-organic sapropels of the carbonate series, which are formed in the sedimentary basins of the lakes of the south of Western Siberia, the second is represented by noncarbonate low-ash sapropels of organomineral and organic type formed in the lakes of the Eastern Baikal region.

In all lakes, a reductive type of diagenesis was revealed, during which microbial destruction of organic matter occurs, transformation of the chemical composition of pore waters and the formation of authigenic minerals, primarily pyrite. In the upper intervals of the cores (0-5 cm), slightly oxidative or weakly reducing conditions with values of Eh from +10 (Lake Kotokel) to -3 mV (Lake Bolshie Toroki) are established. With the deepening into the thickness of the sediments, the values of Eh sharply shift in the negative direction and range from -76 (Lake Kotokel) to -60 mV (Lake Bolshie Toroki and Minzelinskoe), on the whole characterizing the recovery situation. Thus, the diagenetic processes of transformation of the buried organic matter in these lakes occur under anaerobic conditions.

The degree of transformation (transformation) of organic matter in vertical precipitation profiles was indirectly assessed by decreasing the content of C_{org} and N_{org} in the lower horizons of cores in comparison with those in the upper horizons, guided by the well-known fact that, first of all, at the stage of early diagenesis, the organic matter loses labile readily hydrolyzable components represented $(N, H, P)_{org.}$ As a marker of destruction of the labile components of organic matter, the ratio C_{org} / N_{org} was used, which increases in the depth of the sediment sections of all lakes: from 12 to 15 in the lake. Large Toroki, from 14 to 17 in the lake Minzelinskoe, from 11 to 14 in the lake Dukhovoe, from 12 to 15 in the lake Ochki, which indicates the destruction of amino acids and carbohydrates. An increase in the S content in the lower intervals of the sediment cross sections is a reflection of the processes of bacterial sulfate reduction, as a result of which H_2S is released and, as a result, a large amount of diagenetic pyrite (FeS_2) is formed, in which S is fixed.

As a result of the study of the layerwise distribution of sections of various physiological groups of microorganisms (heterotrophic, nitrifying, ammonifying, iron-oxidizing), it was established that their maximum abundance is concentrated in the upper horizons of the sapropel, where, under the action of the so-called "active layer" of the sediment, destruction of labile components occurs organic matter. The depth of the sections shows an increase in the number of sulfate-reducing bacteria, which indicates deep processes of destruction of OM; these microorganisms are able to use only low molecular weight organic matter, which has undergone preliminary degradation of complex organic molecules.

The degree of transformation of organic matter precipitation by microorganisms during diagenesis is indicated by a change in the isotope composition of carbon. The relief of $\delta^{13}C$ in the depth of the sapropel section of the lake has been established. Large Toroks from -21.0‰ (unconsolidated precipitate) to -29.5‰ (lower sediment interval, 138 cm). The simplification of the isotope composition of carbon is a consequence of isotope fractionation as a result of the activity of decomposing microorganisms, whose main products are carbon dioxide and methane with a light $\delta^{13}C$. Consequently, the facilitation of the carbon isotope composition confirms active microbial processes in the sediment that alter the initial composition of the organic matter as a result of its anaerobic decomposition.

According to the results of pyrolysis, it is established that in the uppermost intervals of the precipitate organic matter is prone to deep transformation processes and differs in composition from the bioproducers organic matter (macrophytes, plankton, peat-forming plants). In the upper 5 cm of sediment, there are no low-temperature maxima (330°C), which are labile components of protein-carbohydrate substances of bioproduents, and a high temperature peak (500°C) is established, which indicates the presence of macromolecular aliphatic structures in the Sapropel organic matter kerogen-component of fossilized organic matter). This indicates that the decay of the organic matter entering into the precipitate (and the formation of kerogen) begins already in the upper intervals of the sapropelic sequence at the earliest stages of diagenesis. With the subsequent layering of sediments in the deeper layers, apparently, there remains only a very stable organic matter, the further decay of which is already extremely slow.

The transformation of pore waters during the early diagenesis of sapropels is established, leading to an increase in HCO_3^-, NH_4^+, HPO_4^{2-}, which is a consequence of anaerobic oxidation of organic matter by microorganisms.

The work was carried out with the partial support of RFBR grants № 18-35-00072 mole_a, № 17-45-540527 r-a.

Леонова Г.А.[1], Мальцев А.Е.[1], Бобров В.А.[1], Меленевский В.Н.[2], Кондратьева Л.М.[3]

ТРАНСФОРМАЦИЯ СОВРЕМЕННОГО И ЗАХОРОНЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА САПРОПЕЛЕЙ В РАННЕМ ДИАГЕНЕЗЕ (НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ ОЗЕР ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И ВОСТОЧНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ)

[1]Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 630090, Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3
[2]Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, 630090, Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3
[3]Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, 680063, Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65
leonova@igm.nsc.ru

Исследование посвящено биогеохимии постседиментационных превращений органического вещества (ОВ) в голоценовых разрезах сапропелей и трансформации поровых вод в раннем диагенезе на примере типовых сапропелевых озер юга Западной Сибири (Большие Тороки, Минзелинское) и Прибайкалья (Котокель, Духовое, Очки). Установлено, что донные осадки исследуемых озер по содержанию ОВ и химическому составу минеральной части образуют два вполне определенных осадочных комплекса, которые обусловлены географическим положением озер. Первый включает высокозольные минерально-органические сапропели карбонатного ряда, которые образуются в седиментационных бассейнах озер юга Западной Сибири, второй – представлен бескарбонатными низкозольными сапропелями органоминерального и органического типа, образующиеся в озерах Прибайкалья.

Во всех озерах выявлен восстановительный тип диагенеза, в ходе которого происходит микробная деструкция ОВ, трансформация химического состава поровых вод и образование аутигенных минералов, прежде всего пирита. Установлено уменьшение значений $C_{орг}$ и $N_{орг}$ (деструкция ОВ) по глубине разрезов сапропелевых отложений разного генезиса (макрофитного, планктонного, торфянистого). В сапропелях всех озер выявлено уменьшение содержание $N_{орг}$ с глубиной и увеличение отношения $C_{орг}/N_{орг}$ в самых нижних интервалах разрезов, что свидетельствует о преобразовании в процессе диагенеза ОВ осадка, и в частности, деструкции аминокислот и углеводов.

Данные пиролиза всех исследуемых озер показывают, что в самых верхних интервалах осадка ОВ подвержено глубоким процессам трансформации и существенно отличается по составу от ОВ организмов-сапропелеобразователей (продуцентов) – макрофитов, планктона, растений-торфообразователей. В верхних 5 см сапропелевых отложений отсутствуют низкотемпературные максимумы (330°C), представляющие собой лабильные компоненты белково-углеводных веществ продуцентов, а установлено наличие высокотемпературного пика (500°C), что свидетельствует о присутствии в составе ОВ сапропеля макромолекулярных алифатических структур – керогена (основной компонент фоссилизированного ОВ). Это свидетельствует о том, что распад попадающего в осадки ОВ (и образование керогена) начинается уже в верхних интервалах сапропеля на самых ранних стадиях диагенеза. При дальнейшем наслоении осадков в более глубоких слоях сапропелевой толщи, по-видимому, остается лишь очень стойкое ОВ, дальнейший распад которого идет уже крайне медленно.

Установлена трансформация поровых вод в процессе раннего диагенеза сапропелей, приводящая к увеличению в них HCO_3^-, NH_4^+, HPO_4^{2-}, что является следствием анаэробного окисления ОВ микроорганизмами. Уменьшение же содержания SO_4^{2-} в поровых водах по глубине разрезов является отражением процесса сульфатредукции вследствие восстановления SO_4^{2-} при участии сульфатредуцирующих бактерий. Показано, что интенсивность сульфатредукции в исследуемых озерах юга Западной Сибири намного выше, чем в озерах Прибайкалья. Это может зависеть как от вещественного состава ОВ (его доступности для жизнедеятельности сульфатредукторов), так и от валовых концентраций сульфатов в поровых водах.

В осадках всех озер, за исключением оз. Очки, выявлено присутствие аутигенного (диагенетического) пирита, характерного для большинства современных восстановленных осадков. Максимальные скопления пирита были обнаружены в интервалах с наиболее высокой численностью сульфатредуцирующих бактерий, здесь же было зафиксировано резкое падение SO_4^{2-} в поровых водах и высокие значения восстановленных форм серы в твердой фазе осадка.

Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ № 18-35-00072 мол_а, № 17-45-540527 р-а.

Lipko I.A., Krasnopeev A.Yu., Tikhonova I.V., Belykh O.I.

PHYLOGENETIC DIVERSITY OF ACTINOBACTERIA IN LAKE BAIKAL: COMPARISON BETWEEN WATER AND SPONGES

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
irinalipko@yandex.ru

For the first time detailed study of phylogenetic diversity of *Actinobacteria* in water and sponge of Lake Baikal has been carried out. Phylum *Actinobacteria* permanently inhabited water and *L. baicalensis* microbial community in significant number whatever sponge general condition and degree of involvement. *Actinobacteria* were ubiquitous in plankton community accounted for 40-70% of all studied sequences. In healthy sponges, *Actinobacteria* were up to 13.4% next to *Cyanobacteria, Proteobacteria* and *Bacteroidetes*. In microbiomes of all damaged sponges they were dominant along with *Cyanobacteria, Proteobacteria* and *Verrucomicrobia* (from 2.0 to 7.0%). In plankton and sponge microbial community *Actinobacteria* were assigned to three classes, i.e. Actinobacteria, Acidimicrobiia and Thermoleophilia. Illumobacteriaceae (CL500-29_marine_group) and Sporychtiaceae (hglI_clade) were ubiquitous, major groups in all samples.

Липко И.А., Краснопеев А.Ю., Тихонова И.В., Белых О.И.

ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ АКТИНОБАКТЕРИЙ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ: СРАВНЕНИЕ МЕЖДУ ГУБКАМИ И ВОДОЙ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
irinalipko@yandex.ru

Впервые проведено подробное исследование филогенетического разнообразия актинобактерий, обитающих в воде и в губках озера Байкал. В озере Байкал – самого большого пресноводного водоема в мире, губки являются одними из главных представителей бентоса. Они содержат устойчивые и видоспецифичные микробные симбионты, которые являются активными участниками как путей метаболизма самих губок, а также биогеохимических циклов внешней окружающей среды (de Goeij et al., 2008). Среди разнообразных бактериальных групп, ассоциированных с пресноводными губками, актинобактерии представляют значительную часть. Актинобактерии - это доминирующая бактериальная фила, которая содержит грамположительные нитчатые бактерии с разнообразными морфологическими, физиологическими и метаболическими характеристиками, повсеместно населяющие водную и наземную среды обитания (Barka et. al., 2016). Целью данного исследования было оценить и сравнить различные таксономические группы актинобактерий в ассоциированном микробном сообществе здоровых и больных губок *L. baicalensis*, а также в планктонном микробном сообществе, используя метагеномный подход.

Исследовали пробы воды и губок, взятые в разные годы, когда губки *L. baicalensis* были еще здоровыми (2010), в период их болезни (2012-2014 гг.) и во время массовой гибели (2015 г.). Пробы отбирали в прибрежной зоне южного бассейна оз. Байкал (бухта Большие Коты, залив Лиственничный, мыс Березовый) и в глубоководной зоне (разрез Листвянка-Танхой). В результате высокопроизводительного секвенирования получено 51038 последовательностей гена 16s рРНК для участков V1-V3 и V3-V4 со средней длиной более 440 нуклеотидов.

Обнаружено, что филум *Actinobacteria* в значительном количестве всегда присутствует в воде и в микробном сообществе *L. baicalensis*, независимо от ее общего состояния и степени поражения болезнью. В планктонном сообществе актинобактерии доминируют, занимая 1-2 место или до 70% от всех исследованных последовательностей (V1-V3), до 40% в прибрежных районах и около 57% в глубоководной зоне (V3-V4). В здоровых губках (2010-2012 г.) актинобактерии составляли 13,4 и 4,7%, соответственно, после филумов *Cyanobacteria, Proteobacteria* и *Bacteroidetes*. В микробиомах всех больных губок филум *Actinobacteria* доминировал наряду с *Cyanobacteria, Proteobacteria* и *Verrucomicrobia*, занимая 3-4 место по численности (от 2,0 до 9,0%).

В воде и в губках оз. Байкал филум *Actinobacteria* представлен тремя классами, такими как *Actinobacteria, Acidimicrobiia* и *Thermoleophilia*. Классы *Actinobacteria* и *Acidimicrobiia* были широко распространены и доминировали в *L. baicalensis* и в пробах воды. Класс *Thermoleophilia* обнаружен только на участке V3-V4 во всех пробах в минорном количестве (0,1-2%). Два порядка *Microtrichales* и *Frankiales* (из 11 обнаруженных) доминировали во всех пробах воды, в здоровых, больных и мертвых губках, взятых в разные годы. Из 12 описанных и 5 неклассифицированных семейств *Illumobacteriaceae* (CL500-29_marine_group) и *Sporychtiaceae* (hgIl_clade) были наиболее многочисленными группами в здоровых губках (2010-2012), в «здоровых» и мертвой *L. baicalensis* (2014) и во всех пробах воды. В 2015 г. в губках семейство *Illumobacteriaceae* также оставалось наиболее многочисленным. Наряду с актинобактериями из семейства *Sporychtiaceae*, обнаруженными в минимальном количестве, появились новые неклассифицированные представители *Frankiales* и некультивируемые *Actinomicrobiia*. В данных пробах (2015) также выявлены представители семейств *Iamiaceae, Solirubrobacteriaceae*, неклассифицированные *Microbacteriaceae*, обнаруженные ранее в биопленочном соскобе (2014), некультивируемые *Microtrichaceae*, обнаруженные в мертвой губке, и некультивируемые *Gaiellales*, обнаруженные прежде в пробах воды (2013-2014), в «здоровых» и мертвой губках (2014). Семейства *Brevibacteriaceae, Micrococcaceae, Nocardioidaceae* и *Nocardiaceae* выявлены только в пробах воды в 2013-2014, а семейство *Microbacteriaceae* (род *Micobacterium*) – в образцах здоровой губки и в воде (2012). Кроме того, обнаружено много неклассифицированных групп, даже на уровне порядка (например, *Propionibacteriales*).

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 18-54-05005 Арм_а и государственного задания по теме № 0345-2018-0003 (АААА-А16-116122110061-6) «Микробные и вирусные сообщества в биопленках пресноводных экосистем: таксономическое разнообразие, особенности функционирования и биотехнологический потенциал».

Litasova A.S.[1, 2], Pavlova Yu.A.[1, 2], Maksimov A.Yu.[1, 2], Titov N.I.[3], Klyachman V.V.[3]

MICROBIOLOGICAL AND METAGENOMIC ANALYSIS OF WATER USED FOR GROWING YOUNG AT FISHING FACTORIES OF THE REPUBLIC OF BURYATIA

[1]PFIST UB RAS
[2]Perm State National Research University
[3]FGBNU “Gosrybtsentr”, Baikal branch

Microbiological and metagenomic studies of water used at the Bolsherechensky and Selenginsk fish hatcheries in the Republic of Buryatia have been carried out. It is established that the water in the basins contains an increased number of characteristic commensals of fish, such as *Acinetobacter baumanii* and streptococci. In contrast, water samples flowing into the pools contain soil and water bacteria, usually not associated with animals, such as *Azospirillum* and actinobacteria.

Литасова А.С.[1, 2], Павлова Ю.А.[1, 2], Максимов А.Ю.[1, 2], Титов Н.И.[3], Клячман В.В.[3]

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ И МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ ВОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ НА РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДАХ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ

[1]ПЦИЦ УрО РАН
[2]Пермский государственный национальный исследовательский университет
[3]ФГБНУ «Госрыбцентр», Байкальский филиал

Проведены микробиологические и метагеномные исследования воды, используемой на Большереченском и Селенгинском рыбоводных заводах для культивирования молоди ценных видов рыб – омуля и осетра. Установлено, что в исследуемых образцах содержится повышенное количество энтеробактерий. Данная группа бактерий не описана как опасная для лососевых и осетровых, в частности, для молоди омуля. Однако наличие таких бактерий свидетельствует о повышенном содержании органики и некоторых застойных процессах, которые могут провоцировать повышенную гибель молоди опосредованно. Небольшое наличие таких бактерий в притекающей воде в бассейны на БРЗ, возможно, свидетельствует о необходимости установки системы дополнительной очистки воды. Также в воде некоторых бассейнов содержалось повышенное количество псевдомонад, что также может быть связано с загрязнением воды.

В пробах, взятых на СЭРЗ, количество КОЕ было практически в пределах нормы. Повышенного содержания потенциально опасных микроорганизмов не было обнаружено.

В результате проведенного метагеномного анализа установлено, что вода в бассейнах содержит повышенное содержание характерных комменсалов рыб, таких как *Acinetobacter baumanii* и стрептококков, которые обнаруживались ранее на жабрах и поверхностных покровах рыб. Также среди бактерий, наиболее представленных, обнаружены представители родов *Staphylococcus, Aeromonas, Escherichia, Shigella, Flavobacterium.* Напротив, пробы воды, притекающей в бассейны, содержат почвенные и водные бактерии, обычно не ассоциированные с животными, такие как *Azospirillum,* актинобактерии и др. Из полученных данных очевидно, что в условиях аквакультуры активно развивается гетеротрофная и условно-патогенная микрофлора, ассоциированная с органическими отходами и с животными организмами.

Lomakina A.V., Pogodaeva T.V., Ivanov V.G., Khal'zov I.A., Zemskaya T.I.

ANAEROBIC OXIDATION OF METHANE AND MICROBIAL CONSORTIA IN DEEP SEDIMENTS OF LAKE BAIKAL

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
lomakina@lin.irk.ru

The problem of the anaerobic oxidation of methane (AOM) in sediments of freshwater reservoirs is actively now discussed in the world literature (Schubert et al., 2011; Pasche et al., 2011; Borrel et al., 2012). The research of a possibility of AOM in an anaerobic zone of freshwater reservoirs and soils becomes especially relevant in recent years. There are many reports about use as final acceptors of electrons, except sulfate ions, such ions as nitrate, nitrite, iron or manganese (Raghoebarsing et al., 2006; Beal et al., 2009; Ettwig et al., 2010; Haroon et al., 2013; Ding et al., 2015). AOM in marine ecosystems carry out the *Archaea* of three clusters relating to *Euryarchaeota*: ANME-1, ANME-2 and ANME-3. In freshwater ecosystems this process can carry out representatives archaea of the ANME-2d subcluster and bacteria of the NC10 phylum.

The bottom sediments of freshwater Lake Baikal are a specific environment for microbial communities developing around discharge zones. Availability of energy sources and the presence of electron donors and acceptors are the major factors determining the development of specific microbial communities in Lake Baikal. In the absence of oxidizers, most of organic matter is consumed in the course of methanogenesis. In spite of background values of the main acceptors of electrons, the absence of ANME members typical of marine sediments, measurement of methane concentrations and radiotracer analysis revealed AOM in Lake Baikal.

To confirm existence of processes of AOM in sediments of Lake Baikal in laboratory conditions was performed experiments in which was to assess the ability of the microbial community from the sediments of a mud volcano Peschanka (Lake Baikal) to carry out AOM and to reveal the agents of this process by FISH and SEM.

After 16 days of anaerobic cultivation of the enrichment cultures, methane content in the gas phase decreased, and microbial consortia were established. The consortia were investigated using EDS. Their elemental composition was characterized by elevated levels of the elements composing organic compounds (21% C, 29% N, 27% O) than the nearly located sediment particles (7% C, 1.38% N, 20% O), which is an indication of the biological nature of these aggregates (Lomakina et al., 2018a).

The presence of bacteria of the NC10 phylum and archaea of the ANME-2d cluster was established by FISH. Previously, representatives ANME-2d were detected in sediments of Lake Baikal using massive parallel sequences. They constituted up to 28% of the total number of archaeal 16S rRNA gene sequences (Lomakina et al., 2018b).

The reported study was funded by RFBR according to the research project №18-04-00244_a and of the State Assignment, topic no. 0345–2016–0007.

Ломакина А.В., Погодаева Т.В., Иванов В.Г., Хальзов И.А., Земская Т.И.

АНАЭРОБНОЕ ОКИСЛЕНИЕ МЕТАНА И МИКРОБНЫЕ КОНСОРЦИУМЫ В ОСАДКАХ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
lomakina@lin.irk.ru

В настоящее время проблема анаэробного окисления метана (АОМ) в осадках пресноводных водоемов активно дискутируется в мировой литературе (Schubert et al., 2011; Pasche et al., 2011; Borrel et al., 2012).

Исследование возможности АОМ в анаэробной зоне пресноводных водоемов и почв в последние годы становится особенно актуальным, в литературе имеется достаточно много сообщений об использовании в качестве конечных акцепторов электронов, кроме сульфат-ионов, таких ионов как нитрата, нитрита, железа или марганца (Raghoebarsing et al., 2006; Beal et al., 2009; Ettwig et al., 2010; Haroon et al., 2013; Ding et al., 2015). АОМ в морских экосистемах осуществляют археи трех кластеров, относящихся к филуму *Euryarchaeota*: ANME-1, ANME-2 и ANME-3. В пресноводных экосистем данный процесс могут осуществлять представители архей подкластера ANME-2d и бактерии филума NC10.

Донные осадки пресноводного озера Байкал представляют собой специфическую среду обитания для микробных сообществ, формирующихся вблизи зон разгрузок. Основными определяющими факторами для развития определенного типа микробных сообществ на оз. Байкал являются доступность источников энергии и наличие доноров и акцепторов электронов. В отсутствии окислителя большая часть органического вещества используется в процессе метаногенеза. Несмотря на фоновые значения основных акцепторов электронов, отсутствие архей кластеров ANME, процессы АОМ в осадках озера Байкал зафиксированы с помощью радиоизотопных методов.

Чтобы подтвердить наличие процессов АОМ в осадках озера Байкал, в лабораторных условиях проведен эксперимент, в котором оценена способность микробного сообщества донных осадков из района грязевого вулкана Песчанка осуществлять данный процесс, и выявлены микроорганизмы – участники АОМ с помощью методов FISH и СЭМ.

На 16 сут культивирования микробного сообщества в анаэробных условиях отмечалась убыль содержания метана в газовой фазе и формирование консорциумов микроорганизмов, сходных по структуре с кластерами ANME. Элементный состав, детектированных агрегатов, характеризовался более высоким процентом элементов, входящих в состав органических соединений (21% C, 29% N, 27% O) по сравнению с близлежащими частицами осадка (7% C, 1.38% N, 20% O), что указывает на биологическую природу данных агрегатов. С помощью метода FISH в консорциумах детектированы бактерии филума NC10 и археи кластера ANME-2d (Ломакина и др., 2018). Ранее, присутствие представителей кластера ANME-2d в осадках озера Байкал было показано с помощью высокопроизводительного массового секвенирования (Lomakina et al., 2018). В исследованных осадках их вклад достигал 28% от общего количества нуклеотидных последовательностей гена 16S рРНК архей.

Работа поддержана грантом РФФИ №18-04-00244_а и темой Гос. задания № 0345-2016-0007.

Lubyaga Y.A.[1,3], Trifonova M.S.[2], Vereshchagina K.P.[1,3], Madyarova E.V.[1,3], Shatilina Zh.M, [1,3], Gurkov A.N. [1,3], Kondrateva E.S.[1,3] , Axenov – Gribanov D.V.[1], Timofeyev M.A.[1]

COMPARATIVE STUDY OF NONSPECIFIC MECHANISMS OF STRESS ADAPTATION IN *GMELINOIDES FASCIATUS* AND *GAMMARUS LACUSTRIS* FROM REMOTE POPULATIONS UNDER HYPERTHERMIC CONDITIONS

[1]Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
[2]Institute of Limnology RAS, St. Petersburg, Russia
[3]ANO Baikal Research Center, Irkutsk, Russia
yuliya.a.lubyaga@gmail.com

The purpose of this study was to analyze the activity of antioxidant enzymes and assess the content of lipid peroxidation products and heat shock protein (HSP70) in amphipods of the species *Gmelinoides fasciatus* and *Gammarus lacustris* from the littoral zone of water bodies with different hydrochemical conditions. It is shown that amphipods of *G. fasciatus* and *G. lacustris* from remote populations use diverse strategies of biochemical adaptations, which formed when they were settled into new water reservoirs with different mineralization and temperature regimes.

Лубяга Ю.А.[1,3], Трифонова М.С.[2], Верещагина К.П.[1,3], Мадьярова Е.В.[1,3], Шатилина Ж.М.[1,3], Гурков А.Н.[1,3], Кондратьева Е.С.[1,3],
Аксенов-Грибанов Д.В.1,3, Тимофеев М.А.1

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСПЕЦИФИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ СТРЕСС-АДАПТАЦИИ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ОТДАЛЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ *GMELINOIDES FASCIATUS* И *GAMMARUS LACUSTRIS* В УСЛОВИЯХ ГИПЕРТЕРМИИ

[1]ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», Иркутск, Россия
[2]Институт озероведения РАН, Санкт-Петербург, Россия
[3]АНО Байкальский исследовательский центр, Иркутск, Россия
yuliya.a.lubyaga@gmail.com

Температура и минерализация – важные абиотические факторы водоёмов, влияющие на географическое распределение видов (Pörtner, Farrell, 2008). В природе изменение этих факторов часто происходит совместно. Целью данного исследования являлось выявление особенностей стресс-ответа в условиях постепенного повышения температуры у амфипод *Gmelinoides fasciatus* и *Gammarus lacustris* из водоемов с различными гидрохимическими условиями.

В работе использовали три популяции амфипод *G. fasciatus*: из литорали оз. Байкал (минерализация 0,120‰), Ладожского озера (0,064‰), и Финского залива (0,185‰) и две популяции *G. lacustris*: из оз. Шира (11-15‰) и заводи р. Ангара (0,5‰). Проводили экспонирование амфипод при постепенном повышении температуры среды – с 6°C до температуры гибели 100% особей. Определяли выживаемость, активность ферментов антиоксидантной системы (АОС) и содержание продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) и белков теплового шока (БТШ70).

Было показано, что *G. fasciatus* из Ладожского озера являются более чувствительными к повышению температуры. Так, гибель 100% амфипод из этой популяции отмечали при достижении 31,5°С, в то время как у амфипод из оз. Байкал и Финского залива гибель отмечали при 32 и 33,9°С соответственно. Представители *G. lacustris* из пресного водоема (заводь р. Ангара) также являются более термочувствительными. Так, смертность 100% особей *G. lacustris* из пресноводной популяции наступала при температуре 31°С, тогда как у амфипод из солоноводной популяции из оз. Шира эта температура была выше и составила 33°С.

Изменения активности ферментов АОС происходят у представителей вида *G. fasciatus* из водоемов интродукции (Финский залив, оз. Ладожское), в то время как у особей вида *G. lacustris* увеличение активности исследованных ферментов не происходит. Выявлены видоспецифичные особенности изменения содержания стрессовых белков семейства БТШ70 в условиях постепенного повышения температуры среды. Показано, что у амфипод вида *G. fasciatus* активация синтеза БТШ70 происходит при меньших отклонениях температуры среды от оптимума вида, но в меньшей степени, в отличие от таковой у представителей вида *G. lacustris*. В условиях гипертермии у представителей *G. fasciatus* из Финского залива отмечали кратковременное повышение содержания продуктов ПОЛ (триеновых коньюгатов) при достижении температур 13-15°С и 25-33°С, в то время как у амфипод данного вида из популяций оз. Байкал, оз. Ладожское и *G. lacustris* из оз. Шира изменения содержания продуктов ПОЛ не отмечали.

Показанные особенности работы элементов неспецифической стресс-адаптации у амфипод видов *G. fasciatus* и *G. lacustris* из отдаленных популяций указывают на использование ими различных стратегий биохимических адаптаций, которые сформировались при их расселении в новые водоемы с различной минерализацией и температурным режимом.

Настоящее исследование проведено при частичной финансовой поддержке проектов РНФ (17-14-01063), РФФИ (16-34-60060, 18-34-00294, 17-44-388067), проектов Минобрнауки РФ 6.9654.2017/8.9, 6.12738.2018/12.2, а также Фонда поддержки прикладных экологических разработок и исследований «Озеро Байкал».

Lukhnev A.G., Timoshkin O.A.

BAIKALIAN PROSERIATA: MORPHOLOGY, TAXONOMY, PHYLOGENY

Limnological institute SB RAS, Irkutsk, Irkutsk, Russia
luhnev.ant@yandex.ru

Our research in Lake Baikal has revealed fauna of Turbellaria Proseriata that includes 1 holarctic and 4 endemic species from 3 genera of Otomesostomidae and Otoplanidae. This fauna presented by two species groups of independent origin and arose by penetration in the lake of two ancestral forms; one of these groups is close to holarctic species *Otomesostoma auditivum* Du Plessis, 1874 and other is similar to marine representatives of Otoplanidae. Furthermore these groups are different in diversity, ecological features and distribution in the lake.

Лухнёв А.Г., Тимошкин О.А.

БАЙКАЛЬСКИЕ TURBELLARIA PROSERIATA: МОРФОЛОГИЯ, СИСТЕМАТИКА И ФИЛОГЕНИЯ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
luhnev.ant@yandex.ru

В настоящее время известно около 500 видов турбеллярий Proseriata, подавляющее большинство которых – типичные представители морской интерстициальной фауны (Murina, 1981; Martens, Schockaert, 1986; Menn, 2002; Tyler et al., 2016; Armonies, 2017). В пресных водах, напротив, до недавнего времени было известно всего 11 видов Proseriata (6 Otoplanidae, 3 Monocelididae, 1 *Japanoplana* Ax, 1994 и 1 Otomesostomidae): 5 видов в европейской Палеарктике, 4 в Неотропической области, 1 в Антарктической и 1 в Голарктике. Эти виды обитают в реках и каналах, соединённых с морем, что, как полагают, является следствием их морского происхождения (Schockaert et al., 2008).

В результате наших исследований в Байкале была открыта фауна Turbellaria Proseriata, которая включает 1 голарктический и 4 эндемичных вида, относящихся к 3 эндемичным родам Otomesostomidae и Otoplanidae (Тимошкин, 2010–2011; Тимошкин и др., 2010; Лухнев и др., 2011; Лухнёв, Тимошкин, 2015; Лухнёв и др., 2017). Фауна байкальских Proseriata представлена двумя группами видов независимого происхождения и возникла в результате вселения в озеро двух предковых форм; причём одна из них имеет сходство с голарктом *Otomesostoma auditivum* Du Plessis, 1874, вторая близка к морским представителям Otoplanidae. Кроме того, группы отличаются по таксономическому разнообразию, особенностям экологии и распространения в озере.

Сохраняя типичную структуру большинства органов, эндемичные представители семейства Otomesostomidae демонстрируют глубокие морфологические преобразования по сравнению с голарктическим видом (близким к предполагаемой предковой форме эндемиков). Отличительная особенность представителей рода *Baikalotomesostoma* Timoshkin et Lukhnev, 2010 – наличие вспомогательного железистого органа с отдельным выводным каналом. Видимо, этот орган выполняет функцию прикрепления или раздражения партнёра при копуляции, как это происходит у других турбеллярий, имеющих подобные органы с аналогичными локализацией и строением – аденодактиль, простатоидный орган и др. (Порфирьева, 1977; Martens, Curini-Galletti, 1993; Willems et al., 2006; Curini-Galletti et al., 2011).

Главной особенностью рода *Combinostoma* Timoshkin et Lukhnev, 2011 является наличие комбинированного генито-орального отверстия. Этот признак уникален для Proseriata и редок в других группах турбеллярий. В частности, у Prorhynchidae (Lecithoepitheliata) также наблюдается неполная комбинатность: мужское

половое отверстие располагается на вентральной стенке ротовой трубки. Полная комбинатность наблюдается у 3 представителей Solenopharyngidae (Neodalyellioida) и у эндемичных байкальских *Porfirievia* Timoshkin, 1997 (Prolecithophora). Однако никаких морфоэкологических корреляций, аналогичных найденным у байкальских пролецитофор (Тимошкин, 1986; Timoshkin, 1997), у *Combinostoma* не обнаружено, т.е. этот случай комбинатности, видимо, не связан с пищевой специализацией.

Байкальский вид *Boreusyrtis maksimovae* Timoshkin et Lukhnev, 2017 (Otoplanidae) является вторым видом среди Proseriata, у которого женское половое отверстие расположено впереди мужского. Данный признак у *Prosogynopora riseri* Laumer, Curini-Galletti, 2014, очевидно, возник независимо, так как этот вид не имеет основных отопланидных признаков. Вместе с тем, ряд других морфологических признаков и молекулярно-биологические данные свидетельствуют о близком родстве байкальской отопланиды с морскими турбелляриями.

Сосуществование в Байкале эндемичных и голарктического видов Otomesostomidae является важным аргументом в дискуссии о так называемой несмешиваемости байкальской и палеарктической фаун и вносит вклад в понимание процесса эндемичного видообразования в древнем озере. Значительные морфологические преобразования байкальских Otomesostomidae и Otoplanidae обусловливают высокий ранг эндемизма этих групп, поскольку являются редкими не только для отряда, но и для всех Turbellaria. Знание разнообразия микротурбеллярий как высшего трофического звена в псаммофильных сообществах прибрежной зоны приобретает особое значение в связи с увеличением антропогенной нагрузки на этот уязвимый биотоп и экосистему Байкала в целом (Timoshkin et al., 2016, 2018).

Работа выполнена в рамках бюджетной темы ЛИН СО РАН № 0345-2016-0009.

Lukerin A.Yu., Kukharenko G.V., Romanenko G.A., Vesnin Yu.A.

MODERN STATE OF LITTORAL CROSS OF THE LAKE TELETSK REPUBLIC OF ALTAI AND INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS ON RESERVES OF WATER BIOLOGICAL RESOURCES

Altai branch of FSBI “Gosrybtsentr”, 656043 Barnaul, Proletarskaya Str., 113, Russia
artemia@alt.ru, artemiaprgn@mail.ru

Teletskoe Lake is located in the north-eastern part of Gorny Altai on the territory of Turochak and Ulagan districts of the Altai Republic. Most of the water area of Teletskoye Lake belongs to the territory of the Altai State Natural Biosphere Reserve. Despite the small area, the littoral of Teletskoye Lake is the concentration of the life of the reservoir. The presence in the ichthyofauna of valuable and specially protected fish species (Siberian sturgeon, nelma, taimen, grayling) determines the special status of the lake - a reservoir of the highest fishery category. As a result of human economic activity, the state of the natural fodder base of fish deteriorates, the migration and life cycles of hydrobionts disrupt, the eggs and young fish die, and the population structure is disrupted. Over the past five years, the territory of Teletskoye Lake and within the water protection zone has been working on the construction of tourist complexes, wharfs, highways, as well as laying the power line cable across the lake. In accordance with environmental legislation, the damage to aquatic bioresources and their habitats is assessed, which can be compensated. To carry out compensatory measures for the artificial reproduction of aquatic biological resources in the Altai Republic (Teletskoye Lake), it is necessary to produce juveniles of taimen and siberian grayling.

Лукерин А.Ю., Кухаренко Г.В., Романенко Г.А., Веснин Ю.А.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛИТОРАЛЬНЫХ ЧАСТКОВ ОЗ. ТЕЛЕЦКОЕ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ И ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ЗАПАСЫ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Алтайский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр», г. Барнаул, ул. Пролетарская, 113.
artemia@alt.ru, artemiaprgn@mail.ru

Телецкое озеро расположено в северо-восточной части Горного Алтая на территории Турочакского и Улаганского районов Республики Алтай и входит в единую озерно-речную систему Восточного Алтая «Чулышман-Телецкое озеро-Бия». Озеро обладает высоким рекреационным потенциалом, особенно в северо-западной его части (эстетически привлекательные ландшафты, водные и биологические ресурсы). Большая часть акватории Телецкого озера относится к территории Алтайского Государственного природного биосферного заповедника. Интенсивное освоение природных ресурсов Республики Алтай, вовлечение их в хозяйственный оборот оказывают значительное влияние на водные экосистемы. В настоящее время антропогенное воздействие на водоемы становится все более многофакторным и комплексным.

Несмотря на небольшую площадь, литораль Телецкого озера является сосредоточением жизни водоема, здесь создается особый термический и гидрохимический режим. В эту зону попадают органические и неорганические вещества, приносимые с водосбора, которые включаются в систему химических процессов, протекающих в водоеме. Прибрежная мелководная зона испытывает на себе влияние абиотических и биотических факторов глубоководной части озера, с одной стороны, и влияние берегов и притоков – с другой.

Наличие в ихтиофауне оз. Телецкого ценных и особо охраняемых видов рыб (сибирский осетр, нельма, таймень, хариус) обуславливает особый статус озера – водоем высшей рыбохозяйственной категории. По содержанию биогенных веществ Телецкое озеро оценивается как ультраолиготрофное – сверхмалокормное. Экосистемы холодноводных олиготрофных водоемов наиболее уязвимы к внешнему воздействию.

В результате хозяйственной деятельности человека водные биоценозы подвергаются негативному воздействию. Самые различные формы негативного антропогенного влияния вызывают ухудшение состояния естественной кормовой базы рыб, нарушение миграционных и жизненных циклов гидробионтов, гибель икры

и молоди рыб, нарушение популяционной структуры. Для каждой водной экологической системы характерны соответствующие пределы антропогенной нагрузки, превышение которых может привести к серьезным и непоправимым последствиям. Проведение строительных работ, захватывающих акваторию водоема, приводит к снижению биомассы и продукции кормовых организмов при возникновении дополнительной мутности и прямого разрушения донных биотопов. Возможным видом воздействия планируемых работ на поверхностные воды может быть частичное нарушение площади водосбора, связанное с производством земляных работ, вырубкой деревьев и кустарников, снятием почвенно-растительного покрова. Вырубка лесных насаждений на участках проведения работ может привести к незначительному изменению естественных условий поверхностного и грунтового стока, нарушению естественного дренажа территории. Результатом сокращения части стока является снижение рыбопродуктивности водоема. Вырубка лесов в водораздельной поверхности влияет на объем поверхностного стока по следующим причинам: изменяется коэффициент испарения; со временем изменится биотоп и, как следствие, коэффициент поверхностного стока; возможно изменение уровня грунтовых вод, заболачивание.

Размер вреда водным биоресурсам и среде их обитания зависит от параметров зон неблагоприятного воздействия, длительности последнего и от времени восстановления повреждаемых гидроценозов. За последние пять лет на территории Телецкого озера и в черте его водоохранной зоны проводились работы по строительству туристических комплексов, причалов, автомобильных дорог, а также на участке северо-западного мелководья проведена прокладка кабель – канала линии КЛ – 10кВ через озеро.

При планируемых работах полностью предотвратить негативное воздействие на водные экосистемы и избежать причинения вреда водным биоресурсам и среде их обитания невозможно. В соответствии с природоохранным законодательством при производстве работ в акватории, в прибрежной полосе рыбохозяйственных водных объектов требуется проведение оценки причиненного вреда водным биоресурсам и среде их обитания, который может быть компенсирован специальными рыбоводно-мелиоративными мероприятиями, восполняющими потери естественной рыбопродуктивности водных объектов за счет зарыбления их молодью ценных видов рыб, выращенной на рыбоводных предприятиях, или за счет мелиоративных работ, повышающих продуктивность нерестово-выростных или нагульных угодий. Последствия негативного воздействия намечаемой деятельности на состояние водных биоресурсов определяются как от гибели или снижения продуктивности водных биоресурсов на всех стадиях их жизненного цикла, так и от гибели или снижения продуктивности их кормовых организмов и оцениваются в весовых единицах потерь биомассы водных биоресурсов.

На основании результатов оценки размера вреда водным биоресурсам и выбранного направления восстановительного мероприятия выполняется расчет количества воспроизводимых биологических ресурсов. Для проведения мероприятий по искусственному воспроизводству водных биоресурсов в Республике Алтай (оз. Телецкое) необходимо проводить выпуск молоди двух видов рыб: таймень, сибирский хариус. Сроки выполнения компенсационных мероприятий определяются на основании заключенного договора с организацией, осуществляющей воспроизводство водных биоресурсов, после включения их в «План проведения мероприятий по искусственному воспроизводству», утвержденного Федеральным агентством по рыболовству.

Madyarova E.V.[1, 2], Shirokova Y.A.[1], Axenov-Gribanov D.V.[1, 2], Bedulina D.S.[1], Baduev B.K.[1,2], Vereshchagina K.P.[1, 2], Emshanova V.A.[1], Lubyaga Y.A.[1, 2], Protasov E.S.[1], Shatilina Z.M.[1, 2], Timofeyev M.A.[1]

STABLE INDICATORS OF ENERGY METABOLISM AND NON-SPECIFIC STRESS-RESPONSE AS A STRATEGY OF BIOCHEMICAL ADAPTATION TO HABITATION IN WIDE RANGE OF DEPTHS IN EURYBATHIC BAIKAL AMPHIPODA OF GENUS *OMMATOGAMMARUS*

[1]Institute of Biology, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
[2]Baikal Research Centre, Irkutsk, Russia
madyarovae@gmail.com

The aim of the present study was to evaluate the bioenergetic and stress-related traits in deep-water amphipods of genus *Ommatogammarus* collected from different depths. The following indicators were estimated: energy status (adenylates and glycogen reserves), anaerobic end products (lactate), antioxidant enzymes, lipid peroxidation products, heat shock proteins (HSP70). No differences between populations of the same species of deep-water amphipods collected from different depths which indicates stable metabolic processes and the absence of cellular stress in the amphipods living at different depths. Probably, the stability of the biochemical stress response and energy metabolism indices is an evolutionally fixed adaptation that provides eurybathy to the species of the Ommatogammarus species, which allows these species to play the important role of specialized scavengers in the benthic ecosystems of Lake Baikal.

Мадьярова Е.В.[1, 2], Широкова Ю.А.[1], Аксенов-Грибанов Д.В.[1, 2], Бедулина Д.С.[1], Бадуев Б.К.[1, 2], Верещагина К.П.[1, 2], Емшанова В.А.[1], Лубяга Ю.А.[1, 2], Протасов Е.С.[1], Шатилина Ж.М.[1, 2], Тимофеев М.А.[1]

СТАБИЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТАБОЛИЗМА И НЕСПЕЦИФИЧЕСКОГО СТРЕСС-ОТВЕТА КАК СТРАТЕГИЯ БИОХИМИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ К ОБИТАНИЮ В ШИРОКОМ ДИАПОЗОНЕ ГЛУБИН У ЭВРИБАТНЫХ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД РОДА *OMMATOGAMMARUS*

[1]ФГБОУ ВО «ИГУ», НИИ биологии, г. Иркутск, Россия
[2]АНО «Байкальский исследовательский центр», г. Иркутск, Россия
madyarovae@gmail.com

Изучение стратегий биохимической адаптации организмов - актуальное научное направление. Среди уникальных древних экосистем фауна озера Байкал представляет собой особый интерес и явля-

ется перспективной «модельной системой» для изучения механизмов адаптаций гидробионтов на различных уровнях биологической организации. Одной из особенностей Байкала является наличие ультра-глубоких зон (до 1640 м), населенных единственной в мире глубоководной пресноводной фауной, значительную часть которой составляют амфиподы (Amphipoda: Crustacea).

До настоящего времени аспекты биохимической адаптации байкальских гидробионтов к условиям больших глубин, включающих барический градиент в совокупности с другими абиотическими факторами (стабильно низкие температуры, высокое содержании кислорода в воде), остаются практически не изученными.

Цель исследования заключалась в сравнительной оценке показателей биохимических и клеточных маркеров энергетического метаболизма и стресс-ответа у глубоководных байкальских эндемичных амфипод рода Ommatogammarus, обитающих в широком градиенте глубин. Объектом исследования выбраны два наиболее распространенных вида – *Ommatogammarus flavus* (Dyb., 1874) и *O. albinus* (Dyb., 1874), являющиеся эврибатными специализированными падальщиками и встречающиеся на глубинах от 50 до 1300 м (Базикалова, 1945).

Амфиподы были отловлены в районе пос. Большие Коты (Южный Байкал, 51.902486, 105.072291) в марте 2015 и 2016 гг. при помощи глубоководных ловушек со следующих глубин: 50, 100, 150, 200, 300, 500, 750 и 1000 м. Непосредственно после подъема ловушки амфипод фиксировали в жидком азоте. Для оценки энергетического статуса проводили измерения содержания аденилатов, глюкозы, гликогена и лактата. Степень окислительного повреждения мембран определяли по содержанию продуктов перекисного окисления липидов. Неспецифические клеточные механизмы стресс-ответа оценивали по активности ферментов антиоксидантной системы, а также по содержанию белков теплового шока семейства БТШ70.

В ходе исследований корреляции какого-либо из измеренных показателей с глубиной обитания у исследованных видов не обнаружено, что может свидетельствовать о стабильных метаболических процессах и отсутствии клеточного стресса у особей амфипод, поднятых с разных глубин. Вероятно, стабильность показателей биохимического стресс-ответа и энергетического метаболизма является эволюционно-закрепленной адаптацией, обеспечивающей эврибатность исследованным видам рода Ommatogammarus, что позволяет этим видам выполнять важную роль специализированных падальщиков в бентосных экосистемах озера Байкал.

Настоящее исследование проведено при частичной финансовой поддержке проектов РНФ (17-14-01063), РФФИ (17-44-388067-р_а), Гранта президента РФ МК-6804.2018.4, проектов Минобрнауки Госзадание РФ 6.9654.2017/8.9 и 6.12735.2018/12.2, а также Фонда поддержки прикладных экологических разработок и исследований «Озеро Байкал».

Mayor T.Yu.[1], Zaydykov I.Yu.[1], Galimova Yu.A.[2], Sukhanova L.V.[1], Kirilchik S.V.[1]

MOLECULAR PHYLOGENY OF *DIACYCLOPS VERSUTUS* (MAZEPOVA, 1961), *D. IMPROCERUS* (MAZEPOVA, 1950) AND *D. GALBINUS* (MAZEPOVA, 1961) (COPEPODA: CYCLOPOIDA) FROM LAKE BAIKAL

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Institute of Molecular and Cellular Biology SB RAS, Acad. Lavrentiev Ave. 8/2, Novosibirsk 630090
tatyanabfo@mail.ru

The Baikal cyclopoids are one of the most endemic group of freshwater Copepoda fauna. They rank forth by the number of endemic species among Arthropoda, following Amphipoda, Ostracoda and Harpacticoida (Timoshkin, 2004). The most abundant are two taxonomically complex genera *Acanthocyclops* Kiefer, 1927 and *Diacyclops* Kiefer, 1927 (Mazepova, 1978; Sheveleva et al., 2012). Three endemic species from this group, *Diacyclops galbinus, D. versutus* and *D. improcerus*, are widespread in the Baikal littoral; they occur jointly during sampling and have a similar morphology that afforded a basis to a previous hypothesis about their close relations (Mazepova, 1978).

Molecular phylogenetic analysis based on gene fragment of the first cytochrome-c-oxidase subunit of mitochondrial DNA (171-1167 bp) revealed that 21 individuals of *D. galbinus, D. versutus* and *D. improcerus* studied could be referred to one of three phylogroups. Nucleotide sequences of individuals of all the three species were identified in two phylogroups; those of two species were found in one phylogroup. Genetic distance values between these phylogroups are comparable with those among the species determined for the endemic Baikal cyclopoids previously (Mayor et al., 2017).

The non-compliance of the molecular and morphological data for *D. galbinus, D. versutus* and *D. improcerus* could be due to a cryptic speciation amongst the sympatric endemic species of Baikal cyclops.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic research grant AAAA-A18-118032390006-1 № 18-34-00200.

Майор Т.Ю.[1], Зайдыков И.Ю.[1], Галимова Ю.А.[2], Суханова Л.В.[1], Кирильчик С.В.[1]

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЛОГЕНИЯ ЦИКЛОПОВ *DIACYCLOPS VERSUTUS* (MAZEPOVA, 1961), *D. IMPROCERUS* (MAZEPOVA, 1950) И *D. GALBINUS* (MAZEPOVA, 1961) (COPEPODA: CYCLOPOIDA) ИЗ ОЗ. БАЙКАЛ

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]ФГБУН Институт молекулярной и клеточной биологии СО РАН, 630090 Новосибирск
просп. акад. Лаврентьева 8/2
tatyanabfo@mail.ru

Циклопы в озере Байкал представляют одну из самых богатых эндемичных фаун циклопов пресных вод. По числу эндемиков озера циклопы занимают четвертое место среди членистоногих,

уступая амфиподам, остракодам и гарпактицидам (Тимошкин, 2004). Наиболее многочисленны среди байкальских циклопов два сложных в таксономическом отношении рода *Acanthocyclops* Kiefer, 1927 и *Diacyclops* Kiefer, 1927 (Мазепова, 1978; Шевелева и др., 2012). Три эндемичных вида из этой группы, *Diacyclops galbinus, D. versutus* и *D. improcerus*, широко распространены в литорали Байкала, встречаются совместно при сборе проб и имеют сходную морфологию, что повлияло на выдвинутое ранее предположение об их близком родстве (Мазепова, 1978).

Молекулярно-филогенетический анализ байкальских циклопов на основе фрагмента гена первой субъединицы цитохром-с-оксидазы митохондриальной ДНК (171-1167 п.н.) выявил наличие трех филогрупп среди 21 исследованной особи *D. galbinus, D. versutus* и *D. improcerus*. В двух филогруппах присутствовали нуклеотидные последовательности особей, отнесенных к трем вышеуказанным видам, в одной филогруппе – к двум видам. Значения генетических дистанций между выявленными филогруппами сопоставимы с аналогичными значениями между видами, показанными ранее в исследовании эндемичных байкальских циклопов (Майор и др., 2017). Несогласованность молекулярных и морфологических данных для *D. galbinus, D. versutus* и *D. improcerus*, возможно, вызвана криптическим видообразованием среди исследуемых симпатрических эндемичных байкальских видов циклопов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта АААА-А18-118032390006-1 №18-34-00200 мол-а.

Makarevich T.A.

HOW THE PERIPHYTON HAS CHANGED AFTER INTRODUCTION OF EXOTIC MOLLUSC *DREISSENA POLYMORPHA* PALLAS IN THE LAKE?

Belarusian State University
Belarus, 220030, Minsk, Nezavisimosti Ave., 4
makarta@tut.by

The paper presents the comparative analysis of the periphyton parameters in Lake Naroch (Belarus) before zebra mussel invasion (the period of anthropogenic eutrophication of the lake) and after its mass development (the period of bentification). There was detected the decrease in the total weight of periphyton (algae, bacteria, invertebrates, detritus) and algae biomass per unit substrate area, as well as organic matter and chlorophyll content during the period of bentification compared to eutrophication period. The species richness of the periphyton algae has also diminished, accompanied by the changes in the community structure. But due to zebra mussel shells the surface area available for the periphyton development in the lake has increased significantly.

Макаревич Т.А.

КАК ИЗМЕНИЛСЯ ПЕРИФИТОН ПОСЛЕ ВСЕЛЕНИЯ В ОЗЕРО ЧУЖЕРОДНОГО МОЛЛЮСКА *DREISSENA POLYMORPHA* PALLAS?

Белорусский государственный университет,
Республика Беларусь, 220030, Минск, пр. Независимости, 4
makarta@tut.by

Двустворчатый моллюск *Dreissena polymorpha* вселился в оз. Нарочь (Беларусь) в конце 80-х годов прошлого века. В 1990 г. средняя биомасса моллюска (± стандартная ошибка) составила (1,5±0,6) г/м^2, а к 1993 г. вследствие взрывообразного роста популяции биомасса выросла до (99±30) г/м^2 (Burlakova et al., 2006). В настоящее время популяция дрейссены в озере находится в стабилизировавшемся состоянии при средних величинах биомассы в пределах 150-250 г/м^2 (Жукова и др., 2017). Вселению дрейссены предшествовало (середина 80-х годов) снижение примерно на 30% внешней биогенной нагрузки на озеро. Мощная фильтрационная деятельность дрейссены и снижение внешней биогенной нагрузки, вызвали серьезные структурно-функциональные преобразования, направленные на бентификацию экосистемы оз. Нарочь (Остапеня и др., 2012).

Исследования перифитона выполнены в период 1981-1986 гг., на этапе антропогенного эвтрофирования озера, и в периоды 1997-1998, 2002-2007 и 2009-2015 гг., на этапе бентификации экосистемы. В период бентификации прозрачность в озере увеличилась в среднем на 1,5 м в сравнении с периодом эвтрофирования, содержание в воде общего фосфора снизилось с 34,3 до 14,5 мкг/л, хлорофилла *a* – с 4,7 до 1,4 мкг/л, взвешенного вещества – с 1,8 до 0,9 мг/л (Остапеня и др., 2012; Адамович и др., 2017). Исследования перифитона в разные периоды эволюции экосистемы выполнены на одной и той же методологической и методической основе в сопоставимом объеме.

Анализ полученных материалов позволяет сделать следующие заключения:

1. После массового развития дрейссены в озере обилие перифитона снизилось. Если в 1981 г. масса перифитона (водоросли, бактерии, беспозвоночные, грибы и детрит) на харовых водорослях (основной субстрат для перифитона в оз. Нарочь) составила (680,9±675,5) мг сухого вещества/г сухой массы хары, то в 1997 и 1998 гг. – соответственно (43,4±28,7) и (19,6±8,9) мг/г. Снизилось обилие перифитона и по ряду других показателей (органическое вещество, хлорофилл, биомасса водорослей). Однако в последние годы наблюдается увеличение количества перифитона. В 2015 г. масса перифитона на харовых водорослях составила (393,2±391,2) мг/г.
2. Сократилось видовое богатство водорослей перифитона: в 1981–1983 гг. зарегистрировано 357 видов, а в 2002–2004 гг. – 212. Произошли перестройки в таксономической структуре альгофлоры перифитона.
3. За счет раковин дрейссены в озере появилась значительная дополнительная поверхность твердого субстрата для развития перифитона. Суммарная поверхность раковин дрейссены в оз. Нарочь оценена в 8,36

км^2 (Mastitsky, Makarevich, 2007). К середине вегетационного сезона на этой поверхности формируется около 104 т органического вещества перифитона. Величина валовой первичной продукции перифитона на раковинах дрейссены составляет около 2,5 т органического вещества за сутки, что примерно соответствует 2% общей валовой первичной продукции, создаваемой в озере планктоном, макрофитами и развивающимся на них перифитоном, и микрофитобентосом (Макаревич и др., 2011).

Magritskiy D.V.[1], Eldarov E.M.[2]

HYDROLOGICAL AND MORPHOLOGICAL DEGRADATION OF UNIQUE LAKE SOUTH AGRAKHAN ANS WAYS OF ITS RESCUE

[1]Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, GSP-1, Leninskie gory, Moscow, Russia
[2]Dagestan State University, Management Department, 4a Batyray St., Makhachkala, the Republic of Dagestan
magdima@yandex.ru

South Agrakhan is the largest in area inland water body of the Republic of Dagestan and one of the main natural water bodies in the North Caucasus. This water body itself and its wetlands are a unique water-marsh ecosystem in the delta of the river Terek with diverse rare and endangered animals, fishes and birds. Some of them are listed in the Red Data Books of the Republic of Dagestan, Russia and International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). South Agrakhan, the natural barrier to the spread of sands from Uch-Kosa to the west, maintains the necessary level of groundwater restraining secondary salinization of soil. Environmental protection is reasonably combined with recreational tourism, which has good prospects of attracting additional funds to the Republic of Dagestan.

At present, South Agrakhan is in a depressed state. It becomes shallow, eutrophic and overgrown with aquatic vegetation. In fact, its dynamics illustrates the regular evolution of the maritime lagoon-derived water bodies in river deltas that was repeatedly accelerated by: i) large-scale and relatively rapid changes in the level of the Caspian Sea (within 3.9 m during the period of instrumental observations), ii) sediments from the Terek, one of the most turbid rivers in the country average up to 1.5-2 kg/m^3 and maximum up to 4-5 kg/m^3), iii) large-scale water management activities in the delta itself and biogenic pollution of lake waters.

Two hundred years ago, South Agrakhan was a part of the vast and deep bay of the Caspian Sea, in which during the Persian campaign the ships of Peter the Great freely entered. By the 20th century, a decline in sea level and removal of large volume of sediments by the Terek influenced the shrinkage of Agrakhan Bay turning it into lagoon, but it retained the free connection with the Caspian Sea. The southern section occupied the bulk of the bay in the place of present-day South Agrakhan. Later, the decline in sea level and removal of river sediments to the bay (since 1914 it has become the main direction for the Terek) continued and even intensified the dying of the bay, and in 1962, it started dividing into the southern and northern sections, which was terminated with the opening of the slot through Uch-Kosa. The freshwater lake South Agrakhan surrounded by extensive plavni occupied the southern section. Further abrupt and rapid increase in the level of the Caspian Sea (in 1978-1995 by 2.35 m) contributed to the flooding of the reed plavni and a number of channels, frequent floods of the Terek and Kargalinsk Proryv, but did not restore the connection of South Agrakhan with the sea. Moreover, there were the following deterrent factors: i) the heavy overgrowth of the water body and the pollution of its water with biogenic substances, ii) the leveed channel of the Terek, which cut the former Agrakhan Bay, dividing it into two parts and having already reached the Middle Caspian. In the 21st century, the degradation of the South Agrakhan continued, but not at such pace. Thus, in the beginning of the 20th century, the total area of the Agrakhan Bay was approximately 300 km^2 with depths of 2-3 m, but currently the open water surface of South Agrakhan is only 62 km^2 (another 43 km^2 are the surrounding marshlands) with the average depth of 1.4 m. Waters of Kargalinsk Proryv (especially during the spring-summer floods), discharges of polluted collector waters from fields, precipitations, and saline groundwater feed the lake. Water discharge is due to evaporation and transpiration by macrophytes, discharges into Garunovsk fish channel and Kargalinsk Proryv, as well as filtration through the dams.

The hydrochemical state of the water body has deteriorated substantially by the total mineralization of water (up to 3.5-6.5 g/l), its content of biogenic substances and pollutants, including heavy metal salts and petroleum hydrocarbons, oxygen content, and pollution of bottom sediments. The oxygen content in the water is very low leading to the suffocation and expansion of hydrogen sulfide zones. All this has a significant negative impact on water and near-water inhabitants of the water body, plans for environmental protection and economic development of this region of Dagestan.

The main reason for the degradation of the water body is the reduction of water-budget input of South Argakhan and the discharge of untreated collector waters into it. The occasional catastrophic floods of the Terek water with the coming of a large volume of river sediments also contribute to the disappearing of this unique water body. Taking into account the predictable growth of the climatic aridity and the reduction of the river flow, as well as the further decline in the level of the Caspian Sea, possibly, by the middle of the 21st century South Agrakhan will disappear as a water body. There, the plavni will still exist for a while that will be further replaced by solonchak wetland. It will happen, if we do not start taking active measures for the hydrological and ecological rehabilitation of South Agrakhan. They should favour the water supply in the lake, especially from rivers and reduce unproductive water loss, particularly, for transpiration and evaporation, sediment loads, water pollution in South Agrakhan, mainly by biogenic substances, as well as increase in the volume of the water body by dredging. As a first approximation, the complex of these measures has been worked out!

This work was supported by the grants from RFBR No. 16-05-00288 and RSF No. 14-37-00038.

Магрицкий Д.В.[1], Эльдаров Э.М.[2]

ГИДРОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕГРАДАЦИЯ УНИКАЛЬНОГО ОЗЕРА ЮЖНЫЙ АГРАХАН И ПУТИ ЕГО СПАСЕНИЯ

[1]Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Ленинские горы, ГСП-1, МГУ, географический факультет
[2]Дагестанский государственный университет, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Батырая 4а, ДГУ, кафедра менеджмента
magdima@yandex.ru

Южный Аграхан – самый крупный по площади внутренний водоем республики Дагестан и один из основных естественных водоемов на Северном Кавказе. Сам водоем и его заболоченные окрестности представляют собой уникальную водно-болотную экосистему в дельте р.Терек с разнообразными, редкими и исчезающими животными, рыбой и птицами. Часть из них занесены в Красные книги Республики Дагестан, России и МСОП. Он – естественная преграда распространению песков Учкосы на запад, поддерживает необходимый уровень грунтовых вод, сдерживая вторичное засоление земель. Природоохранная деятельность разумно сочетается с рекреационно-туристической, имеющей хорошие перспективы привлечения дополнительных средств в Республику Дагестан.

В настоящее время Южный Аграхан находится в угнетённом состоянии. Он мелеет, испытывает эвтрофирование и зарастает водной растительностью. По сути, его динамика иллюстрирует закономерную эволюцию приморских, лагунного происхождения водоемов в речных дельтах, многократно ускоренную: 1) масштабными и сравнительно быстрыми изменениями уровня Каспийского моря (в пределах 3,9 м только за период инструментальных наблюдений), 2) занесением наносами р. Терека – одной из рек в стране с самой значительной мутностью речных вод (средняя – до 1,5-2 кг/м^3, максимальная – до 4-5 кг/м^3), 3) крупномасштабной водохозяйственной деятельностью в самой дельте и биогенным загрязнением озерных вод.

Двести лет назад Южный Аграхан был частью обширного и глубокого залива Каспийского моря, в который во время Персидского похода свободно заходили корабли Петра I. К началу XX в. под влиянием падения уровня моря и выноса Тереком большого объема наносов Аграханский залив сократился в размерах и превратился в лагуну, однако сохранившую свободную связь с Каспийским морем. Бóльшую часть залива занимал его южный отсек – в месте нынешнего Южного Аграхана. В дальнейшем, на фоне падения уровня моря и выноса в залив речных наносов (с 1914 г. это направление для р.Терек стало основным) отмирание залива продолжилось и даже интенсифицировалось, и с 1962 г. он разделился на южный и северный отсеки, окончательно – в 1977 г., с открытием Прорези через Учкосу. Южный отсек заняло пресноводное озеро Южный Аграхан, окруженное обширными плавнями. Дальнейше резкое и быстрое повышение уровня Каспийского моря (в 1978-1995 гг. на 2,35 м) лишь способствовало обводнению тростниковых плавней и ряда проток, учащению разливов Терека и Каргалинского Прорыва, но не восстановило связи Южного Аграхана с морем. Тем более, что сдерживающими факторами были: 1) сильное зарастание водоема и загрязнение его вод биогенными веществами; 2) русло р.Терек с валами, перерезавшее бывший Аграханский залив, разделившее его на 2 части и уже достигшее Среднего Каспия. В XXI в. деградация Южного Аграхана продолжилась, но уже не такими темпами. В результате, если в начале XX в. общая площадь Аграханского залива составляла около 300 км^2, глубины 2-3 м, то в настоящее время на открытую водную поверхность Южного Аграхана приходится всего 62 км^2 (еще 43 км^2 на окружающие ее плавни), средняя глубина – 1,4 м. Питается озеро водами Каргалинского Прорыва (особенно во время весенне-летних разливов), сбросами загрязненных коллекторных вод с полей, осадками и осолоненными подземными водами. Расход воды осуществляется за счет испарения и транспирации макрофитами, сбросов в Гаруновский рыбоходный канал и Каргалинский Прорыв, фильтрацию сквозь дамбы.

Существенно ухудшилось гидрохимическое состояние водоема – по общей минерализации воды (доходит до 3,5-6,5 г/л), содержанию в ней биогенных и загрязняющих веществ, включая соли тяжелых металлов и нефтеуглеводороды, содержанию кислорода, загрязнению донных отложений. Содержание кислорода в воде очень низкое, приводящее к заморам и расширению сероводородных зон. Все это оказывает существенное негативное влияние на водных и околоводных обитателей водоема, планы по природоохранной деятельности, экономическому развитию этого района Дагестана.

Основная причина деградации водоема – уменьшение приходной части водного баланса Южного Аграхана и сброс в него неочищенных коллекторных вод. Помогают исчезновению уникального водоема и периодически случающиеся катастрофические разливы теречных вод с поступлением в водоем большого объема речных наносов. С учетом прогнозируемого для этой территории роста засушливости климата и уменьшения речного стока, дальнейшего падения уровня Каспийского моря, возможно, к середине XXI в. Южный Аграхан как водоем исчезнет. На его месте какое-то время будут еще существовать плавни, в дальнейшем сменяемые солончаковой пустошью. Это произойдет, если сейчас не начать принимать активные меры по гидролого-экологической реабилитации Южного Аграхана. Они должны способствовать увеличению поступления воды в озеро, особенно речной, и уменьшению непродуктивных водопотерь, в частности на транспирацию и испарение, снижению поступления наносов в водоем, загрязнения воды в Южном Аграхане, главным образом, биогенами, увеличению объема водоема путем дноуглубления. В первом приближении комплекс этих мер проработан!

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 16-05-00288 и РНФ 14-37-00038.

Mamontov A.M., Rozhkova N.A.

BAIKAL OMUL (*COREGONUS MIGRATORIUS* GEORGI) DIET UNDER DECLINING POPULATION IN 2012-2016

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
mamontov@lin.irk.ru

Before 2000, the long-term (200 years) average take of omul was 5 thousand tons per year (Mamontov, 2009). Up to 8-11 thousand tons were caught each year between 1938 and 1944, a little less in the 1950s (Misharin, 1958). The history of the Baikal fishery knows three "critical periods" of declining population of omul (1850-1870, 1895-1910 and 1969-1975) (Tyurin, 1969). A new critical period arrived and the omul fishing was again prohibited in 2017. The work done in the early 1950s became important for understanding the population dynamics, and determining legal/illegal take ratio (Popov, 1958). The Baikal water level rise entailed a fast decline of the legal take of omul (4-5 thousand tons in 1962, 1.2 thousand tons in 1968). This decline was accompanied by impairment of omul growth, maturation and fatness. However, the increased water level of Baikal and high water content in the catchment area had resulted in gain of spawning population since 1967. This increased the catch over the whole lake in 2.5-6 times within the 1970s and the early 1980s.

Evaluating the abundance and yielding quality of Baikal omul we paid great attention to its food supply, especially to availability of young fish of *Cottocomephorus grewingki*. The analysis of omul diet led to the following conclusion: take of *C. grewingki* that had started in 1942, impairment of its spawning area due to the increased level of the lake, large-scale gathering of its eggs for recreational fishing and greater abundance of omul in the 1960s resulted in decline of resources of *C. grewingki*. It disappeared form fishery. Its ratio in the diet of omul also decreased. It was 38-40% (by weight) of all organisms consumed by omul in the 1950s (Potakuev, 1955; Misharin, 1958), it fell to 25% in the middle 1960s (Gurova, Pastukhov, 1974), and to only 3-5% in the 1970s (Moskalenko, 1974; Volerman, 1983). The stomach analysis of 5000 omuls caught in the South Baikal in 1976 did not reveal any fish food (Sidelev, 1983). Many spawning sites of *C. grewingki* still remained empty in the 1980. The social and economic crisis of the 1990s caused a collapse of fishing industry, but the low water content in the watershed lasting from 1996 induced a decline of fish abundance. Up to 2008, the omul biomass decreased by a factor of two (up to 50 thousand tons). The young fish of Baikal sculpins appeared again in the stomach content of omul. This motivated us to a more detailed study of its diet. The proportion of young fish in the dietary intake of the South Baikal omul was 51.6% for the pelagic morphotype, 24.47% for the deep-water morphotype and 14.1% for the littoral-pelagic morphotype during 2012-2016. The proportion of food fish in the dietary intake of the Maloe More omul was 51,5% for the littoral morphotype and 42.8% for the pelagic one during the same period (Mamontov, Varnavski, 2018). The long-term data on fluctuations in the dietary intake of omul (% by weight) are given in the Table below.

	Potakuev, 1974	Misharin, 1958	Gurova, Pastukhova, 1974	Moskalenko, 1974	Volerman, 1983	Our data
Years	1950	1950	1966-1967	1971-1972	1974-1975	2012-2016
Zooplankton	45	45	24.7	25.7	31.5	21.3
Macrohectopus	11	10.5	37	59.9	40.7	37.75
Young fish	38	38	25.6	5.8	4.1	37.62
Amphipods	3	1.5	7	4.2	21.33	0.33
Others	3	5	5.3	4.4	2.43	3.03

We analysed the stomach content in 92 males and 42 females of the pelagic omul at spawning sites of the lower reach of the Selenga River in 2013. 17 stomachs were empty. The nutrition index of the rest was $40.32^{0}/_{000}$. The number of fish egg in the stomach content was 146 in average, 13136 in total. Approximately the same amount of eggs are spawn by a mean fertility female. In addition, omul consumes *Trichoptera* larvae, which harm the eggs (183 larvae were found in 41 omuls). The species of *Aethaloptera evanescens* dominated amongst the larvae.

The work is done within the State Task 0345-2016-0002 (AAAA-A16-116122110066-1) "Molecular Ecology and Evolution …".

Мамонтов А.М., Рожкова Н.А.

ПИТАНИЕ БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ (*COREGONUS MIGRATORIUS* GEORGI) ПРИ ЕГО СНИЖЕННОЙ ЧИСЛЕННОСТИ В 2012-2016 ГГ.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
mamontov@lin.irk.ru

До 2000 г. среднемноголетний улов омуля за 200 лет составил около 5 тыс. т. (Мамонтов, 2009). Уловы до 8-11 тыс. т. отмечались в 1938-1944 гг. и немного уступающие им в 1950-е годы (Мишарин, 1958;). При этом в истории рыбного хозяйства на Байкале известны «три критических периода», связанные с «депрессией численности» омуля (1850-1870, 1895-1910 и 1969-1975 гг.) (Тюрин, 1969). Рыбные промыслы были дезорганизованы. К 2017 г. они вновь повторились, и промысел был закрыт. Важными для понимания динамики численности, вылова и о неучтенной доле улова на Байкале стали работы в начале 1950-х годов, когда она была близка учтенному улову (Попов, 1958). После подъема уровня Байкала учитываемые уловы омуля быстро сокращались (с 4-5 тыс. т. в 1962 г. до 1.2 тыс. т. в 1968 г.). При этом наблюдались замедление роста, созревания и снижение упитанности омуля. Но уже с

1967 г. нерестовые стада пополнялись многочисленными поколениями в результате подъема уровня Байкала и повышенной водностью в бассейне. Они проявились в 1970-е и в начале 1980-х годов 2,5-6 – кратно повышенными уловами в пределах всего озера.

При оценках численности и товарных качеств байкальского омуля большое внимание обращалось на обеспеченность его кормами, особенно за счет молоди желтокрылки. Анализ питания омуля подтвердил эти выводы. Стало понятным, что промысел желтокрылки с 1942 г., разрушение ее нерестилищ подъемом уровня озера, массовый сбор икры для целей любительского рыболовства и повышенная численность омуля с 1960-х годов привели к подрыву запасов желтокрылки. Она исчезла из промысла. Сократилась и ее доля в рационе омуля. В 1950-е годы она составляла 38-40% (по массе) потребляемых омулем организмов (Потакуев, 1955; Мишарин, 1958), в середине 1960-х годов – 25% (Гурова, Пастухов, 1974), в 1970-е – 3-5% (Москаленко, 1974; Волерман, 1983). В 1976 г. у 5000 исследованных омулей на Южном Байкале рыбная пища не обнаружена (Сиделев, 1983). В 1980 г. большие участки нерестилищ не были использованы для икрометания желтокрылки. Социально-экономический кризис 1990-х годов ослабил эффективность рыбоводства, а пониженная водность в бассейне с 1996 г. вела к сокращению численности рыб. К 2008 г., биомасса омуля снизилась в 2 раза (до 50 тыс. т.). Вновь стало отмечаться питание омуля за счет молоди бычков. Это послужило основанием для более подробных исследований питания омуля. В Южном Байкале в 2012-2016 годы доля молоди рыб в рационе питания составила: у пелагического омуля – 51,6%, глубоководного – 24,47 и прибрежно-пелагического 14,1%. Доля рыбного корма омуля на Малом Море (Мамонтов, Варнавский, 2018) составила у прибрежного омуля 51,5, у пелагического 42,8%. Объединяя имеющиеся данные, мы составили приближенный многолетний ряд изменений состава пищи омуля (% по массе) (таблица).

	Потакуев, 1974	Мишарин 1958	Гурова, Пастухов, 1974	Москаленко, 1974	Волерман, 1983	Наши данные
Годы работ	1950	1950	1966-1967	1971-1972	1974-1975	2012-2016
Зоопланктон	45	45	24,7	25,7	31,5	21,3
Макрогектопус	11	10,5	37	59,9	40,7	37,75
Молодь рыб	38	38	25,6	5,8	4,1	37,62
Амфиподы	3	1,5	7	4,2	21,33	0,33
Прочие	3	5	5,3	4,4	2,43	3,03

Был проведен анализ питания 92 самцов и 42 самок пелагического омуля на нижних участках нерестилищ в реке Селенга в 2013 г. 17 желудков были без пищи Индекс питания у остальных 40,32$^0/_{000}$. Количество икринок в желудках в среднем 146, их сумма 13136 шт., что примерно равно средней плодовитости самки. Вместе с икрой омуль потребляет вредящих ей личинок ручейников (обнаружено 183 экз. у 41 омуля), среди которых преобладает вид *Aethaloptera evanescens*.

Работа выполнена в рамках темы 0345-2016-0002 (АААА-А16-116122110066-1) «Молекулярная экология и эволюция …».

Man'kovsky V.I.[1], Sherstyankin P.P.[2]

USE OF HYDROOPTIC CHARACTERISTICS FOR CONTROL OF THE STATE OF WATER BODIES ECOSYSTEMS

[1]Marine Hydrophysical Institute of RAS, 99011, Sevastopol', Kapitanskaya st., 2
[2]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
ppsherst@lin.irk.ru, emankovskaya@mail.ru

Hydrooptic characteristics are efficient indicators of the state of water bodies ecosystems. Their value depends on content of mineral and organic supensions and of dissolved organic compounds in the water. Thus, hydrooptic characteristics contain information on content of substances in the water indicating ecological situation in a water body.

Theoretical analysis shows that hydrooptic characteristics, beam attenuation coefficient and visibility depth of white disc $Z_б$ contain information on admixtures content in the water; due to this fact, they can be used for control of water bodies ecological state. However, inverse problem resolution, determining of admixtures content by values of ε и $Z_б$, is impossible in a theoretical way at present. Therefore, an empirical approach is used for this aim – links of hydrooptic characteristics with admixtures concentration in the water determined by analytical methods are found out. Such links have a regional character, this is due to different composition of suspended and dissolved matter in water bodies.

Marchenkov A.M., Bedoshvili Ye.D.

VALVE MORPHOGENESIS OF *SYNEDRA ULNA* SUBSP. *DANICA* IN THE SYNCHRONIZED CULTURE

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
marchenkov.am@gmail.com

Diatoms are unicellular autotrophic organisms creating species-specific silica micro- and nanostructures. Mechanisms that regulate the processes of silicon capture from the aquatic environment, its intracellular transport to the silica deposition vesicle and the subsequent process of valve morphogenesis are still far from clear. It was shown that with increasing of the silicic acid concentration in the medium the rate of silicon uptake by diatoms and the culture growth rate increased at an initial stage, and with further increasing of silicon

concentration, they reached the plateau (Sullivan, 1977). The aim of given study to establish the relationship between the valve morphogenesis stages and the silicon uptake activity in *Synedra ulna* subsp. *danica*.

Culture of S. *ulna* subsp. *danica* was synchronized as previously described (Kharitonenko et al., 2015). After After the synchronization was completed, five samples were taken within two hours – 0 h (before the silicon addition) and 0.5, 1, 1.5 and 2 h after silicon addition. Отобранные клетки были обработаны для того, чтобы получить очищенные от органики кремнеземные створки. The cells were treated with acid in order to obtain purified valves. Valve suspensions were applied to the stubs and examined with scanning electron microscope Quanta 200 FEI Company. The main stages were identified and its duration was determined. For this purpose, the calculation of the valves at different stages of development was performed among 50 randomly encountered underdeveloped valves. It is shown that the morphogenesis stages are shorter than it was determined for *Synedra acus* subsp. *radians* – most of the stages of the initial valve stages occurred in the first two hours after the end of the synchronization.

The order of morphogenesis of similar morphological structures corresponded to the valve morphogenesis stages of *S. acus* subsp. *radians* – the formation of sternum (the characteristic structure with which morphogenesis begins in diatoms with bilateral symmetry) and virgae (branches from first-order sternum) and growth of virgae, growth of virgae to the valve mantle, the formation of viminae (second-order branching), and the formation of areolae and vellum openings. Chemical analysis was revealed that the concentration of silicon in the medium decreases more than twice within 30 minutes after the end of the synchronization of the culture and silicon addition into the medium. In the following two hours, the silicon concentration decrease was not observed.

Thus, valve morphogenesis stages of *S. ulna* subsp. *danica* are resemled ones of *S. acus* subsp. *radians* but the initial stage rate of valve morphogenesis is much higher, despite the larger valve size.

The reported study was funded by RFBR according to the research project №18-34-00438 Mol in the Shared Research Facilities for Physical and Chemical Ultramicroanalysis LIN SB RAS.

Марченков А.М., Бедошвили Е.Д.

МОРФОГЕНЕЗ СТВОРКИ *SYNEDRA ULNA* SUBSP. *DANICA* В СИНХРОНИЗИРОВАННОЙ КУЛЬТУРЕ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
marchenkov.am@gmail.com

Диатомовые водоросли – одноклеточные автотрофные организмы, создающие видоспецифичные кремнеземные структуры микро- и наноразмера. Механизмы, регулирующие у диатомей процессы захвата кремния из водной среды, его внутриклеточного транспорта к везикуле отложения кремнезема и дальнейший процесс формирования створки, остаются малопонятными. Ранее было показано, что при увеличении концентрации кремниевой кислоты в питательной среде скорость включения кремния в диатомеи и темп роста культуры на начальном этапе возрастали, а при дальнейшем росте концентрации выходили на плато (Sullivan, 1977). Целью настоящей работы было установить зависимость между стадиями морфогенеза створки и активностью поглощения кремния у *Synedra ulna* subsp. *danica*.

Клетки культуры S. *ulna* subsp. *danica* были синхронизированы по методике, описанной ранее (Kharitonenko et al., 2015). После окончания синхронизации были отобраны пять проб в течение двух часов – 0 ч (перед добавлением кремния) и через 0,5, 1, 1,5 и 2 ч после добавления кремния. Отобранные клетки были обработаны для того, чтобы получить очищенные от органики кремнеземные створки. Суспензии створок были нанесены столики для СЭМ и исследованы на микроскопе Quanta 200 FEI Company. Были выделены основные стадии морфогенеза створки, определена примерная продолжительность каждой стадии. Для этого проводился подсчет створок на разной стадии развития среди 50 встреченных недоразвитых створок. Показано, что стадии морфогенеза имеют меньшую продолжительность, чем это было определено для *Synedra acus* subsp. *radians* – большинство стадий первоначальной закладки створки происходило в первые два часа после окончания синхронизации. Порядок развития сходных морфологических структур соответствовал стадиям морфогенеза створок *S. acus* subsp. *radians* – образование стернума (характерной структуры, с которой начинается морфогенез у диатомей с билатеральной симметрией) и вирги (ответвления от стернума первого порядка) и рост вирги, формирование загиба створки, формирование вимин (ветвлений второго порядка), формирование отверстий ареол и велумов. Химический анализ концентрации кремния в среде показал, что в течение 30 мин после окончания синхронизации и внесения культуру в среду с кремнием происходит падение концентрации кремния в среде более чем в два раза. В последующие два часа снижения концентрации кремния не наблюдалось. Таким образом, для S. *ulna* subsp. *danica* характерны стадии морфогенеза створки, схожие с ранее исследованным родственным видом S. *acus* subsp. *radians*, однако скорость формирования створки на начальных стадиях морфогенеза заметно выше, несмотря на более крупную створку у вида, исследованного в настоящей работе.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ 18-34-00438 мол-а в ЦКП «Ультромикроанализ» ЛИН СО РАН.

Marinaite I.I., Semyonov O.V., Molozhnikova E.V.

SEASONAL VARIABILITY AND SOURCES OF PAHS IN AEROSOLS OF IRKUTSK AND BAIKAL SHORE

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
marin@lin.irk.ru

Herewith we represent averaged week sampling data on PAHs content in aerosols of Irkutsk and at the southwestern Baikal shore (Listvyanka). The sampling was performed from October 2015 to March 2017.

HYSPLIT modeling was used to assess local and regional atmospheric processes regulating the distribution of organic pollutants. We tried to identify PAHs pollution sources on the area studied by means of diagnostic relations of individual PAHs, their percent profiles and mixture patterns.

The following seasonal PAHs dynamics was revealed at two aerosol-sampling stations: the maximum concentrations recorded in wintertime were 318 ng/m^3 (average 150 ng/m^3) in Irkutsk in January 2016, up to 158 ng/m^3 (average 59 ng/m^3) in Listvyanka in December 2015. In March, the PAHs concentration fell to 2.0-29 ng/m^3 and 2.2-7.0 ng/m^3 in Irkutsk and Listvyanka aerosols respectively due to disruption of surface inversions and decreasing emissions of heat and power supply stations and boiler houses. The content of PAHs in Irkutsk (average 1.5 ng/m^3) in summertime is 1.6 times higher than in Listvyanka aerosols (average 2.4 ng/m^3). Benzo[a]pyrene exceeded in Irkutsk the health alert value by a 5-28-fold magnitude in winter, 1.1-24-fold magnitude in spring, and 1.1-6.8-fold magnitude in autumn. At the Baikal shore, benzo[a]pyrene exceeded the health alert value by an 1.1-8.9-fold magnitude only in winter.

Phenanthrene, pyrene, fluoranthene, benzo[b]fluoranthene and benzo[k]fluoranthene were the most abundant compounds in the aerosols. The percentage of fluoranthene and pyrene due coal combustion (Marek et al., 2000), was up to 19-35% and 54% in Irkutsk and Listvyanka aerosols respectively. The content of chrysene and benzo[k]fluoranthene, which dominate in emissions of stationary pollution sources, amounted to 18-20% and 5-15% of the total PAHs found in Irkutsk in winter and in summer respectively. The content of the same compounds in Listvyanka was 12-21% and 10-31% in summer and winter respectively. The overall number of benzo[g,h,i]perylene, indene[1,2,3-c,d]pyrene and dibenzo[a,h]anthracene, indicators of motor vehicle emissions, amounted to 3-12% in summer and to 6-16% in winter. At the Baikal shore, the content of these compounds was 7-19% in summer and 11-23% in winter. The relative content of phenathrene, which dominate in emissions of wet fuel combustion (Masclet, 2000) or petrochemical industry (Belan et al., 2007) attained 7% and 31% in winter and summer aerosols respectively.

According to the International Agency for Research on Cancer (http://www.who.int) benzo[k]fluoranthene, benzo[b]fluoranthene, benzo[a]pyrene, benzo[g,h,i]perylene, indene[1,2,3-c,d]pyrene and dibenzo[a,h]anthracene are oncogenic for humans. The contribution of oncogenic PAHs was 36-53% and 10-37% to Irkutsk aerosols and 24-50% and 21-46% to Listvyanka aerosols in winter and summer respectively.

It is known for literature data that fluoranthene/fluoranthene+pyrene ratio below 0.4 characterizes the petrogenic sources, and above 0.4 characterizes the pyrogenic sources (Marek et.al., 2012). The aerosol samples taken in Irkutsk in March-April and June-August 2016 has the value below 0.4, for the rest of the samples the ratio calculated changed from 0.5-0.6. At the Baikal shore, this ratio was characteristic of pyrogenic sources (1.1-17). The ratio indene[1,2,3-c,d]pyrene/ indene[1,2,3-c,d]pyrene+ benzo[g,h,i]perylene below 0.5 points to wet fuel combustion, 0.5 to coal and wood combustion. This ratio allows to divide the Irkutsk sources into two types: coal and wood in autumn and winter (0.5-0,6), wet fuel in spring and summer (0.3-0.4). All the Listvyanka sources can be referred to wet fuel (0.39-0.47). The PAHs sources were also identified by means of mixture patterns of three isomer pairs (phenanthrene+anthracene, benzo[a]anthracene+chrysene, fluoranthene+pyrene) superposed to data on pollution sources. The atmospheric aerosols in Irkutsk and Listvyanka are dominated in wintertime by emissions from wood stoves, aluminum industry and refined products. A new source – furnace fuel oil is added to the mentioned above from April to September both in Irkutsk and Listvyanka.

The work is done within the State Task #0345–2016–0008 (AAAA-A16-1161 22110065-4) in the Shared Research Facilities for Physical and Chemical Ultramicroanalysis LIN SB RAS.

Маринайте И.И., Семенов О.В., Моложникова Е.В.

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ИСТОЧНИКИ ПАУ В АЭРООЗОЛЯХ Г. ИРКУТСКА И ПОБЕРЕЖЬЕ ОЗ. БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
marin@lin.irk.ru

В работе представлены данные по содержанию ПАУ в аэрозолях г. Иркутска и на юго-западном побережье оз. Байкал (п. Листвянка) при усредненном отборе проб за неделю в период с октября 2015 г. по март 2017 г. При помощи серии расчетов на модели HYSPLIT проведена оценка локальных и региональных атмосферных процессов, которые участвуют в распределении органических загрязнителей. С использованием диагностических отношений отдельных ПАУ, процентных профилей и диаграмм смешения предпринята попытка идентификации источников загрязнения исследуемой территории ПАУ.

На двух станциях отбора аэрозолей выявлена сезонная динамика ПАУ с максимальными концентрациями в зимний период: в январе 2016 г. в Иркутске до 318 нг/м^3 (среднее 150 нг/м^3), в декабре 2015 г. в Листвянке до 158 нг/м^3(среднее 59 нг/м^3). В марте с разрушением приземных инверсий и уменьшением выбросов теплоэнергетики количество ПАУ снижается до уровня 2,0-20 нг/м^3 в городских аэрозолях и от 2,2 до 7 нг/м^3 в п. Листвянка. В летний период содержание ПАУ в аэрозоле Иркутска (среднее 1,5 нг/м^3) ниже, чем в Листвянке (среднее 2,4 нг/м^3) в 1,6 раза. Превышение ПДК по бенз(а)пирену в г. Иркутске обнаружено зимой в 5-28 раз, весной – в 1,1-24 раза, осенью – в 1,1-6,8 раз. На побережье оз. Байкал превышение ПДК по бенз(а)пирену выявлено только в зимний период в 1,1-8,9 раза.

В пробах аэрозолей из индивидуальный ПАУ преобладали фенантрен, флуорантен, пирен, бенз(б)флуорантен, бенз(k)флуорантен. Содержание флуорантена и пирена, связанных с горением угля (Marek et al. 2000), в городском аэрозоле в зимний период достигало 19-35%, в п. Листвянка – 54%. Содержание хризена и бенз(б)флуорантена, доминирующих веществ в выбросах стационарных источников, в городской атмосфере изменялось зимой в пределах 18-28% от суммы обнаруженных ПАУ, в лет-

ний период – от 5-15%. Эти же компоненты в атмосфере п. Листвянка определены на уровне 12-21% в летний период и 10-31% зимой. Суммарное количество бенз(g,h,i)перилена, индено(1,2,3-c,d)пирена и дибенз(a,h)антрацена, индикаторов загрязнения городской атмосферы автомобильным транспортом, летом достигало 3-12%, зимой – до 6-16%. На побережье Байкала содержание этих веществ в летний период составляло 7-19%, зимой – до 11-23%. Относительное содержание фенантрена, преобладающего при горении жидкого топлива (Masclet, 2000) или при выбросах нефтехимического производства (Белан и др., 2007) в зимних аэрозолях доходило до 7%, в летних – до 31%.

По данным Международного агентства по изучению рака (http://www.who.int) канцерогенную опасность для здоровья человека несут бенз(k)флуорантен, бенз(b)флуорантен, бенз(a)пирен, бенз(g,h,i)перилен, индено(1,2,3-c,d)пирен, дибенз(a,h)антрацен. В зимних городских аэрозолях 36-53% в атмосферу вносят канцерогенные ПАУ, в летних – 10-37%. Содержание канцерогенных ПАУ в аэрозолях на побережье оз. Байкал составило зимой 24-50%, летом – 21-46% от общего количества.

Из литературных данных известно, что отношение флуорантен/ флуорантен+пирен для питрогенных источников ниже 0,4, если выше 0.4 источники относятся к пирогенным (Marek et al., 2012). В г. Иркутске пробы аэрозоля, отобранные в марте-апреле и в июне-августе 2016 г. имели значение ниже 0,4, для всех остальных проб рассчитанное отношение менялось от 0,5-0,6. На побережье оз. Байкал это соотношение указывало на пирогенные источники (1,1-17). Отношение индено(1,2,3-c,d)пирен/ индено(1,2,3-c,d)пирен+бенз(g,h,i)перилен ниже 0,5 указывает на сжигание жидкого топлива, 0,5 на горение каменного угля и древесины. Используя это отношение городские источники можно разделить на два типа: осенью и зимой горение угля и древесины (0,5-0,6), а весной и летом сжигание жидкого топлива (0,3-0,4). По найденному соотношению в п. Листвянка все источники были отнесены к горению жидкого топлива (0,39-0,47).

Так же источники ПАУ идентифицировали путем составления диаграмм смешения вещества источников ПАУ на примере трех пар изомеров (фенантрен+антрацен, бенз(a)антрацен+хризен, флуорантен+пирен) и наложения на эти диаграммы данных по источникам выбросов. В холодное время года в п. Листвянка и г. Иркутске в атмосферных аэрозолях доминируют продукты выбросов дровяных печей, алюминиевого производства, испарение нефтепродуктов. С апреля по сентябрь в г.Иркутске и п.Листвянка пробы аэрозолей показали схожесть источников: алюминиевое производство, испарение нефтепродуктов, горение древесины с добавлением источника – горение мазута .

Работа выполнена по теме гос. задания ЛИН СО РАН № 0345–2016–0008 (АААА-А16-1161 22110065-4) в ЦКП «Ультромикроанализ» Института.

Maslikova O.Ya.[1], Gritsuk I.I.[1, 2], Dolgopolova Ye.N.[1], Ionov D.N.[1]

INFLUENCE OF HYDROPHYSIC FACTORS ON EROSION OF RESERVOIR'S FROZEN SLOPES

[1]Water problem institute of RAS, Moscow, Russia
[2]Peoples' Friendship University of Russia, Moscow
oksana68@mail.ru

In laboratory conditions, investigations of the destruction of the underwater and above-water coastal slope under conditions simulating cryolithozone were performed. The main task was to determine the most significant factors on which the changes in the bed of water bodies depend in the permafrost environment. It is shown that the operation of the water flow considerably exceeds the influence of other factors (ice content of the soil, atmospheric precipitation, solar radiation), leading to the formation of niches of thawing.

Масликова О.Я.[1], Грицук И.И.[1,2], Долгополова Е.Н.[1], Ионов Д.Н.[1]

ВЛИЯНИЕ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАЗРУШЕНИЕ МЕРЗЛЫХ СКЛОНОВ ВОДОЕМОВ

[1]Институт водных проблем РАН, Россия, г. Москва, ул. Губкина, д.3
[2]Российский университет дружбы народов, Россия, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д.3
oksana68@mail.ru

В лабораторных условиях выполнены исследования разрушения подводного и надводного берегового склона в условиях, имитирующих криолитозону. Основной задачей было определение наиболее значимых факторов, от которых зависят изменения ложа водных объектов в условиях ММП. Показано, что работа водного потока значительно превышает влияние остальных факторов (льдистость грунта, атмосферные осадки, солнечная радиация), приводя к образованию ниш вымывания.

В зависимости от состояния, мёрзлые грунты могут играть роль как временно сдерживающего эрозию фактора, так как прочностные характеристики мёрзлых пород близки к характеристикам скальных пород, а также они могут играть роль фактора, ускоряющего размыв берегов при их оттаивании вследствие повышения температуры окружающей среды (мелкодисперсные сильнольдистые породы при растеплении могут приобретать текучие свойства). Многообразие типов мерзлых грунтов приводит к тому, что огромное количество исследований водных объектов, проводящихся в разное время, дают спектр противоречивых результатов, даже в рамках одной географической местности и даже одного объекта. Комбинации различных факторов могут приводить к различным соотношениям скоростей сезонного протаивания грунта и эрозии, что требует особой тщательности и осторожности, особенно при инженерном проектировании. Натурные исследования скорости эрозии мерзлых грунтов, составляющих берега в зоне ММП, крайне трудны. Не всегда представляется возможным сравнение скорости боковой эрозии берегов на разных участках одного и того же водного объекта. Поэтому в лаборатории РУДН с целью выявления основных факторов, приводящих к разрушению береговых склонов, коллек-

тивом авторов были проведены эксперименты с мерзлыми грунтами разного состава. Исследовалось влияние таких факторов, как:

Солнечная радиация. Интенсивность воздействия на снег солнечного излучения ослабевает с глубиной по закону Бугера-Ламберта. Поскольку короткие волны (УФ) проникают вглубь непрозрачных веществ и преобразуются в тепловые потоки внутри снежной толщи, влияние этих лучей на снеготаяние носит отличный от влияния ИК-лучей характер. Облачность является задерживающим фактором только для ИК участка спектра. Поэтому в дневные часы воздействие ультрафиолета на снеготаяние происходит при любой погоде, тогда как инфракрасное излучение действует непосредственно лишь в ясные дни. Различные склоны в период снеготаяния оказываются в неравных условиях, и их разрушения проходят по-разному. Теневой склон из-за наличия снега оказывается более заморожен, сцементирован. Его протаивание в связи с этим задерживается на многие недели.

Атмосферные осадки. Интенсивность смыва почвы со склонов дождем определяется совокупностью различных факторов: количеством атмосферных осадков и их интенсивностью; способностью почв к поглощению и фильтрации воды; механическим составом почв и грунтов; крутизной и длиной склона.

Процесс интенсивного сезонного снеготаяния воздействует на береговой склон и, как следствие, на его размыв, гораздо мощнее, чем регулярные дождевые осадки. Это выражается в том, что процесс таяния в некоторых случаях происходит в течении нескольких суток, и весь снег, накопившийся за зимний период (его толщина может достигать нескольких метров), превращается в потоки воды, и чем быстрее происходит это превращение, тем мощнее поверхностные склоновые потоки, и тем больше количество переносимого ими вещества. Быстрое таяние снега в период резкого потепления вкупе с дождевыми осадками также может являться причиной весенних паводков. При наличии дождя процесс снеготаяния имеет более сложный характер. Происходит наложение нескольких процессов: фаза непрерывного таяния совмещается с фазой последующей аккумуляции влаги снегом. Дождь усиливает интенсивность процесса и изменяет предельное значение содержания воды в фирне во времени. Это особенно заметно при большей интенсивности дождя. Получена система уравнений, описывающая движение породы по склонам в условиях криолитозоны с учётом интенсивности дождя в условиях изменяющейся во времени льдистости грунта.

Льдистость грунта, слагающего склон. При скоростях потока, соответствующих неразмывающим (транспорт наносов отсутствует), деформации склона обусловлены исключительно проседанием оттаявшего грунта и выдвижения его к центру потока. Далее формируются русловые неоднородности и микроформы рельефа дна, способствующие уже деформациям дна.

Для случая дождя экспериментально установлено, что при большей начальной льдистости пропускная способность грунта меньше, поэтому сначала доля склонового потока бывает максимальной. По мере оттаивания грунта пропускная способность увеличивается, а доля склонового потока уменьшается. При постоянной льдистости скорости инфильтрации и стока зависят только от интенсивности дождя. При малой интенсивности дождя грунт не успевает насыщаться, поэтому поверхностный сток весьма незначителен.

Угол залегания откоса. Величина размыва верхних слоев оттаивающих пород непосредственно связана с углом залегания откоса вследствие добавления к основному воздействию потока таких явлений, как солифлюкция и оползни. При увеличении угла откоса талый увлажненный грунт легко сползает по слою ещё мерзлого грунта. Этому способствует наличие прослоев и линз льда, совпадающих с направлением откоса.

Экспериментально показано, что зависимость размытого твердого вещества от угла уклона (при прочих равных) будет иметь степенной (4/3) вид. Таким образом, экспериментально подтверждена зависимость, полученная ранее в теоретическом виде.

Водный поток. Главной причиной динамики берегов являются изменения подводного берегового склона. Интенсивность разрушения берегов северных водоемов связана с тем, что размыв подводного берегового склона, сложенного мерзлыми льдистыми породами, осуществляется под действием не только механической, но и тепловой энергии движущейся воды. При этом интенсивность размыва мерзлых пород зависит от температуры и льдистости пород. Авторами была получена формула для транспортирующей способности водного потока с учетом изменения льдистости. Скорость эрозии по данным экспериментов отстает от скорости протаивания минимум в два раза. Здесь следует учитывать, что грунт для экспериментов существенно отличается от природного многолетнемерзлого.

Таким образом, на основании теоретических и экспериментальных исследований авторами получена физическая модель, состоящая из описания основных факторов, влияющих на процесс разрушения береговых склонов в условиях криолитозоны.

Matafonov D.V.[1], Bazova N.V.[2], Kolpakova E.S.[1]

THE STATION GRID FOR MONITORING OF WATER BODIES OF BURYATIA REPUBLIC (RUSSIA) ON BENTHIC MACROINVERTEBRATES

[1]The Baikalian Branch of Gosrybcentr FSBSI, Ulan-Ude, Russia
[2]Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia
dimataf@yandex.ru

In 2013–2018, the first station grid for benthic macroinvertebrates monitoring referring to the moment of ice breaking was designed and implemented in water bodies of Buryatia Republic (Russia), such as Gusinoe Lake (56 stations), Kotokel' Lake (33), Bol'shoe Eravnoe Lake (31), Sosnovskoe Lake (25), Gunda Lake (3), Baunt Lake (41), and the Proval Bay (49) of Lake Baikal. The monitoring of water bodies on benthic macroinvertebrates in Buryatia Republic is characterized by lacking such station grids along with the information about their geographic positions and sam-

pling methodology. The time differences and differences between the performed observation details make it difficult to compare and analyze the data on species composition and abundance, as well as to explain the changes in aquatic ecosystems and to assess their future status. A little number of known stations in large water bodies does not provide a holistic view of ecosystem status. The studies of benthos communities are also important in connection with environmental problems in Lake Baikal basin, which became evident during the first two decades of XXI century. Particularly, the critically low level of water bodies represents one of the most challenging issue. In general, the increasing climate aridization and the anthropogenic load are associated with the high uncertainty of consequences for biological diversity of local aquatic ecosystems, their biological potential, recreational and economical use. The material sampled during the investigation is in processing.

Матафонов Д.В.[1], Базова Н.В.[2], Колпакова Е.С.[1]

РАЗРАБОТКА СЕТИ СТАНЦИЙ МОНИТОРИНГА ВОДОЕМОВ БУРЯТИИ ПО ОРГАНИЗМАМ МАКРОЗООБЕНТОСА

[1]Байкальский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр», Улан-Удэ
[2]Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ
dimataf@yandex.ru

Впервые разработана единая схема и в 2013–2018 гг., с привязкой к моменту расчищения водоемов ото льда выполнена сеть из 238 станций для мониторинга водоемов Республики Бурятия по организмам макрозообентоса: озеро Гусиное – 56 станций, оз. Котокель – 33, оз. Большое Еравное – 31, оз. Сосновское – 25, оз. Гунда – 3, оз. Баунт – 41, залив Провал озера Байкал – 49. Мониторинг водоемов Бурятии по компонентам макрозообентоса характеризуется отсутствием системы известных станций с информацией об их географической привязке и методам сбора проб. Разновременность и различия в детализации выполненных наблюдений осложняют сравнительный анализ данных о составе и обилии видов, а также научное объяснение причин изменений в экосистемах водоемов и прогноз будущего состояния. Малое число станций на обследованных больших водоемах не дает целостного представления о состоянии их экосистем. Современные исследования сообществ макрозообентоса в регионе важны и в связи с обострением экологических проблем водоемов бассейна озера Байкал, особенно ярко проявившихся в первые два десятилетия 21 века. Из них наиболее острой является критически низкий уровень воды в озерах. С усилением процессов аридизации климата и антропогенной нагрузки связаны высокая неопределенность последствий для биологического разнообразия водных экосистем региона, их биоресурсного потенциала, рекреационного и хозяйственного использования. Собранный в ходе исследования материал находится в стадии обработки.

Matafonov P.V., Itigilova M.Ts., Tashlykova N.A.

ELEMENTS OF FUNCTIONING AND LONG-TERM DYNAMICS OF THE AQUATIC ECOSYSTEM OF SELENGA RIVER DELTA

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Nedorezova, 16a, Chita, Russia
benthos@yandex.ru

In 2002-2003, the laboratory of aquatic ecosystems INREC SB RAS carried out the complex study of primary production, phytoplankton, macrophytes, zooplankton and zoobenthos of the Selenga Delta (Selenga river delta ..., 2008; Tashlykova et al., 2009; Matafonov, 2010; Sheveleva et al., 2010; et al.). There are trends downstream in aquatic communities from the riverine communities with wide-spread species to the semi-lacustrine communities composed with the endemic Baikalian species. Quantitative characteristics of zooplankton in the main delta channels are low, while the average biomass of zoobenthos for the summer season in the south channels of the delta amount 30 g/m^2 that corresponds to the level of eutrophic water bodies. The rate of Baikalian endemic amphipod species Gmelinoides fasciatus Stebb. in benthos communities is about 60%.

In the plankton community of the Kharaus channel, the destruction of organic matter (3.26-4.62 mgO_2/l) during the entire growing season is many times greater than its gross primary production (0.02-0.64 mgO_2/l) (Tashlykova et al., 2009).The rate of the joint diet of zooplankton and zoobenthos is 6,3% of the total amount of the labile organic matter contained in the water of the Kharauz channel. The trophic structure of zoobenthos with the prevalence of collectors presented by the amphipods is adapted to the utilization of different fractions of allochthonous organic matter (Matafonov, Matafonov, 2008).

The comparison of results on zoobenthos delta and avandelta for the 2002-2003 years (Matafonov, Matafonov, 2008; Matafonov, 2010) with the initial studies for the 1970th (Bekman, 1971; Sorokina, 1975; Bekman, 1977) demonstrates the stability of the main biotic indicators. At the same time, the abundance and biomass of planktonic algae in comparison with 1960-1970 years increased tenfold (Popovskaya, Tashlykova, 2008).

In general, it can be noted that the main features of the aquatic ecosystem of the delta, as it was determined before, depend on to the amount of allochthonous organic matter from the catchment area of the Selenga river. Endemic Baikal species also participate in its transformation and in the communities of the main channels of the Delta, the highest role of their bottom representatives.

By participating in the transformation of a small portion of the organic matter, zoobenthos and zooplankton create productivity of fish equal to 120 kg/ha.

Матафонов П.В., Итигилова М.Ц., Ташлыкова Н.А.

ЭЛЕМЕНТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ГИДРОЭКОСИСТЕМЫ ДЕЛЬТЫ РЕКИ СЕЛЕНГИ

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, ул. Недорезова, 16а, г. Чита, Россия
benthos@yandex.ru

В 2002-2003 гг. лабораторией водных экосистем ИПРЭК СО РАН проведены комплексные исследования первичной продукции, фитопланктона, макрофитных водорослей, высшей водной растительности, зоопланктона и зообентоса гидроэкосистемы дельты реки Селенги (Дельта реки Селенги…, 2008; Ташлыкова и др., 2009; Матафонов, 2010; Шевелева и др., 2010). В распределении сообществ дельты вниз по течению происходит смена сообществ реки Селенги, слагаемых широко распространенными видами, на озерно-речные сообщества, в состав которых входят эндемичные байкальские виды. Количественные показатели зоопланктона в основных протоках дельты невысокие, в тоже время средняя за сезон биомасса зообентоса в протоках левого края дельты находится на уровне эвтрофных водоемов и достигает 30 г/м^2, более 60% которой создает эндемик озера Байкал *Gmelinoides fasciatus* Stebb.

В планктонном сообществе основной протоки дельты Хараузе деструкция органического вещества (3,26-4,62 мгO_2/л) в течение всего вегетационного сезона многократно превышает его валовую первичную продукцию (0,02-0,64 мгO_2/л) (Ташлыкова и др., 2009). Суммарный рацион зоопланктона и зообентоса составляет только 6,3% лабильного органического вещества, содержащегося в воде протоки Харауз. Трофическая структура зообентоса, с преобладанием амфипод-собирателей, оказывается адаптированной к утилизации различных фракций аллохтонного органического вещества (Матафонов, Матафонов, 2008).

В сравнении с фоновыми исследованиями зообентоса дельты и авандельты (Бекман, 1971; Сорокина, 1975; Бекман, 1977) результаты исследований 2002-2003 гг. показывают стабильность основных показателей (Матафонов, Матафонов, 2008; Матафонов, 2010). В тоже время численность и биомасса планктонных водорослей по сравнению с 1960-1970-ми гг. увеличилась в десятки раз (Поповская, Ташлыкова, 2008).

В целом можно отметить, что основные особенности гидроэкосистемы дельты как и прежде обусловлены обилием аллохтонного вещества, поступающего с водосборной территории реки Селенги. Эндемичные байкальские виды также принимают участие в его трансформации, при этом в сообществах основных проток дельты наиболее высока роль их донных представителей. Участвуя в трансформации небольшой доли органического вещества, зообентос и зоопланктон создают рыбопродуктивность дельты на уровне 120 кг/га.

Maximova E.N., Denisova T. P., Lopatovskaya O.G.

MICROORGANISMS AND ALGAE IN THE SOILS OF THE ISLAND OLKHON (LAKE BAIKAL)

Irkutsk state university, 664003, Irkutsk, Karl Marx St., 1

The soils of Olkhon Island were examined. The physiological groups of microorganisms and the species diversity of mass species of algae were determined in the studied soils. The specificity of grown colonies of microorganisms for different soil samples was established. Tinctorial bacterial properties were studied. Spore forming bacteria were found in all soil samples, capsule forming was rarely observed. Microscopic fungi were not found. High activity of nitrifying bacteria was shown. Aerobic and anaerobic nitrogen-fixing bacteria and denitrifiers were identified. Mass species of algae belong to the department of Chlorophyte. Representatives of the Cyanobacteria department developed on the surface of salt marshes.

Максимова Е.Н., Денисова Т.П., Лопатовская О.Г.

МИКРООРГАНИЗМЫ И ВОДОРОСЛИ В ПОЧВАХ ОСТРОВА ОЛЬХОН (ОЗ. БАЙКАЛ)

Иркутский государственный университет, 664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1

Остров Ольхон находится на юге Иркутской области, является частью Байкальской рифтовой зоны и самым крупным островом оз. Байкал. Высокая антропогенная нагрузка оказывает сильное воздействие на природу острова. Важным показателем устойчивости природной среды является экологическое состояние почвы – среды обитания многих живых организмов, для чего традиционно используются физико-химические параметры. Не менее значимой характеристикой в этом плане, является состояние водорослево-микробного населения почв.

Преобладающими почвами на острове являются каштановые и горно-каштановые. Исследованные почвы относятся в основном к серым лесным и чернозёмам текстурно-карбонатным солонцеватым. Локально, в западинах и на месте существовавших прежде озер встречаются солонцы, а в прибрежной полосе соленых озер под галофитными лугами – солончаки. В последние годы и на о. Ольхон, также как и в Приольхонье отмечается увеличение площади солончаков, обладающих неблагоприятными физическими и химическими свойствами. В обследованных почвах были изучены различные в функциональном отношении группы гетеротрофных микроорганизмов и наземные водоросли. Исследования микроорганизмов включали определение культуральных и тинкториальных характеристик бактерий и выделение отдельных физиологических групп. С этой целью использовали питательные среды: ГРМ-агар, варианты среды Виноградского, среда Эшби и др.

Разнообразия культуральных свойств выросших колоний не обнаружено. В каждой из проб выявлено по три специфических типа колоний. Изучение тинкториальных свойств бактерий позволили установить, что в основном преобладали Г$^-$-бактерии. Споро- и капсулообразущие клетки обнаружены во всех пробах. Нитрифицирующие бактерии выявлены в некоторых образцах, а денитрифицирующие – во всех. Нитрифицирующие бактерии характеризуются высокой активностью. Обнаружены свободноживущие аэробные азотфик-

сирующие капсулообразующие бактерии. Их типичными признаками служили слизистые колонии, выросшие на твердой среде Эшби. Свободноживущие анаэробные азотфиксирующие обнаружены во всех пробах и относились к спорообразующим микроорганизмам. Микроскопические грибы не обнаружены.

Диагностика видового состава наземных водорослей осуществлялась с использованием отечественных и зарубежных определителей. Для выращивания водорослей применялась жидкая питательная среда Бристоль в модификации Голлербаха.

В поверхностных горизонтах почв острова Ольхон выявлено 32 вида водорослей и цианобактерий, относящихся к четырём отделам. По числу видов преобладают зелёные водоросли, что объясняется присутствием в альгофлоре широко распространённых видов-убиквистов. Наибольшее число (10 видов) отмечено для почв вокруг оз. Шара-Нур. В остальных образцах почв в массе отмечается от 1 до 5 видов. Наибольшее число видов обнаружено в трансект-катене оз. Шара-Нур, это подтверждает уникальность околоводной экосистемы солёного озера, что требует наблюдения и контроля за ее экологическим состоянием. В большинстве случаев в почвах формируются олигодоминантные водорослево-цианобактериальные сообщества, а комплекс доминантных видов представлен в основном широко распространёнными зелёными водорослями (например, *Chlorococcum infusionum* (Schrank) Menegh, *Mychonastes homoshaera* (Skuja) Kalina et Punč. и *Tetracystis* spp.). На антропогенно нарушенных засолённых почвах с щелочными значениями pH вокруг оз. Шара-Нур в массе развиваются *Nostoc linckia* (Roth) Bornet ex Bornet et Flahault f. *linckia* и *Trichormus variabilis* (Kütz. ex Born. et Flah.) Kom. et Anagn.

Maximova O.B.

PHOTOSYNTHESIS PIGMENTS FROM THE LADOGA LAKE

Federal State Budgetary Scientific Establishment “Berg State Researh Institute on Lake and River Fisheries” (FSBSI “GosNIORH”), 199053, St. Petersburg, nab. Makarova, 26

The phytoplankton of lake Ladoga was in the active state, the distribution of the concentration of chlorophyll-a in the investigated waters of lake Ladoga, over the last decade has not changed significantly, but its average value was 4.13 µg/l, which does not go beyond inter-annual fluctuations in the average values of the indicator and can be attributed to the investigated waters to the waters of mesotrophic type.

Максимова О.Б.

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПИГМЕНТЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга» (ФГБНУ «ГосНИОРХ»), 199053, город Санкт-Петербург, набережная Макарова, дом 26
olgamaximova@mail.ru

Основные показатели, используемые для оценки функционального состояния фитопланктона, – концентрации хлорофилла «a» и вспомогательных пигментов хлорофилла «b», хлорофилла «c» и каротиноидов. Средние значения обсуждаемых показателей для всех районов Ладожского озера представлены в таблице.

В Шхерном районе среднее значение концентрации хлорофилла «a» в сентябре 2017 г. составило 2,79 мкг/л, оно было одним из самых низких относительно концентрации данного пигмента в исследованных районах озера в данном году, наиболее высокие средние значения обсуждаемого пигмента было отмечено в Свирской губе. Данное распределение хлорофиллла «a», в целом, характерно для Ладожского озера.

В целом в сентябре 2017 г. размах колебаний концентрации рассматриваемых фотосинтетических пигментов на исследованной акватории озера различалось в несколько раз: концентрация хлорофилла «a» – 1,84-7,69, в среднем 4,13 мкг/л; хлорофилла «b» – 0,00-1,00, в среднем – 0,33 мкг/л; хлорофилла «c» – 0,02-1,57, в среднем – 0,52 мкг/л; каротиноидов – 1,13-4,88, в среднем – 2,87 мкг/л.

Содержание фотосинтетических пигментов, соотношение показателей концентрации хлорофилла «a» и вспомогательных пигментов позволяют оценить активность сообщества планктонных водорослей, а в целом – экологическое благополучие водоема. По данным показателям фитопланктон Ладожского озера на момент исследования находился в функционально активном состоянии.

Средние значения концентрации хлорофилла «a» в 2017 г. по районам изменялось незначительно (таблица), несмотря на существенный разброс данных по отдельным станциям. Среднее значение хлорофилла «a» для всей исследованной акватории Ладожского озера составило 4,13 мкг/л, что (с учетом сезона), укладывается в пределы межгодовых колебаний средних величин рассматриваемого показателя. По многолетним наблюдениям концентрация хлорофилла «a» в Ладожском озере за последние 15 лет в среднем за сезон варьирует от 2,5 до 7,4 мкг/л.

Таблица. Средние значения концентрации хлорофилла «a» (a, мкг/л), хлорофилла «b» (b, мкг/л), хлорофилла «c» (c, мкг/л), каротиноидов (k, мкг/л) в районах Ладожского озера в сентябре 2017 г.

Район обследования	a	b	c	k
Волховская губа	5,18	0,42	0,53	3,50
Свирская губа	6,38	0,62	0,33	4,30
Шлиссельбургкая губа	4,12	0,24	0,59	2,75
Западный район	3,68	0,35	0,46	2,30
Восточный район	5,03	0,5	0,1	3,88
Шхерный район	2,79	0,09	0,61	2,13
Склоновый (южный) район	3,50	0,38	0,58	2,70
Глубоководный район (центральный)	3,17	0,11	0,61	1,94

Распределения основного фотосинтетического пигмента хлорофилла «а» по акватории Ладожского озера определяется как различной антропогенной нагрузкой на отдельные районы, так гидродинамическими условиями. Так, в Волховской губе в 1992–1995 гг. среднее значение хлорофилла «а» составило 8,3 мкг/л, в центральном районе – 5,6 мкг/л. В 2017 г. распределение концентрации хлорофилла «а» по районам носило тот же характер, однако абсолютные величины были примерно в 1,5 раза ниже, последнее обусловлено межгодовой изменчивостью данного показателя. Таким образом, фитопланктон Ладожского озера находился в активном состоянии, распределение концентрация хлорофилла «а» на исследованной акватории Ладожского озера за последние десятилетие существенно не изменилось, а ее среднее значение составляла 4,13 мкг/л, что не выходит за пределы межгодовых колебаний средних величин данного показателя и позволяет отнести исследованную акваторию к водам мезотрофного типа.

Medvezhonkova O.V., Zvereva Yu.M., Poberezhnaya A.E., Tomberg I.V., Timoshkin O.A.

IMPACT OF BEACHED ALGAE ON PSAMMON DEVELOPMENT IN THE NORTH BASIN OF LAKE BAIKAL

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
popova-olga87@yandex.ru

For the recent years, there is a bloom of a green filamentous alga *Spirogyra* spp., atypical for Baikal, in many areas of the lake littoral (Timoshkin et al., 2016). One of these areas is located between the Tyya River and the Senogda Bay (Northern Baikal). The beaches of this area have been consistently covered with a thick layer of beached algae (up to 97% of *Spirogyra* filaments) during summer-autumn months since 2013. Therefore, we preferred this area as a model to study an impact of beached algae on development of psammon - a group of small invertebrates inhabiting coastal sand moist of shallow water and splash zone. Processes of destruction of the organic matter washed ashore inevitably affect the ecosystem of the littoral, including the psammon communities. I.V. Arov (1987) was the first who started in 1983 to study the psammon of splash zone. It has been found by now that the Baikal psammon can be very abundant and have high development indicators (up to 2-3 millions of specimens/m^2). The samples were taken with a cylinder (6 cm in diameter) inserted 10 cm to the sand. The sampling was done in June and September 2014 and 2015 in the splash zone (0-0.5 m from the waterline) of five beaches. Three of them were covered with beached algae (in the Senogda Bay, in a bay near Zarechnoye, in the Onokochansky Cape), and two were algae-free (a beach 1.5 km eastward of mouth of the Tyya River, and a beach in the Yarki peninsula).

We found that even the psammon of the control beaches of the North Basin had a small number of species (up to 96 000 specimens/m^2 in the Yarki peninsula) with prevalence of nematodes compared to the beaches of the South Basin (e.g. 400 000 specimens/m^2 in the Bolshye Koty Bay). As for the communities of the beaches covered with algae they turned out to be even more depleted in amount (6 000-13 000 specimens/m^2 in front of Zarechnoye, 3 000-6 000 speciemns/m^2 in the Senogda Bay, 12 000 specimens/m^2 in the Onokochansky Cape). An important reason for such underdevelopment of the psammon of the beaches is a fineness of the sand (a mean size of grains is 0.16-0.28 mm), which limits a pore space necessary for psammon organisms. Besides the living environment declines due to the beached algae, which are a kind of “filter” entrapping fine aleurite fraction. This reduces the pore space even more and complicates exchange processes in the sand. However, the main reason for these successions is a decay of algae, which significantly changes the hydrochemical composition of interstitial water. Thus, dissolved oxygen concentration falls up to zero, pH drastically goes down to 5.83, ammonium nitrogen increases above 7 mg/L, organic matter exceeds 500 mgO/L. All this negatively affect the communities. The algae being removed from the splash zone, the communities quickly recover their “natural” numbers. We found that the species composition of psammon is poorer in autumn when there is a maximum of algae driven ashore. The autumn community was represented mainly by nematodes with a small amount of tardigrades whilst in June when there is a minimum of beached algae, 4-6 groups (Harpacticoida, Nematoda, Tardigrada, Chironomidae larvae, Cyclopidae) dominate at the same time.

It is noteworthy that dead Ostracoda (shells with chitinous debris) were found in abundance on the beaches marked by large quantities of decaying algae. We identified among them the genera *Candona, Pseudocandona, Cytherissa*. The maximum of crustaceans (37 000 specimens/m^2 in June 2014, 59 000 specimens/m^2 in September 2015) was observed at the station “Zarechnoye” located approximately 1.5 km westward of the Tyya River in which the Severobaikalsk wastewater treatment plant discharges its insufficiently treated sewage effluent. We observed a perennial vegetation of *Spirogyra* in the shallows in front of Zarechnoye. The crustaceans of shallow waters were driven ashore after their mass mortality. It is known that in 2014-2015 dead mollusks (mainly Lymnaeidae) and their shells occurred in abundance on these beaches (Timoshkin et al., 2016).

Thus, the bloom of atypical filamentous algae can adversely affect the psammon of the shallow water zone in the North Basin of the lake. The abundant debris of decaying algae significantly impair the environment of interstitial space of the splash zone. The decay processes cause an important perturbation in the structure and quantitative characteristics of the psammon due to a drastic change of hydrochemical indicators of pore water (anoxia, low pH, ammonium nitrogen and so on). These data can be a basis for monitoring of the splash zone of the Northern Baikal.

The work is done within the State Project № AAAA-A16-116122110067-8.

Медвежонкова О.В., Зверева Ю.М., Побережная А.Е., Томберг И.В., Тимошкин О.А.

ВЛИЯНИЕ ВЫБРОШЕННЫХ НА БЕРЕГ ВОДОРОСЛЕЙ НА РАЗВИТИЕ ПСАММОНА В СЕВЕРНОЙ КОТЛОВИНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
popova-olga87@yandex.ru

Массовое развитие нетипичной для Байкала зеленой нитчатой водоросли *Spirogyra* spp. отмечается в последние годы во многих районах прибрежной зоны озера (Timoshkin et al., 2016). Один из них – участок между устьем реки Тыя и бухтой Сеногда (Северный Байкал), пляжи которого в течение летне-осенних месяцев начиная с 2013 г. стабильно были покрыты толстым слоем выброшенных на берег водорослей (ВБВ) (до 97% их состава – нити спирогир). Поэтому он и был выбран в качестве модельного для изучения влияния ВБВ на развитие псаммона – мелких беспозвоночных животных, населяющих песчаные грунты мелководной и заплесковой зон. Процессы деструкции выброшенного на берег материала неизбежно сказываются на экосистеме прибрежной зоны, в том числе и на сообществе псаммона. Изучение псаммона зоны заплеска было начато в 1983 г. И.В. Аровым (1987). В настоящее время выяснено, что псаммон Байкала может быть весьма богатым и иметь высокие показатели развития (до 2–3 млн. экз./м^2). Пробы отбирались с помощью цилиндра (диаметр 6 см), который погружали в толщу грунта на 10 см, в июне и сентябре 2014 и 2015 гг., в заплесковой зоне (0–0,5 м выше уреза воды) пяти пляжей – три из которых были покрыты ВБВ (в бухте Сеногда, в бухте вблизи пос. Заречное и на мысе Онокочанский) и два свободные от них (пляж в 1,5 км восточнее устья реки Тыя и пляж на п-ове Ярки).

Выяснено, что псаммон даже «контрольных» пляжей Северной котловины отличался низкой численностью (до 96 тыс. экз./м^2 на п-ове Ярки) и бедностью состава с преобладанием нематод, по сравнению с пляжами Южной котловины (например – зал. Бол. Коты; в среднем 400 тыс. экз./м^2). А сообщество пляжей, покрытых водорослями, количественно было еще беднее (напротив поселка Заречное 6-13 тыс. экз./м^2, в бухте Сеногда 3-6 тыс. экз./м^2 и на мысе Онокочанский – 12 тыс. экз./м^2). Важной причиной низких показателей развития псаммона изученных пляжей является мелкозернистость грунта (песок с медианным размером частиц 0,16–0,28 мм), в котором ограничено поровое пространство, необходимое для обитания организмов псаммона. Кроме того, условия обитания ухудшаются от присутствия ВБВ, которые являются своеобразным «фильтром», задерживающим мелкодисперсные алевритовые фракции грунта, что еще больше ведет к сокращению порового пространства и затрудняет обменные процессы. Но главной причиной выявленных сукцессий является разложение водорослей, которое значительно меняет гидрохимический состав интерстициальных вод. Так, концентрация растворенного кислорода в интерстициальной воде падает до нуля, резко снижается pH (до 5,83), повышается концентрация аммонийного азота (выше 7 мг N/л), органического вещества (выше 500 мгО/л) и других биогенов, что отрицательно сказывается на формировании сообщества. При освобождении участков зоны заплеска от слоя водорослей происходит довольно быстрое восстановление численности сообщества до «нормальных» значений. Было обнаружено, что групповой состав псаммона беднее осенью, когда количество выброшенных водорослей максимально. Осеннее сообщество было представлено лишь нематодами и, в меньшем количестве, – тардиградами, тогда как в июне (когда количество ВБВ минимально) доминируют одновременно 4-6 групп (гарпактициды, нематоды, тихоходки, личинки хирономид, циклопы).

Особо отметим, что на пляжах станций, находящихся под влиянием разлагающихся ВБВ, в большом количестве обнаружены мертвые Ostracoda – раковины с хитиновыми остатками тела. Среди них были идентифицированы представители родов – *Candona, Pseudocandona, Cytherissa*. Максимальная численность рачков (в июне 2014 г. – 37 тыс. экз./м^2, в сентябре 2015 – 59 тыс. экз./м^2) была отмечена на станции «Заречное», расположенной примерно в 1,5 км западнее р. Тыя, в которую осуществляется сброс слабо очищенных сточных вод г. Северобайкальска. В мелководье напротив Заречного нами отмечалась круглогодичная вегетация спирогиры. Являясь обитателями дна мелководной зоны, рачки оказались выброшенными на берег после их массовой гибели. Как известно, в 2014-2015 гг. на этих же пляжах были встречены в массе мертвые моллюски (преимущественно представители семейства Lymnaeidae) и их пустые раковины (Timoshkin et al., 2016).

Таким образом, массовое развитие чужеродных нитчаток может оказывать неблагоприятное воздействие на развитие псаммона мелководной зоны Северной котловины озера. Обильные ВБВ, перегнивая, значительно ухудшают условия обитания в интерстициали заплесковой зоны. Резко изменяя гидрохимические показатели интерстициальных вод (аноксидные условия, низкий pH, аммонийный азот и др.), процессы гниения приводят к существенным перестройкам в структуре и количественных характеристиках псаммона. Полученные данные могут служить основой для мониторинга состояния заплесковой зоны Северного Байкала.

Работа выполнена в рамках госбюджетного проекта №АААА-А16-116122110067-8.

Medvinsky A.B.[1], Adamovich B.V.[2], Aliev R.R.[1, 5], Chakraborti A.[3], Lukyanova E.V.[2], Mikheeva T.M.[2], Nikitina L.V.[2], Nurieva N.I.[1], Rusakova A.V.[1], Zhukova T.V.[4]

TEMPERATURE VARIATIONS AND LAKE PLANKTON ABUNDANCE FLUCTUATIONS: DIRECT AND INDIRECT TEMPREATURE IMPACT ON PLANKTON DYNAMICS

[1]Institute of Theoretical and Experimental Biophysics RAS, 142290 Pushino, Russia
[2]Biological Faculty, Belarusian State University, 220039 Minsk, Belorussia
[3]School of Mathematics, Statistics and Computational Sciences, Central University of Rajastan, NH-8, Bandar Sindri, Ajmer-305817, Rajasthan, India
[4]Naroch Biology Station, Belarusian State University, 222395 Naroch, Belorussia
[5]Moscow Institute of Physics and Technology, 141701 Dolgoprudny, Russia
alexander_medvinsky@yahoo.com

We report here results of the quantitative recursive analysis of plankton dynamics in the Narochanskie Lakes (Belorussia). We show that this dynamics is random. We estimate the predictability horizon of the random bacterioplankton dynamics at 4.8 months for the small reach of the Naroch Lake, 4.6 months for the large reach of the Naroch Lake, 4.7 months for the Miastro Lake and 3.4 for the Batoryn Lake.

The randomness of abundance fluctuations can be both an immanent property of the population dynamics as well as result of exterior (life environment) factors. In order to assess the influence of environmental change on the plankton dynamics we calculated the degree of synchronization of water temperature variations with random bacterioplankton and phytoplankton fluctuations. Analysis of phase ratio between the time series that characterize the bacterioplankton and temperature dynamics suggests that the random fluctuations of bacterioplankton abundance are synchronized with temperature variations, while that the random fluctuations of phytoplankton abundance are not synchronized with temperature variations in the Naroch and Miastro Lakes, except the Batoryn Lake, which is the smallest one, i.e. in this lake the fluctuations of phytoplankton abundance coincide in phase with those of temperature. Data of multiyear hydrological monitoring of the Narochanskie Lakes assumes that the temperature significantly affects the bacterioplankton fluctuation dynamics, but the latter is mediated not only by temperature, but also by trophic interactions and nutrient supply. Hence, the temperature is not a factor that directly governs the phase synchronization of phytoplankton and temperature fluctuations. It rather points at the presence or absence of relation between the phytoplankton and bacterioplankton oscillations that are directly synchronized in phase with the temperature variations.

The work was supported by the Russian Fund for Basic Research (grant #17-04-00048).

Медвинский А.Б.[1], Адамович Б.В.[2], Алиев Р.Р.[1, 5], Чакраборти А.[3], Лукьянова Е.В.[2], Михеева Т.М.[2], Никитина Л.В.[2], Нуриева Н.И.[1], Русаков А.В.[1], Жукова Т.В.[4]

ВАРИАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ФЛУКТУАЦИИ ОБИЛИЯ ОЗЁРНОГО ПЛАНКТОНА: ПРЯМОЕ И ОПОСРЕДОВАННОЕ ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ДИНАМИКУ ПЛАНКТОНА

[1]Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино 142290, Россия
[2]Биологический факультет, Белорусский государственный университет, Минск 220039, Белоруссия
[3]Школа математики, статистики и компьютерных наук, Центральный университет Раджастана, NH-8, Бандар-Синдри, Аджмер 305801, Раджастан, Индия
[4]Нарочанская биологическая станция, Белорусский государственный университет, Нарочь 222395, Белоруссия
[5]Московский физико-технический институт, Долгопрудный 141701, Россия
alexander_medvinsky@yahoo.com

Мы представляем результаты применения численного рекуррентного анализа динамики популяций планктона в Нарочанских озёрах (Белоруссия). Мы показываем, что эта динамика является хаотической. Горизонт предсказуемости хаотической динамики бактериопланктона, в частности, по нашим оценкам составляет 4,8 месяца для малого плёса оз. Нарочь, 4,6 месяца для большого плёса оз. Нарочь, 4,7 месяца для оз. Мястро и 3,4 месяца для оз. Баторино.

Хаотичность флуктуаций популяционного обилия может являться как имманентным свойством динамики популяций, так и быть следствием воздействия внешних факторов (факторов среды обитания). С целью оценки влияния изменений в окружающей среде на динамику планктона мы провели численную оценку степени синхронизации хаотических флуктуаций обилия бактериопланктона и фитопланктона с колебаниями температуры воды. С использованием анализа соотношения фаз между временными рядами, характеризующими динамику бактериопланктона и температуры, мы показываем, что хаотические колебания обилия бактериопланктона синхронизованы с колебаниями температуры, в то время как хаотические колебания обилия фитопланктона не синхронизованы с колебаниями температуры в оз. Нарочь и в оз. Мястро в отличие от колебаний обилия фитопланктона в оз. Баторино, наименьшем из Нарочанских озёр, т.е. в оз. Баторино колебания обилия фитопланктона оказываются в значительной мере синхронизованными по фазе с колебаниями температуры. Анализ многолетнего гидрологического мониторинга Нарочанских озёр позволяет заключить, что температура существенно влияет на динамику флуктуаций обилия бактериопланктона, однако динамика фитопланктона контролируется не только температурой, но и трофическими взаимодействиями между гидробионтами, а также – запасами питательных веществ. При этом температура оказывается фактором, который не непосредственно влияет на фазовую синхронизацию колебаний фитопланктона с колебаниями температуры, а скорее проявляет наличие или отсутствие сопряжения осцилляций фитопланктона с осцилляциями бактериопланктона, которые непосредственно синхронизованы по фазе с колебаниями температуры.

Работа поддержана РФФИ (грант 17-04-00048).

Mikhailov I.S., Bukin Y.S., Zakharova Y.R., Usoltseva M.V., Galachyants Y.P., Sakirko M.V., Blinov V.V., Likhoshway Y.V.

CO-OCCURRENCE PATTERNS AMONG BACTERIOPLANKTON AND PHYTOPLANKTON IN PELAGIC ZONE OF LAKE BAIKAL DURING A SPRING PHYTOPLANKTON BLOOM

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
mikhailov-89@mail.ru

Bacterioplankton and phytoplankton form the bulk of a microbial food web and perform key functions in biogeochemical cycles of aquatic ecosystems (Azam, Malfatti, 2007). Individual organisms coexist in natural ecosystems, forming networks of ecological interrelations (Duffy et al., 2007). In Lake Baikal, the networks of interactions between individual components of plankton and abiotic parameters remain unstudied. In spring periods of different years the hydrochemical and biotic parameters of Lake Baikal may differ depending on weather conditions, temperature, and the time of breaking up of ice in the lake (Domysheva et al., 2014). But it is unknown whether networks of relationship between these parameters differ in different years. The work aims at determining the relashionship between bacterio- and phytoplankton and abiotic parameters in Lake Baikal in a spring period during three consecutive years. Water samples were collected in the upper layer from 0 to 25 m across 30 stations in Lake Baikal in spring of 2011-2013. Phytoplankton (Sadchikov, 2003) and bacterioplankton (Gerhardt et al., 1981; Gorbenko et al., 1992) were analyzed by conventional methods, concentrations of NO_3^-, PO_4^{3-}, Si, O_2, pH and temperature and determined by standard methods (Stroganov, Buzinova, 1980; Boeva, 2009). The analysis of the data was carried out using the R statistics.

The water temperature was greater in 2012 than in 2011 and 2013. It was revealed that the composition of Baikal's phytoplankton communities was influenced by Si concentrations, temperature, spatial and temporal factors. The revealed positive and negative correlations between phytoplankton species can show a mutualistic and competitive relationship. Bacteria in the form of cocci, diplococci and rods colonized the phytoplankton cell walls. The average number of bacteria attached to the cells of different phytoplankton species was similar (1-4) in different years in the surface layer of water and in the 0-25 m layer. Using NMDS and the UniFrac metrics, it was revealed that the composition of bacterial communities was influenced by temperature, pH, location and a year of sampling. The structure of correlation networks between representatives of phytoplankton, bacterial plankton and physico-chemical parameters varied in different years, which may be due to the difference in weather, temperature and hydrological conditions during the period under study.

The study is supported by the FASO program №0345-2016-0001; the temperature is determined by the hydrology and hydrophysics laboratory, hydrochemical parameters are determined in the hydrochemistry laboratory under program No. 0345-2016-0008.

Михайлов И.С., Букин Ю.С., Захарова Ю.Р., Усольцева М.В., Галачьянц Ю.П., Сакирко М.В., Блинов В.В., Лихошвай Е.В.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ КОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА И ФИТОПЛАНКТОНА В ПЕЛАГИАЛИ ОЗЕРА БАЙКАЛ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
mikhailov-89@mail.ru

Бактериопланктон и фитопланктон составляют основу микробной пищевой сети и выполняют ключевые функции в биогеохимических циклах водных экосистем (Azam, Malfatti, 2007). Отдельные организмы сосуществуют в природных экосистемах, формируя сети экологических взаимосвязей (Duffy et al., 2007). В озере Байкал сети взаимосвязей между отдельными компонентами планктона и абиотическими параметрами остаются не исследованными. В весенние периоды различных лет могут отличаться гидрохимические и биотические параметры озера Байкал в зависимости от погодных условий, температуры, времени вскрытия озера ото льда (Domysheva et al., 2014). Но отличаются ли сети взаимосвязей между этими параметрами в разные годы не известно. Целью работы было определить взаимосвязи бактерио-, фитопланктона и абиотических параметров в озере Байкал в весенний период трех последовательных лет. Пробы воды были отобраны в верхнем 0-25 м слое 30 станций озера Байкал весной 2011-2013 гг. Фитопланктон (Садчиков, 2003) и бактериопланктон (Gerhardt et al., 1981; Горбенко и др., 1992) анализировали по общепринятым методикам, концентрации NO_3^-, PO_4^{3-}, Si, O_2 (Строганов, Бузинова, 1980; Боева, 2009), pH и температуру и определяли стандартными методами. Анализ данных проводили с помощью статистикой среды R.

Температура воды была выше в 2012 г., чем в 2011 г. и 2013 г. Выявлено, что на состав сообществ фитопланктона Байкала влияли концентрации Si, температура, пространственный и временной факторы. Выявленные положительные и отрицательные корреляции между видами фитопланктона могут показывать мутуалистическую и конкурентную взаимосвязи. Бактерии в форме кокков, диплококков и палочек колонизировали клеточные стенки фитопланктона. Среднее количество бактерий, прикрепленных к клеткам различных видов фитопланктона, было сходным (1-4) в разные годы в поверхностном слое воды и слое 0-25 м. С помощью NMDS и метрики UniFrac выявлено, что на состав бактериальных сообществ влияли температура, pH, местоположение и год отбора проб. Структура корреляционных сетей между представителями фитопланктона, бактериопланктона и физико-химическими параметрами в разные годы отличались, что может быть связано с различием в погодных условиях, температуре и гидрологической обстановке в исследуемый период.

Работа поддержана программой ФАНО № 0345-2016-0001; температура определена лабораторией гидрологии и гидрофизики, гидрохимические показатели определены в лаборатории гидрохимии по программе № 0345-2016-0008.

Mikhailova L.V.

STANDARTIZATION OF OIL-PRODUCTS CONTENT IN DIFFERENT BOTTOM SEDIMENTS OF SURFACE WATER OBJECTS KHANTY-MANSIISK AUTONOMOUS AREA

FSBI of HE State Agricultural University of the Northern Trans-Urals, Respubliki St. 7, 625003, Tuymen,
FSBI State Scientific & Production Center of Fishery, Odesskaya St. 33, 625023, Tuymen
ecotoxic@gosrc.ru

Regional standards for oil and oil-products of MAL_{BS} and $AROC_{BS}$ for various types of bottom sediments in reservoirs and watercourses with the use of controlling methods of IR-photometry and fluorimetry, with different degrees of selectivity to oil and natural hydrocarbons have been developed.

Михайлова Л.В.

НОРМИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В РАЗНОТИПНЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АО

ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья
625003 г. Тюмень, ул. Республики 7
ФГБНУ Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства
625023 г. Тюмень, ул. Одесская 33
ecotoxic@gosrc.ru

Разработаны региональные нормативы нефти и нефтепродуктов $ПДУ_{ДО}$ и $ДОСН_{ДО}$ для разнотипных донных отложений в водоемах и водотоках с использованием контролирующих методов ИК-фотометрии и флуориметрии, с разной степенью селективности к нефтяным и природным углеводородам.

Недостатком российской системы мониторинга и управления водными ресурсами является отсутствие нормативов химического состава донных отложений (ДО), хотя в РД 52.24.609-2013 указано, что «информация о состоянии водных объектов без учета сведений о загрязнении ДО может привести к ошибочным выводам. Поэтому наблюдение за ДО становится неотъемлемой частью мониторинга водных объектов». Вместе с тем реализация этого положения невозможна при отсутствии оценочных критериев.

На ликвидацию пробела в природоохранном законодательстве направлены выполненные нами работы по нормированию в ДО одного из приоритетных загрязнителей – нефтепродуктов (НП): разработка документа «Временное методическое руководство по нормированию уровня содержания химических веществ в донных отложениях поверхностных водных объектов (на примере нефти)»; установление для ХМАО-Югры регионального норматива предельно-допустимого уровня нефтепродуктов в песчано-илистых ДО ($ПДУ_{ДО}$); разработка дифференцированных нормативов допустимого остаточного содержания нефти и НП в ДО после проведения восстановительных работ ($ДОСН_{ДО}$).

Дифференциация типа ДО осуществлена по содержанию в них органических веществ (по потере при прокаливании): до 10% – минеральные, от 10 до 60% – смешанные, свыше 60% – органогенные. Дифференциация нормирования учитывает селективность к НП аналитических методов ИК-фотометрии и флуориметрии, измеряющих суммарное количество углеводородов.

Объединив результаты многолетних исследований (1972-2017 гг.) на реках и озерах, лабораторное и натурное моделирование нефтяного загрязнения на разных уровнях организации биосистем представителей всех звеньев трофической цепи: продуценты-консументы-редуценты, мы установили градации токсических эффектов:

Звено	ЛК, г/кг	ЭК, г/кг	ПК, г/кг	МДК, г/кг
Лабораторные эксперименты с представителями всех звеньев трофической цепи				
Концентрация НП, г/кг: диапазон средняя величина **Уровень воздействия**	0,06-62,5 34,3 **критический**	0,12-30,0 4,75 **экстремальный**	0,03-0,90 0,24 **умеренный**	0,021-0,30 0,06 **слабый**
Река Ватинский Еган, хронически загрязняемая нефтью				
концентрация НП (г/кг) число видов **Уровень воздействия**	31,6-69,7 8-5 **критический**	4,2-16,4 12-10 **экстремальный**	0,13-0,14 19-22 **умеренный**	0,02-0,03 34 **слабый**
Мезокосмы с дозированным внесением нефти (на чистой реке)				
концентрация НП (г/кг) число видов **Уровень воздействия**	5,0-10,0 24 **критический**	0,5-1,0 31 **экстремальный**	0,05-0,15 38 **умеренный**	0,012-0,028 47-45 **слабый**

Примечание: ЛК – летальные, ЭК – эффективные, ПК – пороговые, МДК – максимально допустимые концентрации

Результаты натурного моделирования и исследований на хронически загрязненных водных объектах совпали по градациям воздействия на биоту с данными лабораторных экспериментов.

Выводы:

1. ПДУ$_{ДО}$ нефти и нефтепродуктов – 0,02 г/кг установлена в соответствии с минимальными значениями величин МДК;
2. Величина ДОСН$_{ДО}$ для минеральных и органогенных ДО совпадает с пороговой границей токсичности для разных уровней организации гидробионтов при лабораторном и натурном моделировании и соответствует верхней границе фоновых концентраций нефтепродуктов, характерных для 90 – 95% исследованных озер на территории ХМАО-Югры, а также коррелирует с таксономическим разнообразием бентосного сообщества фоновых озер;
3. Предложены нормативы ДОСН$_{ДО}$: для органогенных ДО – 1,0 г/кг (метод флуориметрии) или 4,0 г/кг (метод ИК-фотометрии) с учетом природных углеводородов; для минеральных ДО – 0,2 г/кг при обоих методах контроля.

Mincheva E.V.[1], Volkova E.A.[1], Peretolchina T.E.[1], Triboy T.I.[1], Enuschenko I.V.[1], Romanova E.V.[1], Bukin Yu.S.[1], Scherbakov D.Yu.[1, 2], Fedotov A.P.[1]

GENETIC DIVERSITY OF *SPIROGYRA* IN LAKE BAIKAL

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Irkutsk State University
mincheva@lin.irk.ru

Since 2011, massive blooms of filamentous green algae, mainly of the genus *Spirogyra*, are observed in Lake Baikal. The species identification of *Spirogyra* species based on the morphological characteristics is difficult, as it requires fertile specimens. In addition, *Spirogyra* species demonstrate high phenotypic plasticity of vegetative filaments (morphotypes), varying by type of the replicate walls, cell length/width, and the number of chloroplast, related to the microhabitat features (the physical and chemical parameters of the water resource). Therefore, molecular approaches have been used to clarify taxonomic position and phylogenetic relationships of Baikal *Spirogyra* specimens.

Samples were collected around the perimeter of Lake Baikal (especially in areas with high anthropogenic impact) during the summer period in 2016–2017. DNA was isolated by a modified procedure of Doyle and Dickson (1987) from individual sterile strands. A fragment of the chloroplast gene rbcL was used as molecular phylogenetic marker and amplified with external primers rbcLM 28F and rbcLM 1390R (McManus, Lewis, 2011) and internal primers: Spir_rbcL_1340R: 5’-CTAACTCAGGACTCCATTTG-3’, Spir_rbcL_360F: 5’-CACTTCGAGCTTTACGTTTAG-3’, developed by Romanova E.V. for this study.

Phylogenetic tree based on rbcL sequences was produced using PHYML under GTR+I+G model (the best fit model of molecular evolution chosen with jModelTest). Bootstrap values were calculated from 1000 replicates.

Phylogenetic analysis revealed 12 species-level distinctive OTUs of *Spirogyra*. Specimens close to *S. parvula*, *S. weberi*, *S. grevilleana* and *S. croasdaleae*, were indicated in different areas of Lake Baikal. *S. varians*, was detected in Frolikha Bay and Cape Elokhin. The remaining OTUs form highly bootstrap supported (≥ 85%) separate clades, which are far from the all available in GenBank species of the genus *Spirogyra*. The most common morphotype from Lake Baikal possessing condensed chloroplast, clusters together with *Spirogyra* sp. JH0941 and falls into the clade I following Stancheva et al. (2013). This clade mainly comprises species with single chloroplast and replicate transverse walls, with at least one exception for *S. californica* possessing 4-5 chloroplasts. Thus, different morphotypes can be genetically similar and share the same clade on the phylogenetic tree.

This work was supported by budget projects of the Federal Agency of Scientific Organizations Nos. 0345-2016-0004 and 0345-2016-0006.

Mitrofanova E.Yu.

ALGAE AS ONE OF THE ELEMENTS OF ECOSYSTEM STABILITY IN DEEP OLIGOTROPHIC RESERVOIR (LAKE TELETSKOYE, ALTAI, AS A CASE OF STUDY)

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, 1, Molodezhnaya St., Barnaul 656038, Russia
emit@iwep.ru

The scientific interest to the assessment of the stability and variability of natural ecosystems at different hierarchical levels aroused in the late 1960s - early 1970s due to the rapid development of mathematical ecology and the need to obtain the quantitative estimates of ecosystem load, the excess of which can lead to its destruction (Dmitriev, Ogurtsov, 2012). The resistance to the change in parameters of natural and anthropogenic regimes along with the optimal production and biomass of the resource link, maximum species diversity, high water quality, low rate of pollution, acidification, eutrophication, high rate of self-purification, and the ability to survive for an indefinite time are the main features for an integrated assessment of the ecological wellbeing of lakes (Dmitriev et al., 2016). In the opinion of many authors, the resistance of water bodies to the change of natural parameters depends, first of all, on the waterbody morphometry, the physical, geographical and climatic conditions, and the hydrological regime. At the same time, the most stable are the largest and (or) highly productive waterbodies that are in optimal conditions for the formation of water content and large and (or) highly polluted water bodies that are in optimal conditions for water quality formation (Primak, 2008).

In this connection, it is of great interest to assess the stability of undisturbed aquatic ecosystems, or standard ones. Lake Teletskoye is one of such water objects, located in Altai Mountains in the south of Western Siberia. A large volume of water mass (41.1 km^3), a significant depth (maximum 323.3 m, average 174 m) and a huge catchment area of the lake, exceeding the area of the water mirror (220 km^2, Selegei, Selegei, 2001) 91 times and providing rapid water exchange (5.3-5.6 years, Kalugin et al., 2000), are favorable prerequisites for maintaining the stability of this reservoir for a long time. Algae of plankton, benthos and periphyton, being the primary producers in the lake ecosystem, are the

most important element of it. Analysis of the phytoplankton composition and abundance from 1989 to 2016 (Mitrofanova, 2018), the number of diatom frustules and stomatocysts of chrysophycean algae in the bottom sediments for the last 2000 years or more (Mitrofanova et al., 2016) showed with a high probability, that the Lake Teletskoye ecosystem is stable. A slight increase of anthropogenic load in the northern latitudinal part of the reservoir during the past decades had no real impact on the lake ecosystem in whole because of the occurrence of the pelagic zone, which constitutes the greater part of the water area and the directed water flow with possible pollutants into the Biya River, flowing in the north-west of the lake

Митрофанова Е.Ю.

ВОДОРОСЛИ КАК ОДИН ИЗ ЭЛЕМЕНТОВ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОСИСТЕМЫ ГЛУБОКОГО ОЛИГОТРОФНОГО ВОДОЕМА (НА ПРИМЕРЕ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА, АЛТАЙ)

Институт водных и экологических проблем СО РАН,
д.1, ул. Молодежная, г. Барнаул 656038, Россия
emit@iwep.ru

Научный интерес к проблеме оценки устойчивости и изменчивости природных экосистем различных уровней иерархии сформировался в конце 1960-х – начале 1970-х гг. в связи с бурным развитием математической экологии и необходимостью получения количественных оценок нагрузок на экосистемы, превышение которых может привести к их разрушению (Дмитриев, Огурцов, 2012). Устойчивость к изменению параметров естественного и антропогенного режимов наряду с оптимальной продукцией и биомассой ресурсного звена; максимального видового разнообразие биоты; высокого качества воды; низкой скорости загрязнения, закисления, эвтрофирования; высокой скорости самоочищения; способности сохраняться реально неограниченное время являются основными признаками для интегральной оценки экологического благополучия озер (Дмитриев и др., 2016). По мнению многих авторов, устойчивость водных объектов к изменению параметров естественного режима определяется, в первую очередь, морфометрическими особенностями водного объекта, физико-географическими и климатическими условиями, гидрологическим режимом. При этом наиболее высокой устойчивостью обладают крупные и (или) высокопродуктивные водные объекты, находящиеся в оптимальных условиях формирования водности и крупные и (или) сильно загрязненные водные объекты, находящиеся в оптимальных условиях формирования качества воды (Примак, 2008).

В этой связи большой интерес представляет оценка устойчивости ненарушенных водных экосистем, или эталонных. К таким водным объектам относится Телецкое озеро, расположенное в горах Алтая на юге Западной Сибири. Большой объем водной массы (41,1 км^3), значительная глубина (максимальная 323,3 м, средняя 174 м) и огромная площадь водосборного бассейна озера, превышающей площадь водного зеркала (220 км^2, Selegei, Selegei, 2001) в 91 раз и обеспечивающей быстрый водообмен (5,3-5,6 лет, Калугин и др., 2000), являются благоприятными предпосылками для поддержания устойчивости данного водоема на протяжении долгого времени. Водоросли планктона, бентоса и перифитона, являясь первичными продуцентами в экосистеме водоема, являются наиболее важным ее элементом. Анализ состава и обилия современного фитопланктона за период с 1989 по 2016 гг. (Митрофанова, 2018), количества створок диатомовых водорослей и стоматоцист золотистых в донных отложениях за последние 2000 лет (Митрофанова и др., 2016) показал с большой вероятностью, что экосистема Телецкого озера находится в устойчивом состоянии. Незначительное увеличение в последние десятилетия антропогенной нагрузки в северной широтной части водоема не оказывает значительного влияния на экосистему озера в целом ввиду сохранения пелагиали, составляющей большую часть акватории, и направленного стока воды с возможными загрязнителями в р. Бию, вытекающей на северо-западе озера.

Mitrofanova E.Yu.

MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF *AULACOSEIRA GRANULATA* (EHR.) SIM. (BACILLARIOPHYTA) IN VARIOUS WATERBODIES OF WESTERN SIBERIA

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, 1, Molodezhnaya St., Barnaul 656038, Russia
emit@iwep.ru

A centric diatom algae *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim. is widespread in freshwater bodies all over the world; it inhabits mainly meso- and eutrophic waters of temperate latitudes and tropics, and is an indicator of eutrophication of water bodies (Wang et al., 2009). This species is characterized by considerable morphological variability – the diameter of its frustules can vary from 2 to 21 μm (Diatom algae .., 1992). It is noted that the abundance of this species directly correlates with the water temperature (O'Farrell et al., 2001). In the culture, *A. granulata* ceases its growth and development at a temperature of +8°C, and grows well and multiplies at a temperature of +32°C (Tsukada et al., 2006). In water bodies with a lower water temperature and nutrient content, it occurs sporadically, is not abundant and small. Thus, in Lake Teletskoye pelagic phytoplankton *A. granulata* with average volume of cells 929.5±24.7 μm^3 was met in 1997 and 2000, its form *A. granulata* var. *angustissima* (Mül.) Sim. – 266.6±7.8 μm^3 and 1996-1998, respectively. This species with not large linear sizes of its frustules was observed in bottom sediments of 24 lakes in Lake Michigan basin. It was noted that the key factors influencing the variability of the species morphotypes were the changes in the trophic status of the lakes under study (Manoylov et al., 2009) and the content of total phosphorus, which is especially important for diatoms (Aktan et al., 2009). In the Ob River, *A. granulata* was observed along its entire length from the Upper to Lower Ob; its average volume of cells was 1372.2±159.7 μm^3. In the eutrophic reservoir-cooler of Belovskaya HPP with high water temperature both in summer and winter (data for 2001-2002 and 2006), *A. granulata* was met constantly and its average volume reached 585.2±177.6 μm. The studies show that the modern diatoms are

much smaller than those in the reservoir phytoplankton in the middle of the twentieth century. Similar observations were performed in the Tsimlyansk reservoir on the Don River (Genkal, Golokolenova, 2008). Thus, the revealed morphological variability of *A. granulata* in various waterbodies of Western Siberia (cold, moderately warmed and heated) can serve as an indicator of the trophicity of rivers, lakes and reservoirs under investigation.

Митрофанова Е.Ю.

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ *AULACOSEIRA GRANULATA* (EHR.) SIM. (BACILLARIOPHYTA) В РАЗЛИЧНЫХ ВОДОЕМАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Институт водных и экологических проблем СО РАН, д.1, ул. Молодежная, г. Барнаул 656038, Россия
emit@iwep.ru

Aulacoseira granulata (Ehr.) Sim., центрическая диатомовая водоросль, широко распространена в пресноводных водоемах по всему миру, обитает преимущественно в мезо- и эвтрофных водоемах умеренных широт и тропиков, является индикатором эвтрофирования водных объектов (Wang et al., 2009). Для этого вида характерна сильная морфологическая изменчивость – диаметр ее створок может варьировать от 2 до 21 мкм (Диатомовые водоросли.., 1992). Отмечают, что численность этого вида напрямую коррелирует с температурой воды (O'Farrell et al., 2001). В культуре *A. granulata* прекращает свой рост и развитие при температуре +8°С и хорошо вегетирует и размножается при температуре +32°С (Tsukada et al., 2006). В водоемах с более низкой температурой воды и содержанием биогенов она встречается эпизодически, немногочисленна и имеет небольшие размеры. Так, в пелагическом фитопланктоне Телецкого озера за период исследования с 1989 по 2016 гг. *A. granulata* со средним объемом клеток 929,5±24,7 мкм^3 была встречена в 1997 и 2000 гг., ее разновидность, *A. granulate* var. *angustissima* (Mül.) Sim. – 266,6±7,8 мкм^3 и 1996-1998 гг., соответственно. Этот вид с небольшими линейными размерами был отмечен в донных отложениях 24 озер в бассейне оз. Мичиган. Авторы отмечали, что основными факторами, влияющими на изменчивость морфотипов данного вида, являются изменения в трофическом статусе исследованных озер (Manoylov et al., 2009), причем особенно важным для диатомей является содержание общего фосфора (Aktan et al., 2009). В реке Обь *A. granulata* отмечали по всей ее длине от участков Верхней до Нижней Оби, средний объем клеток составил 1372,2±159,7 мкм^3, у ее разновидности *A. granulate* var. *angustissima* – 147,7±20,9 мкм^3. В эвтрофном водоеме-охладителе Беловской ГЭС с повышенной температурой воды, как в летний, так и зимний периоды (данные 2001-2002 и 2006 гг.) *A. granulata* встречалась постоянно, и средний объем ее клеток был 585,2±177,6 мкм^3. Отмечают, что современные диатомеи оказываются значительно мельче, чем таковые в фитопланктоне водохранилищ в середине XX века. Подобное наблюдали и в Цимлянском водохранилище на р. Дон (Генкал, Голоколенова, 2008). Таким образом, выявленная морфологическая изменчивость *A. granulata* в различных водоемах Западной Сибири (холодных, умеренно прогреваемых и подогреваемых) может служить индикатором трофности исследуемых рек, озер и водохранилищ.

Mizandrontsev I.B.[1], Kozlov V.V.[2], Ivanov V.G.[1], Kucher K.M.[1], Granin N.G.[1]

MEASURING OF THE DISSOLVED METHANE NANOCONCENTRATION IN WATER COLUMN OF LAKE BAIKAL

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]V.M. Matrosov Institute of System Dynamics and Control Theory SB RAS, 134, Lermontov Str., 664033 Irkutsk, Russia

To determine dissolved in the water methane by gas chromatography method, limnologists and oceanologists use in oceanological practice static vapor phase balance approach (static headspace analysis) (Bol'shakov, Yegorov, 1987; Yegorov, Zemskaya, Grachev, 2005; Vereshchagina, Korovitskaya, Mishukova, 2013), which, in difference from vacuum degassing method (Obzhirov, 1985), does not require complete extraction of the studied gas from condensed phase (Vitenberg, 2003).

The procedure of static headspace analysis includes a single extraction of the studied gas from a condensed phase into gas one with subsequent determination of its concentration by gas chromatography (Vitenberg, 2003). A phase balance is established in a closed system consisting initially of diluted water solution of atmospheric gases mixture and a neutral gas phase. The initial content of the studied gas in a water solution is calculated using a basic formula of vapor phase analysis (Vitenberg, Ioffe, 1982):

$$C_w^0 = C_g (K + V_g / V_w) \ , \qquad (1)$$

where C_w^0 is initial concentration of determined gas in the condensed phase, C_g is its concentration in the gas phase, $K = C_w / C_g$ is the coefficient of concentration distribution by phases, V_g and V_w are volumes of gas and water phases, respectively. The formula (1) is correct at a constant ratio of volumes and coefficient of distribution *K*, at observation of isothermal conditions, at non-variable total pressure *P* in the system and mode of choice of a standard state.

As it follows from our experiments, *during establishment of phase balance* in a closed hetetogenous system of dry neutral gas and water solution of gases mixture, at T = const and $V_g / V_w = const$, due to gases exchange between phases, total pressure *P* changes. This change is registered by a special instrument developed in the Laboratory of Hydrology and Hydrophysics of LIN of RAS SB. Ignoring of pressure change results in errors while calculating using the formula (1) due to violation of mass conservation law, as change of

P in the system results in coupled changes in its parameters (Vitenberg, Marinichev, 1985).

We developed a modification of the method of statistic headspace method with chromatographic determination of nanoconcentrations of methane dissolved in the water. It differs from the existing variations of this method by the fact that in a closed heterogenous system gas – water solution of gases mixture, we perform additionally a direct measurement of initial and final (at established balance) value of total pressure as well as initial and final temperature.

The calculation of methane concentration in the water C_0 [nl CH_4/ l H_2O] reduced to normal conditions was done by the formula (2), following from the mass conservation law of methane in a closed system, gases mixture state equation by Mendeleev-Clapeyron, dilution equation by Bunsen for methane, Henry and Dalton laws:

$$C_0 = \frac{10^9 V_g}{V_w}\left[\left(\frac{p_{gT}}{p_0}\right)\cdot\alpha\frac{V_w}{V_g} + \left(\frac{p_{gT}}{p_0}\right)\cdot\frac{T_0}{T} - \left(\frac{p^{н}_{gT}}{p_0}\right)\frac{T_0}{T_{н}}\right] \qquad (2)$$

where V_w is water phase volume [л]; V_g is gas phase volume, [л] ;10^9 is coefficient with values [nl CH_4/ l CH_4] ; p_{gT} is partial pressure [atm] of methane in gas phase at temperature T [ºK] of a heterogenous system in a balanced state, α is the value of Bunsen coefficient of absorbtion [l CH_4 /l H_2O] for methane at temperature T [ºK], $p^{н}_{gT}$ is initial partial pressure [atm] of methane in a gas phase (at the moment of its formation) at temperature $T_{н}$ [ºK], p_0 = 1 [atm] and T_0 = 273.15 [ºK] are normal conditions for gases by pressure and absolute temperature, respectively. For 1 mol of gas $p_0 = RT_0 / V_0$, universal gas constant R=0.082056 [atm·l/(mol·ºK)]

Partial pressure of methane in a gas phase [by Wiesenburg and Guinasso, 1979] is $p_{gT} = n_g(P - hp_{wp}/100)$, where n_g is molar (volume) part of methane in the gas phase determined using gas chromatography; P is total pressure in the gas phase measured by an instrument, p_{wp} is pressure of saturated water vapor; h is humidity of the gas phase, which is equal at established balance to 100%.

The accuracy of gas chromatography determination of dissolved methane nanoconcentration by the proposed method is ± 5%. The ratios of concentrations values measured simultaneously by statistic headspace method and vacuum degassing are 1.17-1.22.

The values of dissolved methane background concentrations characteristic for main area of Lake Baikal water column are 10 – 400 nl CH_4/l. This is below the values determined by a standard method (Boeva, Tambieva, Mikhaylenko, 2012).

Мизандронцев И.Б.[1], Козлов В.В.[2], Иванов В.Г.[1], Кучер К.М.[1], Гранин Н.Г.[1]

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАНОКОНЦЕНТРАЦИЙ РАСТВОРЕННОГО МЕТАНА В ВОДНОЙ ТОЛЩЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, Иркутск, Лермонтова, 134

В лимнологической и океанологической практике для газохроматографического определения растворенного в воде метана применяется метод статического парофазного равновесия (static headspace analysis) (Большаков, Егоров, 1987; Егоров и др., 2005; Vereshchagina et al., 2013), не требующий, в отличие от метода вакуумной дегазации (Обжиров, 1985), полноты выделения исследуемого газа из конденсированной фазы (Витенберг, 2003).

Процедура статического равновесного парофазного анализа заключается в однократной экстракции исследуемого газа из конденсированной фазы в газовую фазу с последующим газохроматографическим определением его концентрации (Витенберг, 2003). В закрытой системе, исходно состоящей из разбавленного водного раствора смеси атмосферных газов и нейтральной газовой фазы, устанавливается фазовое равновесие. Начальное содержание исследуемого газа в водном растворе рассчитывается по основной формуле прямого парофазного анализа (Витенберг, Иоффе, 1982):

$$C_w^0 = C_g(K + V_g/V_w) \ , \qquad (1)$$

где C_w^0 - исходная концентрация определяемого газа в конденсированной фазе, C_g - его концентрация в газовой фазе, $K = C_w/C_g$ - коэффициент распределения концентраций по фазам, V_g и V_w - объемы газовой и водной фаз, соответственно. Формула (1) справедлива при постоянном соотношении объемов и коэффициенте распределения *K*, соблюдении изотермических условий, неизменного общего давления *P* в системе и способа выбора стандартного состояния.

Как следует из наших экспериментов, ***в ходе установления фазового равновесия*** в закрытой гетерогенной системе из сухого нейтрального газа и водного раствора смеси газов при *T* = const и

$V_g / V_w = const$ вследствие газообмена между фазами происходит изменение общего давления *P*, что регистрируется специальным прибором, разработанным в лаборатории гидрологии и гидрофизики ЛИН СО РАН. Игнорирование изменения давления приводит к ошибкам при расчете по формуле (1) вследствие нарушения закона сохранения массы, поскольку изменение P в системе влечет за собой сопряженные изменения ее параметров (Витенберг, Мариничев, 1985).

Разработанная нами модификация метода парофазного равновесия с хроматографическим определением наноконцентраций растворенного в воде метана отличается от существующих вариантов данного метода тем, что в закрытой гетерогенной системе газ – водный раствор смеси газов дополнительно проводится прямое измерение начального и конечного (при установившемся равновесии) значения общего давления, а также начальной и конечной температуры.

Расчет концентрации метана в воде C_0 [нл CH_4/ л H_2O], приведенной к нормальным условиям, проводился по формуле (2), следующей из закона сохранения массы метана в закрытой системе, уравнения состояния газовой смеси Менделеева-Клапейрона, уравнения растворимости Бунзена для метана, законов Генри и Дальтона:

$$C_0 = \frac{10^9 V_g}{V_w}\left[\left(\frac{p_{gT}}{p_0}\right)\cdot\alpha\frac{V_w}{V_g} + \left(\frac{p_{gT}}{p_0}\right)\cdot\frac{T_0}{T} - \left(\frac{p^{н}_{gT}}{p_0}\right)\frac{T_0}{T_н}\right] \qquad (2)$$

где V_w – объем водной фазы, [л]; V_g - объем газовой фазы, [л]; 10^9 – коэффициент с размерностью [нл CH_4/ л CH_4]; p_{gT} - парциальное давление [атм] метана в газовой фазе при температуре *T* [ºK] гетерогенной системы в равновесном состоянии, α - значение коэффициента абсорбции Бунзена [л CH_4 /л H_2O] для метана при температуре *T* [ºK], $p^{н}_{gT}$ - начальное парциальное давление [атм] метана в газовой фазе (в момент ее формирования) при температуре $T_н$ [ºK], p_0 = 1 [атм]и T_0 = 273.15 [ºK] – нормальные условия для газов по давлению и абсолютной температуре, соответственно. Для 1 моля газа $p_0 = RT_0 / V_0$, универсальная газовая постоянная R=0.082056 [атм·л/(моль·ºK)]

Парциальное давление метана в газовой фазе (по Wiesenburg, Guinasso, 1979) равно $p_{gT} = n_g(P - hp_{wp}/100)$, где n_g - мольная (объемная) доля метана в газовой фазе, определяемая с помощью газового хроматографа; P – общее давление в газовой фазе, измеряемое прибором, p_{wp} - давление насыщенного водяного пара; *h* – влажность газовой фазы, равная при установившемся равновесии 100%. Точность газохроматографического определения наноконцентраций растворенного метана предлагаемым методом составляет ± 5%. Отношение величин концентраций, измеренных параллельно методом парофазного равновесия и вакуумной дегазацией, равно 1.17-1.22. Характерные для основной части водной толщи Байкала значения фоновых концентраций растворенного метана составляют 10-400 нл CH_4/л, что ниже величин, определяемых по стандартизованной методике (Боева и др., 2012).

Molkova A.A., Ryadinskaya N.I.

EXTRAORGANIC ARTERIAL NETWORK OF THE ADRENAL GLANDS IN THE BAIKAL SEAL

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky
664038, Irkutsk region, Irkutsk District, pos. Molodezhny 1/1
molkova-1980@rambler.ru; ryadinskaya.nina@mail.ru

Adrenal glands of the Baikal seal are paired glands of pink color; they are located asymmetrically, cranial to the kidneys in the lumbar region. Blood supply to the adrenal glands is carried out by numerous arteries, which differ significantly in the number, length, and location of blood vessels.

Молькова А.А., Рядинская Н.И.

ЭКСТРАОРГАННОЕ АРТЕРИАЛЬНОЕ РУСЛО НАДПОЧЕЧНИКОВ БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ

ФГБОУ ВОИркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского
664038, Иркутская область, Иркутский район, поселок Молодежный 1/1
molkova-1980@rambler.ru; ryadinskaya.nina@mail.ru

Материалом для исследования артериального русла надпочечников байкальской нерпы были тушки животных (n=3) в возрасте 1 года (неполовозрелые) с предварительной инъекцией монтажной противопожарной пеной «Invamat»по методу Н.И. Рядинской (2011) и монтажной строительной пеной «Макрофлекс» по методу Ю.М. Малофеева (2000).

В результате наших исследований установлено, что надпочечники байкальской нерпы – парные железы розового цвета, располагаются ассиметрично, краниально от почек, в поясничной области мезогастрия на уровне 1-2 поясничного позвонка: правый – на уровне первого, а левый – на уровне второго позвонка. Каж-

дый надпочечник имеет краниальный, каудальный, медиальный и латеральный края. Нами отмечено, что латеральный край надпочечника находится на линии медиального края почки. Медиальный край надпочечника граничит с аортой, краниальный край – с ножками диафрагмы. Выявлена асимметрия не только в топографии, но и в форме, в промерах и абсолютной массе органа. Форма каждого надпочечника продолговато-вытянутая с неровными краями, встречается в виде овала, прямоугольника или ромба. Левый надпочечник массой 0,76±0,01 г, длиной 20,2±0,09 мм, шириной 11,4±0,21 мм, толщиной 4,9±0,15 мм; а масса правого надпочечника 0,72±0,03 г, длина 17,5±0,06 мм, ширина 10,5±0,18 мм, толщина 3,2±0,12 мм. Кровоснабжение надпочечников осуществляется многочисленными артериями, которые отходят ассиметричноот брюшной аорты, диаметром 15,4±0,26 мм. Каждый надпочечник получает кровь из четырех надпочечниковых артерий, три из которых (краниальная, средняя и каудальная) отходят от брюшной аорты и одна от почечной артерии.

Надпочечниковые артерии, идущие в правый надпочечник, располагаются на близком расстоянии друг от друга (от 0,1 мм между средней и краниальной до 4,2 мм между средней и каудальной). Краниальная надпочечниковая артерия правого надпочечника, диаметром 1,1±0,03 мм, отходит первым сосудом от основания краниальной брыжеечной артерии на расстоянии 8,8±0,18 мм, далее через 7,8±0,15 мм разветвляется на две ветви, диаметром 0,9±0,03 мм, которые входят в паренхиму каудальной части органа и анастомозируют с ветвями надпочечниковой артерии, диаметром 1,0±0,07 мм, длиной 26,1±0,12 мм, отходящей под прямым углом от правой почечной артерии, диаметром 4,6±0,26 мм. Следующим сосудом является средняя надпочечниковая артерия правого надпочечника, диаметром 1,5±0,15 мм, которая отходит от основания краниальной брыжеечной артерии на расстоянии 8,1±0,15 мм. Через 3,7±0,17 мм она образует пучок из трех ветвей, диаметром 1,0±0,06; 1,1±0,06 и 1,1±0,06 мм, длиной 21,7±0,96; 12,8±0,26 и 17,1±0,23 мм соответственно, и разветвляется в паренхиме краниальной и средней частей надпочечника на мелкие сосуды. Каудальная надпочечниковая артерия правого надпочечника, диаметром 0,8±0,06 мм и длиной 30,7±0,33мм, находится на расстоянии 12,8±0,75 мм от краниальной брыжеечной артерии. Артерия образует дугу и входит в паренхиму органа вместе с ветвями средней надпочечниковой артерии.

В левый надпочечник краниальная надпочечниковая артерия, диаметром 1,8±0,03 мм и длиной 30,9±0,24 мм, отходит от латеральной поверхности брюшной аорты между чревной и краниальной брыжеечной артериями. Далее она на расстоянии 8,3±0,50 мм разветвляется на две, диаметр которых 0,6±0,06 и 0,7±0,03 мм и входит в паренхиму краниальной части органа, разветвляясь на интраорганные артерии. Средняя надпочечниковая артерия левого надпочечника, диаметром 1,0±0,06 мм является следующим сосудом, она отходит от каудального основания краниальной брыжеечной артерии на расстоянии 5,8±0,12 мм. Расстояние между левыми краниальной и средней надпочечниковыми артериями составляет 11,3±0,36 мм. Каудальная надпочечниковая артерия левого надпочечника, диаметром 0,7±0,03 мм на расстоянии 2,2±0,06 мм от основания места отхождения, образует пучок из трех ветвей. Расстояние между каудальной и средней надпочениковыми артериями составляет 4,1±0,03 мм, а от каудального края краниальной брыжеечной – 9,0±0,15 мм. От левой почечной артерии, диаметром 4,8±0,03 мм на расстоянии 7,8±0,15мм от аорты также под углом 90° отходит одна надпочечниковая артерия диаметром 1,1±0,03 мм и длиной 2,5±021мм. Таким образом, в экстраорганном артериальном русле надпочечников байкальской нерпы имеются значительные индивидуальные различия в количестве, длине и месте отхождения кровеносных сосудов.

Molozhnikova Ye.V., Netsvetaeva O.G., Golobokova L.P., Khodzher T.V.

ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS IN THE TERRITORY OF THE BAIKAL STATE NATURAL BIOSPHERE RESERVE

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
yelena@lin.irk.ru

To study the nature and extent of the transport of pollutants in 2017, a study was made of atmospheric aerosol, gaseous impurities, atmospheric precipitation, snow cover in the territory of the Baikal State Natural Biosphere Reserve. The results indicate that there is a strong acidification of atmospheric deposition and the subsequent possible impact on surrounding landscapes.

Моложникова Е.В., Нецветаева О.Г., Голобокова Л.П., Ходжер Т.В.

АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БАЙКАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
yelena@lin.irk.ru

Промышленные центры являются мощными источниками выбросов загрязняющих веществ, которые в результате многолетних локальных и глобальных выпадений нередко формируют значительные по размерам техногенные поля с высоким содержанием широкого спектра токсикантов в объектах окружающей среды. Основными источниками атмосферных выбросов в крупных городах региона являются ТЭЦ. С учетом нагрева исходящих газов высота подъема факела может достигать более 500 м. Поскольку в Прибайкалье в 60% случаях преобладают северо-западные ветра, то можно ожидать, что часть атмосферных выбросов Иркутско-Черемховской промышленной зоны могут достигать побережья Южного Байкала.

Для оценки переноса примесей на Южный Байкал от основных городов-источников атмосферных выбросов, расположенных в Экологической Зоне атмосферного влияния и их накоплении на подстилающей поверхности, проведены наблюдения за составом малых газовых примесей, атмосферных осадков (АО), атмосферного аэрозоля (АА) и снежного покрова на территории Байкальского государственного природного биосферного заповедника, расположенного на пути основного переноса примесей от промышленных объектов региона. Значи-

мость работы обусловлена необходимостью изучения состояния окружающей среды Байкальской природной территории, подверженной переносу загрязняющих примесей через атмосферный канал из промышленных центров Иркутской области. Целью работы было изучить химический состав атмосферных выпадений и возможность распространения антропогенных примесей от основных городов-источников атмосферных выбросов, расположенных в Экологической Зоне атмосферного влияния, на атмосферу Южного Байкала.

Для оценки пространственного распределения химических компонентов в снежном покрове было отобрано 9 проб снега в районе бассейнов рек Левая Мишиха, Переемная, Выдринная (Байкальский государственный природный биосферного заповедник - Республика Бурятия). Для изучения характера и масштабов переноса в загрязняющих веществ в теплый период на станции кольцевания птиц "Байкальская" с мая по октябрь 2017 г. было отобрано 13 проб атмосферных осадков, проведено исследование атмосферного аэрозоля и газообразных примесей.

Исследование газообразных примесей показало, что преобладающими в атмосфере станции "Байкальская" были газообразный хлористый водород (HCl) и аммиак (NH_3). Поскольку отбор проб происходил в летний период, диоксид серы (SO_2) в атмосфере заповедника не являлся преобладающей газообразной примесью. Содержание диоксида серы было наиболее высоким в начальный период отбора проб (30.05.17-19.07.17). Проведенные расчеты на модели HYSPLIT (Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model) показали, что в указанный период преобладал перенос воздушных масс от промышленных центров Иркутской области.

Ионный состав растворимой фракции аэрозоля в целом был не типичен для приводной атмосферы Южного Байкала на химический состав которого оказала влияние окружающая станцию растительность. Суммарное содержание ионов в атмосферном аэрозоле на станции "Байкальская" изменялось незначительно от 0,22 до 0,36 мкг/м^3.

Данные наблюдений за химическим составом атмосферных осадков и снежного покрова на территории Байкальского государственного природного биосферного заповедника в 2017 году, свидетельствуют о низком суммарном содержании ионов: средняя минерализация в снеге составила 2,8 мг/дм^3, средняя минерализация в атмосферных осадках составила 4,2 мг/дм^3.

Основными компонентами ионного состава были сульфаты (снежный покров 1,19 мг/дм^3, АО 2,1 мг/дм^3), нитраты (снежный покров 1,26 мг/дм^3, АО 0,74 мг/дм^3) и ионы водорода, что способствовало повышению кислотность атмосферных выпадений. Это повышение зафиксировано в 77% проб дождей и в 44% проб снежного покрова, где значения величины pH были ниже <5. Что говорит о сильном подкислении атмосферных выпадений и последующем возможном их влиянии на окружающие ландшафты. Для всех дней с осадками были проведены расчеты с помощью модели обратных траекторий HYSPLIT. Получено, что наиболее кислые осадки были принесены воздушными массами, сформировавшимися над промышленными центрами Иркутской области. Однако малое количество отобранных проб не позволяет делать статистически обоснованные выводы о масштабе влиянии промышленных центров Прибайкалья на загрязнение атмосферы в районе заповедника. Поэтому для уточнения полученных результатов планируется продолжить исследования.

Работа выполнена по теме государственного задания ЛИН СО РАН №0345–2016–0008 “Оценка и прогноз экологического состояния …”.

Morozko A.V., Kolesov N.A.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS FAUNA OF PARASITES OF UKLEYKA (*ALBURNUS ALBURNUS* (L, 1758) AND DACE (*LEUCISCUS LEUCISCUS BAICALENSIS* (DYB) FROM TOM RIVER OF KEMEROVO REGION

NF FGBNU “Gosrybcentr”, Novosibirsk, Pisareva 1.

The article is compared the fauna of parasites of two fish species from the Tom River in the Kemerovo region: an aboriginal species (dace) and acclimatizing (ukleyka).

In recent years, the ukleyka is constantly present in the catches. This species of fish not only successfully entered the ichthyocenosis of the Tom River, but also integrated into the life cycle of parasitic organisms, as evidenced by the species composition of parasites similar to the dace, as well as the quantitative indicators of infection.

Морозко А.В., Колесов Н.А.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРАЗИТОФАУНЫ УКЛЕЙКИ (*ALBURNUS ALBURNUS* (L, 1758) И ЕЛЬЦА (*LEUCISCUS LEUCISCUS BAICALENSIS* (DYB) Р. ТОМЬ В ПРЕДЕЛАХ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

НФ ФГБНУ «Госрыбцентр», г. Новосибирск, Писарева 1
nagayka.88@mail.ru

Река Томь является одним из крупных правых притоков Оби. Длина реки 827 км, площадь водосбора 62 000 км^2 (Экология …, 2006; Исследование …, 2001). Ихтиофауна реки Томь Кемеровской области представлена местными туводными рыбами. Из акклиматизантов встречаются: лещ, судак и сазан, с 2000 г. в уловах встречается уклейка *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758) (Визер, 2007). Елец *Leuciscus leuciscus baicalensis* (Dyb.) является аборигенным видом, наиболее массово встречающимся в уловах (Визер, 2007). В последние годы уклейка постоянно присутствует в уловах в течение всего периода открытой воды (Колесов и др., 2016).

Целью работы было сравнить видовой состав паразитов аборигенного вида и вида-вселенца.

Отбор материала для изучения проводился в сентябре 2017 г. из р.Томь на участке Кемеровской области в районе г. Мыски. Было изучено методом полного паталогоанатомического вскрытия 33

экземпляра рыб двух видов (елец и уклейка). При сборе материалов и их обработке были использованы общепринятые методики (Быховская-Павловская, 1985; Правдин, 1966). У обоих видов рыб обнаружены два вида паразитов относящихся к одной систематической группе – трематоды (*Tylodelphus clovata, Diplostomum spathaceum, l. (sensu lato))*, относящихся к глазным сосальщикам. Оценивая заражённость рыб, мы использовали показатели экстенсивности инвазии (Э.И.), интенсивности заражения (И.И.), индекс обилия (И.О.). Данные приведены в таблице.

Таблица. Заражённость ельца и уклёйки глазными сосальщиками.

Вид рыбы	Вид паразита	Локализация	Э. И, %	ИО	Интенсивность инвазии		
					min	max	среднее
Елец	*D. spathaceum*	Хрусталик глаза	83,3	22,8	3	85	44
	T. clovata	Стекловидное тело	20,8	1,1	2	4	3
Уклейка	*D. spathaceum*	Хрусталик глаза	44,4	2,7	3	12	8
	T. clovata	Стекловидное тело	22,2	0,9	3	5	4

Анализ таблицы показал разницу в количественных значениях показателей зараженности *D. spathaceum* между ельцом и уклейкой, что обуславливается, скорее всего, распределением данных видов в слоях воды. Показатель экстенсивности инвазии *D. spathaceum* уклейки составил более 40%, что свидетельствует не о единичном случайном заражении, а о постоянном присутствии паразита у популяции этих рыб. Невысокие показатели заражённости *T. clovata* по сравнению с *D. spathaceum* у обоих видов рыб характерны для водоёмов Западно-Сибирской зоны. Тем не менее, все количественные значения показателей заражённости *T. clovata* у ельца и уклейки сходны. Таким образом, уклейка не только успешно вошла в ихтиоценоз и заняла определённую экологическую нишу в р. Томь, но и интегрировалась в цикл жизни глазных сосальщиков Томи, о чём свидетельствует сходный с ельцом видовой состав паразитов, а также количественные значения показателей заражённости.

Morozov A.A.

INTRAGENIC DUPLICATIONS IN DIATOM *SYNEDRA ACUS* SUBSP. *RADIANS*

Limnological institute SB RAS, Irkutsk, Russia
morozov@lin.irk.ru

In earlier works, a diatom alga *Synedra acus* subsp. *radians* was shown to have silicon transporter genes that encode two or three copies of a corresponding protein within a single open reading frame. In most other diatoms this gene exists in a single copy per reading frame. A search for genes of a similar structure has shown that predicted proteins of *S. acus* subsp. *radians* contains 342 of them, or 1.25% of a total proteome. This value is above average for diatoms which, in turn, have more intragenic duplications than model eukaryotes.

Intragenic duplications appear to be randomly distributed in the proteome. GO enrichment analysis didn't recover any significantly enriched categories. It's important to note, though, that the set of dupliicated genes includes caspases. This protein family is interesting for two reasons: first, it is known to be activated via (auto)proteolysis. Second, it was earlier hypothesised to be involved in the activation of multiplicated *SIT*s.

To confirm that these genes aren't assembly artifacts, long random PacBio reads were aligned to the assembly. The gene was considered confirmed if at least one read included both copies of the protein domain. 238 genes were confirmed in this way. Transcriptomic assembly, on the other hand, contains only 11 unique multiplicated genes, not counting isoforms and paralogs.

This work was supported by the RFBR project 18-34-00441 “Verification and analysis of intragenic multiplications in diatom algae”.

Морозов А.А.

ВНУТРИГЕННЫЕ ДУПЛИКАЦИИ У ДИАТОМЕИ *SYNEDRA ACUS* SUBSP. *RADIANS*

Лимнологический Институт СО РАН, Иркутск, Россия
morozov@lin.irk.ru

В диатомовой водоросли *Synedra acus* subsp. *radians* ранее были описаны гены транспортера кремния *SIT*, в которых в единой рамке считывания представлены две или три копии соответствующего белка. В большинстве других диатомей этот ген существует в единственной копии. Поиск генов аналогичной структуры показал, что в геномной сборке их аннотировано 342, или 1,25% предсказанного протеома, что выше среднего даже по меркам диатомовых водорослей (которые, в свою очередь, имеют больше таких генов, чем ряд модельных эукариот).

Внутригенные мультипликации, по-видимому, распределены по геному случайно. Анализ категорий GO не позволил выявить достоверно обогащённых функциональных категорий. Важно отметить, что среди мультиплицированных генов представлены каспазы. Это семейство белков представляет интерес по двум причинам: во-первых, для него характерна активация путём (авто)протеолиза; во-вторых, ранее выдвигалась гипотеза, что каспазы или родственные им эндопептидазы могут быть вовлечены в активацию мультиплицированных белков SIT.

Для подтверждения того, что эти гены не являются артефактами сборки, на геномную сборку

были картированы длинные случайные прочтения, полученные на платформе PacBio. Ген считался подтверждённым, если хотя бы одно прочтение включает в себя оба повторяющихся элемента. Таким образом было подтверждено 238 генов. В транскриптомной сборке, с другой стороны, представлено всего 11 уникальных мультиплицированных генов, не считая гомологов и изоформ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Проекта РФФИ 18-34-00441 мол_а “Подтверждение и анализ внутригенных мультипликаций у диатомовых водорослей”.

Morozov A.A., Galachyants Yu.P

THE SEARCH FOR INCORRECTLY ASSEMBLED REPEATS IN *SYNEDRA ACUS* SUBSP. *RADIANS* GENOME

Limnological institute SB RAS, Irkutsk, Russia
morozov@lin.irk.ru

The distribution of *k*-mers in the reads from *S. acus* subsp. *radians* total DNA sequencing suggests that a published assembly contains significantly less repeats than it should. To perform an NGS-independent search for the repetitive regions that are represented by a single copy in the assembly, we have devised the following restriction-based approach. *S. acus* subsp. *radians* total DNA was processed by a range of restriction endonucleases; the same restriction was modeled *in silico* using the assembly sequence. Fragment length modes were estimated in both experiments, and ratios of simulated and experimental maxima served as a measure of the difference in the corresponding site’s abundance between the DNA sample and the assembly.

These rations, named restriction site relative depletion, were mapped on the assembly and averaged in the 35 kbp window to detect the (supposedly repetitive) regions of decreased relative depletion. We have shown that such regions do exist in the assembly. They have length on the order of 50 kbp and correlate with neither GC content, nor presence or absence of genes. In total, such regions of no less than 15 kbp in length cover 16% of the assembly, or approx. 16 Mbp.

This work was supported by the FASO project #0345-2016-0005

Морозов А.А., Галачьянц Ю.П.

ПОИСК НЕКОРРЕКТНО СОБРАННЫХ ПОВТОРОВ В ГЕНОМЕ *SYNEDRA ACUS* SUBSP. *RADIANS*

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
morozov@lin.irk.ru

Анализ распределения частот *k*-меров в NGS-прочтениях суммарной ДНК *S. acus* subsp. *radians* указывает на то, что в опубликованной ранее сборке количество повторов сильно занижено. В целях NGS-независимого поиска участков генома, являющихся многокопийными, но в сборке представленных единственной копией, был предложен следующий основанный на рестрикции метод. Суммарная ДНК обрабатывалась рядом рестриктаз; расщепление теми же ферментами симулировалось на геномной сборке *in silico*. Отношение мод длин фрагментов в симулированной и экспериментальной рестрикции использовалось как показатель различия частот соответствующих сайтов в пробе ДНК и геномной сборке.

Полученные значения (названные относительным обеднением сайтов рестрикции) были картированы на геномную сборку и усреднены в скользящем окне шириной 35 тыс. пар н.о., чтобы выявить предположительно высококопийные участки пониженного относительного обеднения. Показано, что в сборке присутствуют такие участки протяжённостью порядка 50 тыс. н.о., которые не коррелируют ни с наличием/отсутствием в них белоккодирующих генов, ни с GC-составом последовательности. В общей сложности такие участки длиной более 15 тыс. н.о. охватывают около 16% сборки, или около 16 млн пар н.о.

Данная работа была поддержана бюджетной темой ФАНО №0345-2016-0005 (номер гос. регистрации АААА-А16-116122110068-5).

Naganawa H.

GENETIC ANALYSIS OF MITOCHONDRIAL CYTOCHROME OXIDASE I (COI) SUPPORTS TWO AQUATIC FAUNAS OF OLKHON ISLAND (LAKE BAIKAL) AND MONGOLIAN GOBI STEPPE REGION HAVE A COMMON ORIGIN

Laboratory of Comparative Biochemistry, The United Graduate School of Agricultural Science, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu 501-1193, Japan (previous affiliation: Department of Zoology, Graduate School of Science, Kyoto University)
naganawa.hidetoshi.33z@kyoto-u.jp

The taxonomy of the family Chirocephalidae Daday de Deés, 1910 (Crustacea, Branchiopoda, Anostraca) has not been fully resolved. The genus *Galaziella* was described by Naganawa & Orgiljanova (2000) as a separate genus from *Chirocephalus* Prévost, 1803. Later it was proposed to be integrated within the larger genus *Chirocephalus* based on morphological characters, waiting for a molecular analysis (Rogers, 2013). Rogers, however, made a mistake, without checking the type specimens and any live material; he only quoted inappropriately the original described figures in Naganawa & Orgiljanova’s (2000) paper. In this study I analysed different genera within the family Chirocephalidae with the mitochondrial marker, i.e., cytochrome oxidase I (COI), in order to clarify whether the genus *Galaziella* is genetically separated from *Chirocephalus*. At the same time, I try to make a position of *Galaziella* among Eurasia, including four species to date, i.e., *Galaziella baikalensis* Naganawa & Orgiljanova, 2000, endemic to Olkhon Island (Lake Baikal), *Galaziella mongoliana* (Uéno, 1940), *Galaziella gobisteppensis* Naganawa & Banzragch Zagas, 2003, and *Galaziella murae*

Alonso & Naganawa, 2008, endemic to Mongolian Gobi steppe region.

I used newly collected samples of *G. baikalensis* and *Branchinecta orientalis* G.O. Sars, 1901 from Olkhon Island and *Drepanosurus uchidai* (Kikuchi, 1957) from Higashidoori Village (Aomori Prefecture, northern Japan) to sequence 658 bp of COI gene, following the methods described in Naganawa & Mura (2017) and Naganawa (2018). These sequences were compared with sequences retrieved from GenBank with a phylogenetic analysis. I used six genera of the family Chirocephalidae, including one species of *Polyartemiella* Daday de Deés, 1910, one species of *Artemiopsis* G.O. Sars, 1897, one species of *Galaziella*, six species of *Chirocephalus* Prévost, 1803, one species of *Drepanosurus* Simon, 1886, and three species of *Eubranchipus* Verrill, 1870. As to three species of *Galaziella*, i.e., *G. mongoliana*, *G. gobisteppensis*, and *G. murae*, I could not earn the molecular data, so I only added the morphological consideration here.

A phylogenetic analysis suggests monophyly for five of the genera with the exception of *Chirocephalus* that seems to be paraphyletic. The genus *Galaziella* is clearly segregated from the other genera, including *Chirocephalus*. Its origin is the second oldest of the different genera analysed and seems to have diverged later with *Artemiopsis*. At least from a molecular perspective the genus *Galaziella*, inhabiting only Olkhon Island and Mongolian Gobi steppe region, is as differentiated from the genus *Chirocephalus*, common to Eurasia. As to tadpole shrimp (Notostraca) and clam shrimp (Spinicaudata and Laevicaudata), a similar conclusion could be introduced, but still need further investigations.

Acknowledgements: Mr. Akira Ooyagi (Aomori, Japan) gave me the generous gifts of his collected samples, especially of *Drepanosurus uchidai* from Aomori and Hokkaido.

Allen Nalugwa

AN ASSESSMENT OF THE RISKS OF OIL PRODUCTION ON BIODIVERSITY OF THE ALBERTINE RIFT AQUATIC ECOSYSTEMS, UGANDA

Department of Science, Technical and Vocational Education, College of Education and External Studies, Makerere University, P. O. Box 7206, Kampala, Uganda.
allennalugwa@yahoo.co.uk / analugwa@cees.mak.ac.ug

The Albertine Rift is a biodiversity conservation hot spot on the northern part of the western East African Rift Valley System which stretches from the northern tip of Lake Albert to the southern tip of Lake Tanganyika. The terrain is characterized by undulating landscape that interconnect a variety of ecosystems, both terrestrial and aquatic, vital for harbouring valuable biodiversity harbouring internationally important numbers of water birds and it also represents one of Africa's most important sources of mixed species of fresh water fisheries. Of recent, oil and gas exploration has taken place in this region as many more oil discoveries continue to be excavated in this highly biodiversity rich area with sensitive and fragile ecosystem. Although oil extraction has been embraced by Uganda as a country for economic development, it negatively affects the environment and especially the biodiversity in aquatic ecosystems and humans. It is anticipated that many biodiversity may be lost or become extinct due to water and air pollution, release of gases and oils to the surface. It is also known that Lake Albert is hydrologically fed from the south by River Semliki which connects with Lake Edward. The Upper Nile feeds Lake Albert from the East side from Lake Kyoga, while the western part of Lake Albert is fed by rivers, streams and swamps that drain from the Democratic Republic of Congo. Lake Albert drains into the White Nile which flows into the Sudan and Egypt. If a contamination were to occur during oil extraction in Lake Albert, it would have far reaching impact on surrounding and neibouring countries. This study recommends an assessment of the past and present biodiversity in the ecosystems of the Albertine Rift, particularly Lake Albert, to account for the risks impacted by oil extraction and to strengthen conservation efforts towards sustainable development in Uganda and Africa in general.

Natyaganova A.V., Mincheva E.V., Kravtsova L.S., Peretolchina T.E., Bukin Yu.S., Triboy T.I.

ON CHROMOSOME NUMBER (2N) OF AN AQUATIC PLANT *ELODÉA CANADÉNSIS* MICHX. FROM THE SIBERIAN WATER BODIES

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
avn61@mail.ru

Canadian waterweed *Elodea canadénsis* appeared in Russia in the mid of the previous century. At present, it has naturalized in many regions of Siberia, including Lake Baikal, where it has been found up to a depth of 50 m (Kozhova, Pautova, 1985; Kravtsova et al., 2010; Chepinoga, 2015). The data on its chromosome number (2n) have been published since 1904. According to them, this character is quite variable. In many publications, chromosome number is equal to 48 and 24 (2n = 48 and 2n = 24). These two multiple numbers (24 and 48) show that polyploid forms are characteristic of this plant. *E. canadénsis* from the areas of anthropogenic pollution of the Yenisei River possesses a number of diploid values: 2n = 24, 32, 40, 48, 56, 64, 72 and 96 (Muratov et al., 2004, 2006, 2014). The authors consider that this species demonstrates both polyploid and diploid variability of chromosome number. In their opinion, chromosome variability widens reaction of plants to new environmental conditions and contributes to the resistance of this species to the changes occurring in the area. *E. canadénsis* from the Baikal region has 2n = 24 (Chepinoga, 2015). In 2017-2018, we performed chromosome analysis of *E. canadénsis* sampled in Lake Baikal (Listvyanka, Bolshiye Koty, B. Goloustnoye, Chivyrkuy Bay, Maloye More, Nizhneangarsk and Posolsk Sor), Lake Shaksha (Chita Region), Lena River (Usk-Kut) and other water bodies in Irkutsk (Angara River near Akademgorodok, Novoleninsky lake-marsh and pool in Pervomaisky District). The chromosome number of *E. canadénsis* sampled from these sites was 48, i.e. 2n = 48.

The research was supported by the state projects LIN SB RAS #AAAA-A16-116122110060-9.

Натяганова А.В., Минчева Е. В., Кравцова Л.С., Перетолчина Т. Е., Букин Ю.С. Трибой Т.И.

О ЧИСЛЕ ХРОМОСОМ (2N) ВОДНОГО РАСТЕНИЯ *ELODÉA CANADÉNSIS* MICHX. ИЗ ВОДОЁМОВ СИБИРИ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
avn61@mail.ru

Элодея канадская *Elodea canadénsis* Michx. появилась в России в середине прошлого века. В настоящее время она натурализовалась уже во многих районах Сибири, в том числе и в озере Байкал, где встречается также и на больших глубинах (до 50 м) (Кожова, Паутова, 1985; Кравцова и др., 2010; Чепинога, 2015). Сведения о числе хромосом (2n) этого водного растения публикуются с 1904 г. В соответствии с ними, данный признак у элодеи канадской довольно вариабельный. При этом, в большинстве публикаций указывается значение 2n = 48, на втором месте по встречаемости - 2n=24. Два кратных числа 24 и 48 могут указывать на наличие полиплоидных форм, свойственных растениям. В зоне техногенного загрязнения р. Енисей у элодеи канадской отмечен целый ряд диплоидных значений – 2n = 24, 32, 40, 48, 56, 64, 72 и 96 (Муратова и др., 2004, 2006, 2014). Авторы считают, что этот вид демонстрирует как полиплоидное, так и анеуплоидное изменение количества хромосом. По их мнению, наличие хромосомной изменчивости расширяет норму реакции растений в новых условиях среды и способствует устойчивости вида при их изменении. Для *E. canadénsis* из байкальской Сибири приводится значение 2n = 24 (Чепинога, 2015). В 2017-2018 г.г. проведен хромосомный анализ образцов *E. canadénsis* из озера Байкал (Листвянка, Большие Коты, Б. Голоустное, Чивыркуйский залив, Малое море, Нижнеангарск, Посольский сор,), озера Шакша (Читинская область), реки Лена (г. Усть-Кут), а также из нескольких водоёмов в г. Иркутске (р. Ангара в районе Академгородка, Новоленинский озёрно-болотный комплекс и пруд микрорайона Первомайский). Установлено, что в перечисленных выше местах произрастания элодея канадская имеет 48 хромосом, т.е., 2n = 48.

Работа выполнена в рамках темы ЛИН СО РАН 0345-2016-0004 (АААА-А16-116122110060-9) «Комплексное исследование эволюционных процессов …».

Naumkina D.I., Egorov E.V., Suknev D.L.

USING SOFTWARE MAECOS FOR DEVELOPMENT OF THE MODEL OF BIOLOGICAL RESOURCE POPULATION UNDER DIFFERENT FACTORS

Novosibirsk branch of FSBSI “State Scientific-and Production Center of Fishery”

The developed software MAEcoS (Modelling and Analysis of Ecological Systems) is proposed for studying dynamics of water systems. Principles of software organization and its graphical interface are presented. To illustrate MAEcoS software features, the simplified model of artificial peled farming in Lake Maloe Gorkoe of Karasuksky District of Novosibirsk Oblast is considered. The following items were considered as the components of a water system: peled larvae; peled alevins; young-of-the-year of peled; plankton; benthos; aboriginals: crucian, roach, perch; predators: perch, pike. A water system, which consists of these components, is defined by interrelated differential equations of the “predator – prey” type. Calculations conducted with the help of the model allowed detecting features of biotic factors at peled farming. The influence of abiotic factors (e.g. water temperature) on the end product is also considered. Calculation results allow making a conclusion on the prospectivity of modern software packages for efficient and optimal utilization of lakes for fish farming.

Наумкина Д.И., Егоров Е.В., Сукнев Д.Л.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ MAECOS ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ПОПУЛЯЦИИ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРАХ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства», Новосибирский филиал
sibribniiproekt@mail.ru

Аквасистема определяется организацией живого вещества в водной среде посредством популяций, населяющих некоторый водоём и образующих определенную структуру пищевых (трофических) связей и метаболизма.

Математическое описание, представляющее количественную зависимость компонентов системы от переменных, может иметь различную степень сложности. Самая простая форма математического описания – это параметрическая зависимость между искомой переменной и другими переменными. Более сложные формы математического описания представляют собой совокупность взаимосвязанных алгебраических и дифференциальных уравнений, позволяющих описать динамику аквасистемы.

Отличительным свойством системы дифференциальных уравнений для биосистем является их жесткость. Система дифференциальных уравнений является жесткой, если моделирует динамический процесс, компоненты которого обладают несоизмеримыми характерными временами, или/и процесс, в котором имеется компонент с характерным временем намного меньшим величины интервала решения.

С целью получения программного продукта, не отягощенного предельными возможностями проприетарной программы, для анализа динамических экосистем (аквасистем) в Новосибирском филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства», была создана программа для ПК MAEcoS (Modelling and Analysis of Ecological Systems).

Принципы, заложенные в MAEcoS, заключаются в следующем. Любая переменная x_k (k=1,2,3,…,K) в системе уравнений, описывающей динамику экосистемы, рассматривается как сиг-

нальная переменная, имеющая свойства потенциальной переменной. Вся экосистема представляется структурной схемой с компонентами, имеющими входы и выходы, соединенными между собой связями. Используются основные принципы построения схем с потенциальными переменными:

1) для отсчета должна быть задана точка с известным потенциалом (сигналом), относительно которой рассчитываются все остальные потенциалы, обычно такой точкой является точка с нулевым потенциалом;
2) в местах соединения связей (узлах) потенциалы равны.

При построении структурных схем в качестве блоков с входными и выходными переменными используются элементы, математически представляющие слагаемые в правых частях дифференциальных уравнений в форме Коши. Этот способ позволяет не создавать сложные блоки (компоненты структурной схемы), отвечающие новым моделям экосистемы, а ограничиться небольшим набором стандартных элементов. Используется простой принцип построения соответствующих схем**:** для каждого дифференциального уравнения математической модели аквасистемы строится отдельная линия элементов, начинающаяся заданием нулевого потенциала (сигнала), суммируемого с полученной за счет обратной связи переменной x_k, и заканчивающаяся звеном (элементом) интегрирования. Выходная переменная x_k звена интегрирования используется наряду с обратной связью в других линиях элементов, в уравнениях которых эта переменная присутствует. Между начальными и конечными элементами вставляются другие элементы, отображаемые в уравнении слагаемыми, произведениями и др. Входные и выходные сигналы элементов соединяются соответствующими связями с учетом их свойств как потенциальных переменных. В соответствии с полной структурной схемой программа MAEcoS строит систему разностных квазилинейных уравнений, которая решается методом исключения Гаусса-Жордана.

В качестве иллюстрации возможностей программы MAEcoS рассмотрена упрощенная модель искусственного разведения пеляди в озере Малое Горькое Карасукского района Новосибирской области.

В качестве компонентов аквасистемы использованы следующие переменные:
x1 – личинки пеляди (диапазон времени: 0-30 сут.);
x2 – мальки пеляди (диапазон времени**:** 30-60 сут.);
x3 – сеголетки пеляди (диапазон времени: 60-208 сут.);
x4 – планктон (диапазон времени: 0-208 сут.);
x5 – бентос (диапазон времени: 0-208 сут.);
x6 – аборигены: карась, плотва, окунь (диапазон времени: 0-208 сут.);
x7 – хищники: окунь, щука (диапазон времени: 0-208 сут.).

Аквасистема, состоящая из перечисленных компонентов, описывается взаимосвязанными дифференциальными уравнениями типа «хищник – жертва».

Проведенные расчеты с использование модели позволили выявить особенности биотических факторов при разведении пеляди. Также рассмотрено влияние абиотических факторов (температуры воды) на конечный продукт. Результаты расчетов позволяют сделать выводы о перспективности применения современных программных средств для эффективного и оптимального использования озер при рыборазведении.

Naumova T.V.[1], Gagarin V.G.[2]

ECOLOGY OF FREE-LIVING NEMATODES (NEMATODA) OF LAKE BAIKAL

[1]Limnological institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Yaroslavl Province, Russia
tvnaum@list.ru

Nematodes (free-living round worms) is one of the most widespread, diverse and abundant groups of invertebrate animals that live in Lake Baikal. They are an important and almost indispensable component of meiozoobenthos on all depth zones and different types of sediments in the lake. The study of the fauna of Baikal nematodes is very active. Since 2010, V.G. Gagarin and T.V. Naumova found and described 37 new for science species of nematodes, 6 species are re-written, and 12 species of the world fauna were first noted for Baikal. The authors report new findings of genus *Hofmaenneria* Gerlach et Meyl, 1957 and *Eumonhystera* Andrassy, 1981 representatives that are high in number and species rich. Now there are 109 species of free-living nematodes in Lake Baikal, belonging to 7 orders, 11 families, 33 genera, and about 65% of the entire nematode fauna, the endemics of the lake.

The littoral of Lake Baikal is densely populated by multitude groups of invertebrates and the nematodes are particularly abundant and diverse here. About a half of the nematodes species are found only in this zone. Some of them are endemic, but holarctic and cosmopolitan occurrence species are not rare. The interstitial of the splash zone deserves a separate consideration, because the ecological conditions in it are very specific – pore water between grains of sand in the zone of waves and sprays. In this zone, we found 22 species of nematodes, 7 of which are endemic, and most belong to widely distributed and even cosmopolitan species. Fauna of the littoral and interstitial has common elements, but not identical.

Deep-water zone of Lake Baikal, regardless of the type of sediments and depth level, is populated by nematodes, the number of which can be up to 90% of the total meiozoobenthos. A small percentage of species are eurybathic, because they also live in shallow water. Separately, it is possible to distinguish places of oil and gas hydrate deposits – local biotopes are formed around them, in which nematodes play a very important role.

This work was done as a part of a State Projects No.0345-2016-0009 and No.0345-2016-0007.

Наумова Т.В.[1], Гагарин В.Г.[2]

ЭКОЛОГИЯ СВОБОДНОЖИВУЩИХ НЕМАТОД (NEMATODA) ОЗЕРА БАЙКАЛ

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Институт Биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, Россия
tvnaum@list.ru

Нематоды (свободноживущие круглые черви) – одна из наиболее распространенных, разнообразных и обильных групп беспозвоночных животных, обитающих в озере Байкал. Они являются важным и почти непременным компонентом мейозообентоса на всех зонах глубин и на различных типах грунтов озера.

Исследование фауны нематод Байкала ведется очень активно. Начиная с 2010 года В.Г. Гагариным и Т.В. Наумовой найдено и описано 37 новых для науки видов нематод, 6 видов переописаны, 12 видов мировой фауны впервые отмечены для Байкала. Впервые в озере обнаружены представители родов *Hofmaenneria* Gerlach et Meyl, 1957 и *Eumonhystera* Andrassy, 1981, имеющие высокую численность и обильный видовой состав. К настоящему времени в озере Байкал насчитывается 109 видов свободноживущих нематод, относящихся к 7 отрядам, 11 семействам, 33 родам, около 65% всей фауны нематод – эндемики озера.

Литораль Байкала густо заселена множеством групп беспозвоночных и нематоды здесь особенно обильны и разнообразны. Около половины видов нематод встречены только в этой зоне. Часть из них эндемичны, но нередки голарктические и космополитные виды.

Интерстициаль заплеска заслуживет отдельного рассмотрения, поскольку экологические условия в ней очень специфичны – поровая вода между песчинками в зоне влияния волн и брызг. В заплеске обнаружены 22 вида нематод, 7 из которых эндемичны, а большая часть относится к широкораспространенным и даже космополитным видам. Фауна литорали и интерстициали имеет общие элементы, но не идентична.

Глубоководная зона Байкала, независимо от типа грунтов и уровня глубин, заселена нематодами, численность которых может составлять до 90% общей численности мейозообентоса. Небольшой процент видов эврибатный, поскольку они обитают также и на мелководье. Отдельно можно выделить места сочений нефти и залеганий газогидратов – вокруг них формируются локальные биотопы, в которых нематоды играют очень важную роль.

Работа выполнена в рамках госбюджетных проектов №0345-2016-0009 «Крупномасштабные изменения …» и №0345-2016-0007 «Исследование влияния грязевых вулканов и метановых сипов на биологические сообщества».

Naumova T.V.[1], Sitnikova T.Ya.[1], Gagarin V.G.[2], Zemskaya T.I.[1], Pogodaeva T.V.[1], Khabuev A.V.[1], Kalmychkov G.V.[3]

MEIOZOOBENTHOS OF POSOLSKY BAY METANE SEEPING (LAKE BAIKAL)

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Yaroslavl Province, Russia.
[3]Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, 1A Favorsky str., Irkutsk, Russia
tvnaum@lin.irk.ru

The composition and abundance of benthic animals in the region of the underwater bottom raising – the Posolsky Bank (South Baikal) are analyzed. This region is characterized by the occurrence of gas hydrates and numerous methane seeping. The aim of the work was analyze the distribution of benthic animals in the study area.

Sampling was carried out from 2010 to 2016 from the board of the Scientific vessel “Vereshchagin” with a box grab, a bottom grab “Ocean” and a sampling benthic tube. Quantitative samples were taken in 3-5 replicates, washed and disassembled in a live form under the MBS-10 binocular.

Nematodes, copepods, ostracods, turbellarians, and gregarines were found in the meiozoobenthos of the Posolsky Bank. The number of animals varied from 600 specimens/m² to 146,000 ind./m². Nematodes were present in all samples, sometimes up to 90% of the total meiobenthos. Macrozoobenthos is represented by oligochaetes, amphipods and chironomids (600-136500 ind./ m²). Such significant fluctuations in the number of animals are explained by the following regularities. In places of point methane discharge (so-called “torches”), animals were either completely absent or their numbers were minimal. In our opinion, in these areas, the limiting factor is a significantly reduced level of oxygen. Relatively low numbers (from 1200-5500 ind./m² for meiosisbaenos and 600-6500 ind./m² for macrozoobenthos) are noted for background areas where there are no torches or traces of methane. The only exception is the area of shallow depths of 50-52 m (meiozoobenthos – 8,000-24,000 ind./m², macrozoobenthos – 11,600-40000 ind./m²), but this does not contradict the general regularity for Baikal – increasing the number of animals with a decrease in depth. In areas of methane and areas adjacent to the torches, the number of benthic animals is maximal, which is due to the presence of a stream of organic matter involved in the food chain.

This work was supported by framework of the task Russian State Project No. 0345-2016-0007.

Наумова Т.В.[1], Ситникова Т.Я.[1], Гагарин В.Г.[2], Земская Т.И.[1], Погодаева Т.В.[1], Хабуев А.В.[1], Калмычков Г.В.[3]

МЕЙОЗООБЕНТОС МЕТАНОВОГО СИПА ПОСОЛЬСКАЯ БАНКА (ОЗ. БАЙКАЛ)

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Институт Биологии внутренних вод РАН им. И.Д. Папанина, Ярославская обл., пос. Борок
[3]Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1А
tvnaum@lin.irk.ru

Проанализированы состав и численность бентосных животных в районе подводного поднятия дна – Посольская банка (Южный Байкал). Данный район характеризуется залеганиями газогидратов и

многочисленными сочениями метана. Целью работы стал анализ распределения бентосных животных в исследуемом районе.

Пробоотбор проводился с 2010 по 2016 годы с борта НИС «Верещагин» коробчатым грейфером, дночерпателем «Океан» и пробоотборной бентосной трубкой. Количественные пробы взяты в 3-5 повторностях, промыты и разобраны в живом виде под бинокуляром МБС-10.

В составе мейозообентоса Посольской банки обнаружены нематоды, копеподы, остракоды, турбеллярии, грегарины. Численность животных варьировала от 600 экз./м² до 146000 экз./м². Во всех исследованных пробах присутствовали нематоды, иногда составляя до 90% общей численности мейобентоса. Макрозообентос представлен олигохетами, амфиподами и хирономидами (600-136500 экз./м²). Такие существенные колебания численности животных объяснимы следующими закономерностями. В местах точечной разгрузки метана (т.н. «факелах») животные либо отсутствовали полностью, либо их численность была минимальной. По нашему мнению, в этих областях лимитирующим фактором является существенно сниженный уровень кислорода. Относительно низкая численность (от 1200-5500 экз./м² для мейозообентоса и 600-6500 экз./м² для макрозообентоса) отмечена для фоновых районов, где нет ни факелов, ни следов метана. Исключение составляет только область небольших глубин 50-52 м (мейозообентос – 8000-24000 экз./м², макрозообентос – 11600-40000 экз./м²), но это не противоречит общей для Байкала закономерности – увеличения численности животных с уменьшением глубины. В зонах сочений метана и областях, примыкающих к факелам, численность бентосных животных максимальна, что связано с наличием потока органического вещества, вовлекаемого в пищевую цепь.

Работа выполнена в рамках Госбюджетного проекта №0345-2016-0007 «Исследование влияния грязевых вулканов и метановых сипов на биологические сообщества».

Naumova E.Yu., Zaidykov I.Yu.

THE MODERN QUANTITATIVE INDICATORS OF THE POPULATION OF *MACROHECTOPUS BRANICKII* DYB. FROM BAIKAL LAKE

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
elena.baikalensis@gmail.com

Macrohectopus branickii is the only species of amphipods leading exclusively a pelagic way of life. This species plays an important role in feeding the pelagic fishes of Lake Baikal. The regular observations of changes in the biological parameters of the macrohectopus are not conducted, which is associated with methodological difficulties in assessing the abundance of the species. We present the data on the current state of the population and a comparison with similar indicators of past studies.

The material was collected during the complex expedition of the research vessel "G.Yu.Vereshchagin" in August 2015 along the entire aquatoria of the lake at pelagic stations. The minimum distance from the stations to the coast was 3 km. The sampling was carried out by the quantitative Jedi net in oceanic modification, an inlet opening diameter of 0.8 m, a mesh size of a filtering cone of 160 μm, from the horizon of 700 m to a surface.

M. branickii had high in numbers and biomass for open pelagial of Lake Baikal with depths of more than 300 m. The average number was 1445 ind./m^2, with a maximum of 3002 ind./m^2. The biomass was an average of 3.5 g/m^2, the maximum was 14.4 g/m^2. In the literature data (Bekman, Nagornyi, 1985), the biomass observed in the pelagial did not exceed 2 g/m^2. As before, the stations with a higher number of crustaceans are located in the South and Middle basins off the eastern coast.

The proportion of individuals less than 6 mm long on average for all stations was 89.9% of the total number, which is typical for this time of year (Bekman and Afanasyeva, 1977). Immature females (up to 15 mm in length) were in the samples from the open Baikal not more than 40% of the population. The ratio of males and females in all areas of the lake was close to 1:1. In samples from the night congestion in the Barguzin Bay, the biomass of the crustaceans was 42.9 g/m^2, and 99% of the number of crustaceans accounted was immature females of 13-17 mm in length.

The work was supported by the project 0345–2016–0008 (АААА-А16-116122110065-4).

Наумова Е.Ю., Зайдыков И.Ю.

СОВРЕМЕННЫЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОПУЛЯЦИИ *MACROHECTOPUS BRANICKII* DYB. ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
elena.baikalensis@gmail.com

Macrohectopus branickii это единственный вид бокоплавов ведущий исключительно пелагический образ жизни. Вид играет важную роль в питании пелагических рыб озера Байкал. Регулярных наблюдений за изменениями биологических параметров макрогектопуса не ведется, что связано с методическими трудностями оценки обилия вида. Мы представляем данные о современном состоянии популяции и сравнение с аналогичными показателями прошлых исследований. Материал собирался во время комплексной экспедиции НИС «Г.Ю. Верещагин» в августе 2015 года по всей акватории озера на пелагических станциях. Минимальное расстояние от станций до берега было 3 км. Сбор проводился количественной сетью Джеди океанической модели, диаметр входного отверстия 0,8 м, размер ячеи фильтрующего конуса 160 мкм. Применялись тотальные ловы с горизонта 700 м.

Мы получили достаточно высокие показатели численности и биомассы *M. branickii* для открытых участков Байкала с глубинами более 300 м. Численность в среднем составляла 1445 экз./м^2, при

максимальной 3002 экз./м^2. Биомасса средняя 3.5 г/м^2, максимальная 14,4 г/м^2. Из литературных данных (Бекман, Нагорный, 1985) наблюдаемая в пелагиали биомасса не превышала 2 г/м^2. Как и ранее станции с более высокой численностью рачка располагаются в Южной и Средней котловине у восточного берега. Доля особей менее 6 мм длиной в среднем по всем станциям составляла 89,9% общей численности, что характерно для этого времени года (Бекман, Афанасьева, 1977). Неполовозрелые самки (длиной тела до 15 мм) составляли в пробах из открытого Байкала не более 40% численности. Соотношение самцов и самок во всех районах было близко к 1:1. При облове ночного скопления в Баргузинском заливе биомасса рачков составила 42,9 г/м^2, и 99% численности рачков приходилось на неполовозрелых самок длиной 13-17 мм.

Работа выполнена в рамках бюджетного проекта 0345–2016–0008 (АААА-А16-116122110065-4) «Оценка и прогноз экологического состояния …».

Naumova E.Yu., Zaidykov I.Yu.

CHANGES IN THE COMPOSITION OF THE SPRING ZOOPLANKTON OF LAKE BAIKAL

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
elena.baikalensis@gmail.com

Since the 60s of the last century, the LIN SB RAS has been conducting regular sampling of zooplankton in stationary stantions net along the aquatoria of Lake Baikal. Such studies made it possible to reveal the regularities of the zooplankton macro-scale distribution and the trends in its interannual dynamics. After a break in the 1990s, monitoring was resumed at a reduced number of stations.

The spring development of zooplankton reflects many processes taking place in the lake under ice and affects the pattern of biota development in subsequent seasons. In 2009-2015 the samples were collected at the end of May or the beginning of June in the period immediately after the melting of ice during the complex expedition of the research vessels "Academician V.A. Koptyug" and "G.Yu. Vereshchagin". Data are used from three transections located in different basins of the lake. The extreme stations were located three kilometers from the shore. The Jedi net was used, a diameter of 37 cm and a mesh size of a filtering cone of 88 μm, from horizons 0-50 and 50-250 m.

Species composition in the period of research was stable and was characteristic for this time of year. The total biomass and abundance of zooplankton did not go beyond the interannual fluctuations observed in the 60-90s of the last century. As in 2014, in 2015 there was a high number of rotifers: in the Middle basin, it was 55% of the total zooplankton population. The number of *Notholca intermedia* reached 10 thous. specimens/m^3. The interannual indices of the abundance of zooplankton for the 250 meter layer fluctuated less than 2-fold, the same indices for the upper 50-meter layer varied by several orders of magnitude. According to our data, 50% of the biomass of mesozooplankton is usually located deeper than 50 meters. Therefore, the sampling for scientific and environmental purposes for Lake Baikal must be carried out taking into account these features.

The work was supported by the project 0345–2016–0008 (АААА-А16-116122110065-4).

Наумова Е.Ю., Зайдыков И.Ю.

ИЗМЕНЕНИЯ В СОСТАВЕ ВЕСЕННЕГО ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕРА БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
elena.baikalensis@gmail.com

Регулярные отборы проб зоопланктона по акватории озера Байкал ведутся Лимнологическим институтом СО РАН с 60-х годов прошлого века по стационарным разрезам. Такие съемки позволяли выявить закономерности макромасштабного распределения зоопланктона и тенденции его межгодовой динамики. К сожалению, в 90-е годы прошлого века произошел перерыв в мониторинговых сборах, и возобновился позже уже на сокращенной сетке станций.

Весеннее развитие зоопланктона отражает многие процессы, протекающие в озере подо льдом, и влияет на картину развития биоты в последующие сезоны. Пробы отбирались в конце мая–начале июня в период сразу после таяния льда на научно-исследовательских судах «Академик В.А. Коптюг» и «Г.Ю. Верещагин» 2009-2015 гг. В работе использованы данные по трем разрезам, расположенным в разных котловинах озера. Крайние станции разрезов располагались в трех километрах от берега. Материал отбирался сетью Джеди диаметром входного кольца 37 см и размером ячеи фильтрующего конуса 88 мкм с горизонтов 0-50 и 50-250 м.

Видовой состав в период исследований сохранялся и был характерным для этого времени года. Общие показатели биомассы и численности зоопланктона не выходили за пределы межгодовых колебаний, наблюдаемых в 60-90 гг. прошлого века. Как и в 2014, в 2015 году наблюдалась высокая численность коловраток (*Notholca intermedia* до 10 тыс. экз./м^3), в Среднем Байкале их доля была 55%. Межгодовые показатели обилия зоопланктона для 250-метрового слоя колеблются менее чем в 2 раза, эти же показатели для верхнего 50-метрового слоя изменяются на несколько порядков. По нашим данным глубже 50 м, как правило, находится 50% биомассы мезозоопланктона. Поэтому, отбор проб в научных и природоохранных целях для озера Байкал имеет смысл проводить, учитывая эти факты.

Работа выполнена в рамках бюджетного проекта 0345–2016–0008 (АААА-А16-116122110065-4) «Оценка и прогноз экологического состояния …».

Nazarova A.A.[1], Gurkov A.N.[1, 2], Shchapova E.P.[1], Dmitriev I.A.[1], Timofeyev M.A.[1]

STUDY OF AMPHIPOD IMMUNE RESPONSE TO IMPLANTABLE OPTICAL MICROSENSORS USING PRIMARY CULTURE OF HEMOCYTES

[1]Irkutsk State University, 664025, Lenin str. 3, Irkutsk, Russia
[2]Baikal Research Centre, 664003, Lenin str. 21, Irkutsk, Russia
annazarova1995@gmail.com

Different types of implantable optical microsensors are a promising tool for real-time registration of physiological parameters of aquatic animals *in vivo*. An important feature of any implant is its immunogenicity, which can be studied, for example, using a primary culture of immune cells. Amphipods (Amphipoda, Crustacea) are one of the key components of ecosystem of Lake Baikal, and they are studied using different methods, including optical microsensors. However, cellular immune response of amphipods is poorly investigated.

The aim of the study was obtaining of the primary culture of hemocytes of Baikal amphipods *Eulimnogammarus verrucosus* (Gerstfeldt, 1858) and application of the culture for testing immunogenicity of microencapsulared fluorescent probes.

Sensitivity of the obtained hemocyte culture was tested using suspension of dead cells of yeasts *Saccharomyces cerevisiae*. Hemocytes demonstrated a pronounced aggregation (~80% of hemocytes were involved in aggregates) in presence of dead yeasts during several hours, while in control conditions almost no aggregation (~2%) was observed. Average aggregation of hemocytes in presence of similar concentration of microencapsulated fluorescent probes was ~15%, despite the microsensors were covered with a polyethyleneglycol-containing polymer to increase biocompatibility. Thus, the obtained results demonstrate the relatively weak immune response of hemocytes to the used microsensors and necessity of improving the masking coverage.

The study was supported by the Russian Science Foundation (№17-14-01063).

Назарова А.А.[1], Гурков А.Н.[1, 2], Щапова Е.П.[1], Дмитриев И.А.[1], Тимофеев М.А.[1]

ИЗУЧЕНИЕ ИММУННОГО ОТВЕТА АМФИПОД НА ИМПЛАНТИРУЕМЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ МИКРОСЕНСОРЫ С ПОМОЩЬЮ ПЕРВИЧНОЙ КУЛЬТУРЫ ГЕМОЦИТОВ

[1]ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», 664025, ул. Ленина 3, г. Иркутск, Россия
[2]АНО «Байкальский исследовательский центр», 664003, ул. Ленина 21, г. Иркутск, Россия
annazarova1995@gmail.com

Имплантируемые оптические микросенсоры различных типов являются перспективным инструментом для регистрации физиологических параметров гидробионтов в динамике и *in vivo*. Важной характеристикой микросенсоров при их внедрении в живые организмы является иммуногенность. Одним из эффективных инструментов, с помощью которых может быть охарактеризована иммуногенность импланта, является первичная культура иммунных клеток изучаемого организма, позволяющая максимально полно проследить за поведением иммунных клеток при внесении в среду различных инородных тел.

Одним из ключевых компонентов экосистемы озера Байкал являются амфиподы (Amphipoda, Crustacea), благодаря чему они стали объектами ряда экофизиологических исследований, в том числе с использованием имплантируемых микросенсоров. В то же время, участие в иммунном ответе амфипод клеток гемолимфы — гемоцитов, изучено слабо. Так, в научной литературе отсутствуют упоминания о получении первичной культуры гемоцитов амфипод.

Целью данной работы было получение первичной культуры гемоцитов амфипод *Eulimnogammarus verrucosus* (Gerstfeldt, 1858), одного из наиболее распространенных видов в литоральной зоне Байкала, и изучение иммуногенности микроинкапсулированных флуоресцентных сенсоров с помощью полученной первичной культуры *in vitro*.

Для подготовки первичной культуры гемоцитов отбирали гемолимфу *E. verrucosus* и отмывали клетки от компонентов гуморальной фракции гемолимфы. Выделенные гемоциты содержали в среде L-15 (среда Лейбовича) при температуре 6°C (предпочитаемая для *E. verrucosus*). Показано, что в данных условиях более половины клеток сохраняет жизнеспособность в течение суток. Для проверки чувствительности полученной культуры к инородным телам в среду вносили суспензию убитых клеток дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, после чего около 80% гемоцитов в течение нескольких часов формировали агрегаты, что свидетельствует о выраженной иммунной реакции.

Установлено, что при внесении в культуральную среду микроинкапсулированных флуоресцентных сенсоров, покрытых полиэтиленгликоль-содержащим полимером для снижения скорости распознавания микросенсоров рецепторными белками, степень агрегации гемоцитов оказывается в среднем около 15%, что выше контрольного уровня (около 2%), однако существенно ниже агрегационной активности гемоцитов в присутствии мёртвых клеток дрожжей в схожей концентрации. Также были получены единичные изображения, свидетельствующие в пользу фагоцитарной активности гемоцитов в отношении микросенсоров. Таким образом, проведённый анализ показывает, что гемоциты амфипод *E. verrucosus*, несмотря на использованное маскирующее покрытие, проявляют слабую иммунную реакцию на микроинкапсулированные флуоресцентные сенсоры, и данное покрытие требует дополнительного улучшения.

Работа поддержана грантом РНФ (№ 17-14-01063).

Nefedova Z.A., Murzina S.A., Pekkoeva S.N., Ruokolainen T.R., Veselov A.E., Efremov D.A., Nemova N.N.

LIPID PROFILE OF DIFFERENT AGE JUVENILES OF ATLANTIC SALMON *SALMO SALAR* L FROM WATERCOURSES OF THE WHITE SEA

Institute of Biology of the Karelian Research Centre RAS
pek-svetlana@mail.ru

The lipid status of juvenile of the Atlantic salmon (fingerlings at the 0+ age) from the Letnaya Zolotitsa River (Arkhangelsk Region) and from the tributaries of the Varzuga River (the Porokushka, Pyatka, Falaley and Arenga streams) (the Kola Peninsula) was compared. Despite of the influence of different ecological factors (in 5 watercourses) on the level of individual lipids and fatty acids, similar results for many parameters of the lipid status: for total lipids, including triacylglycerols (TAG), phospholipids (PL), cholesterol (CHOL), cholesterol esters (ECHOL), TAG + ECHOL / PL + CHOL, saturated fatty acids (including 18:0), and also 16:1ω-7, 18:2ω-6, 20:5ω-3 and 22:6ω-3 acids, were established for juvenile fish (at the 0+ age) from watercourses the Letnaya Zolotitsa and Arenga Rivers. However, the greatest difference in the content of 20:4ω-6 arachidonic acid is established for the fingerlings at the 0+ age from these two watercourses (4,49 and 0,20% of the total fatty acids, respectively), while the fingerlings from other watercourses have level 1,32-1,97% of total fatty acids, which may be due to genetic features of the processes of biosynthesis and modification of this acids in fish from the Arenga tributary. A number of studies (Pickova et al., 1998; Peng et al., 2003) have shown that the arachidonic 20:4ω-6 fatty acid is genetically determined to some extent and can be used in the systematics of populations and their adaptations of some species of salmonids. The work was carried out using the Equipment Sharing Centre of the KarRC RAS.

The research was supported by the Russian Science Foundation, project No. 14-24-00102.

Нефедова З.А., Мурзина С.А., Пеккоева С.Н., Руоколайнен Т.Р., Веселов А.Е., Ефремов Д.А., Немова Н.Н.

ЛИПИДНЫЙ ПРОФИЛЬ МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ *SALMO SALAR* L. РАЗНОГО ВОЗРАСТА ИЗ ВОДОТОКОВ БЕЛОГО МОРЯ

Институт биологии – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»
pek-svetlana@mail.ru

Сравнили липидный статус молоди лосося (сеголетки возраста 0+) из реки Летняя Золотица (Архангельской обл.) с таковым у молоди из притоков реки Варзуга (водотоки Порокушка, Пятка, Фалалей и Аренья) (Кольский п-ов). Несмотря на влияние разных экологических условий (в 5 водотоках) на уровень отдельных липидов и жирных кислот молоди рыб, у сеголеток (0+) из водотоков Летняя Золотица и Аренья установили наиболее близкие результаты по многим показателям липидного статуса: по общим липидам, в том числе триацилглицеринам (ТАГ), фосфолипидам (ФЛ), холестерину (ХС), эфирам холестерина (ЭХС), показателю ТАГ+ЭХС/ФЛ+ХС, насыщенным жирным кислотам (в том числе 18:0), а также 16:1ω-7, 18:2ω-6, 20:5ω-3 и 22:6ω-3 кислотам. Однако у сеголеток 0+ из этих двух водотоков установлено наибольшее различие по содержанию 20:4ω-6 арахидоновой кислоты (4,49 и 0,20% от суммы ЖК, соответственно), причем у сеголеток 0+ из других водотоков уровень ее был в пределах 1,32-1,97% от суммы ЖК, что, возможно, связано с генетическими особенностями процессов биосинтеза и модификации этой кислоты у рыб из притока Аренья. В ряде исследований (Pickova et al., 1998; Peng et al., 2003) было показано, что арахидоновая 20:4ω-6 кислота в некоторой степени генетически детерминирована и может быть использована в систематике популяций и особенностях адаптаций некоторых видов лососевых рыб.

Исследования выполнены на научном оборудовании ЦКП Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук». Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект №14-24-00102.

Netsvetaeva O.G., Chebunina N.S., Khodzher T.V.

ACCUMULATION OF BIOGENIC ELEMENTS IN SNOW COVERING OF SPECIALLY PROTECTED TERRITORIES OF PRIBAIKALYE

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
r431@lin.irk.ru, nchebun@lin.irk.ru, khodzher@lin.irk.ru

At the present time, one of the main world ecological problems is a eutrophication of aquatic ecosystems induced by increasing anthropogenic stress. It is known to be caused by growth of the content of biogenic elements, mainly phosphorous and nitrogen, in water. First signs of eutrophication of Lake Baikal are observed in the littoral areas of the southern lake, at the Angara outflow and Bolshiye Koty Bay, and of the northern lake, at the Tyya mouth (Timoshkin et al., 2014 a, b).

The purpose of the work was to assess accumulation of biogenic elements in snow covering of the Baikal Nature Reserve (southeastern shore), Baikal-Lena Nature Reserve (northwestern shore) and in the area of Listvyanka (southwestern shore of Lake Baikal). The southeastern shore of Baikal has a higher moistening through atmospheric precipitation (up to 1500 mm / year at the northwestern slope of the Khamar-Daban Ridge). Pollutants transport from the industrial center of the Irkutsk Oblast goes mainly this way. The northwestern shore where the Baikal-Lena Nature Reserve is located has 3-4 times less precipitations; besides, this area is hard-to-reach and remote of anthropogenic sources, thereby it can be referred to background for all the Baikal Region in terms of accumulation of biogenic elements. Air in Listvyanka (Pribaikalsky National Park) is under impact of local and, partly, regional emissions of indus-

trial facilities of Pribaikalye. The local air pollution sources are small boiler houses, residential stoves and motor transport. Thus, it is of current interest to evaluate levels of accumulation of biogenic elements in snow at various areas of the lakeshore in terms of assessment of atmosphere condition over Baikal in cold season and income of nutrients into the lake littoral from atmospheric sources during the snowmelt.

The studies of snow composition in the Baikal-Lena Nature Reserve, Baikal Nature Reserve and Listvyanka had been started at the end of the last century (Netsvetaeva et al., 2004; Sorokovikova et al., 2004). This work concerns results of snow surveys made in the Baikal-Lena Nature Reserve in 2013, in the Baikal Nature Reserve and Listvyanka in 2017. Snow samples were taken at the northwestern shore of the lake and in the taiga zone of the Lena watershed (Baikal-Lena Nature Reserve), at the upper and middle reaches of the Pereyomnaya, Vydrinnaya and the Left Mishikha Rivers (Baikal Nature Reserve), at the upper and lower reaches of the Krestovka River, Kamenushka, Bolshaya and Malaya Cheremshanka Brooks (Listvyanka). NH_4^+, NO_2^-, PO_4^{3-}, P_{total}, N_{total}, Si content in snow water were measured by photometric method (KFK-3-01, SPEKS SSP-705, Russia), NO_3^- was measured by chromatographic method (Milikhrom A-02, Econova, Russia; ICS-3000 ion system, Dionex, USA) in the accredited Laboratory of Hydrochemistry and Atmosphere Chemistry (accreditation certificate РОСС RU.0001.513855). The studies showed a low concentration of the most elements at the territories of the nature reserves. Minimum nitrite and nitrate concentrations were measured in the Baikal-Lena Nature Reserve, minimum ammonium, phosphate, total phosphorous and silicon concentration were measured in the Baikal Nature Reserve. Nitrite and nitrate concentrations in snow in the catchment area of the Listvyanka water flows were in average 2-3 times higher than at the territories of the reserves. Concentrations of ammonium, total nitrogen, phosphate, total phosphorous were 4-6, 2.5, 2.5-5, 3-12 times respectively higher. Silicon content was comparable to that in the Baikal-Lena Nature Reserve (table). Although the snow stock in Listvyanka is more than 4 times less than in the Baikal Nature Reserve, various forms of phosphorous, ammonium and silicon in snow covering of this area are accumulated in larger quantities. (table 2). When the snow melts, biogenic elements are removed with snowmelt waters to the lake inducing eutrophication of the Listvyanka littoral zone for the last few years.

Table. Average content of biogenic elements in snow covering of different areas of Baikal shore in 2013, 2017, mg/dm^3.

Sampling site	NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+	N_{min}	N_{total}	PO_4^{3-}	P_{total}	Si
Baikal-Lena Nature Reserve	0.003	0.87	0.11	0.28	0.46	0.095	0.077	0.12
Baikal Nature Reserve	0.005	1.26	0.08	0.34	0.46	0.044	0.021	0.03
Listvyanka	0.009	2.57	0.47	0.95	1.16	0.232	0.256	0.13

Table 2. Average accumulation of biogenic elements in snow covering of different areas of Baikal shore in 2013, 2017, mg/m^2.

Sampling site	NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+	N_{min}	N_{total}	PO_4^{3-}	P_{total}	Si
Baikal-Lena Nature Reserve	0.2	58	7	18	31	6.6	5.2	8.1
Baikal Nature Reserve	1.0	245	15	67	95	7.6	3.7	4.7
Listvyanka	0.4	111	20	41	50	12.2	15.1	5.9

The work was done within the LIN SB RAS State Task #0345–2016–0008 “Assessment and Forecast of Ecological Status of Lake Baikal under Anthropogenic Stress and Climate Change”. The analyses were performed at the Shared Research Facilities of Physical and Chemical Ultramicroanalysis LIN SB RAS. We would like acknowledge the personnel of the Baikal-Lena and Baikal Nature Reserves for their help in snow sampling.

Нецветаева О.Г., Чебунина Н.С., Ходжер Т.В.

НАКОПЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИБАЙКАЛЬЯ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
r431@lin.irk.ru, nchebun@lin.irk.ru, khodzher@lin.irk.ru

В настоящее время эвтрофирование водных экосистем, обусловленное увеличением антропогенной нагрузки, является одной из основных экологических проблем в мире. Как известно, это происходит в результате увеличения содержания в воде биогенных элементов, преимущественно фосфора и азота. На Байкале первые признаки эвтрофикации литоральной области зафиксированы как на юге озера, в истоке р. Ангары, в бух. Большие Коты, так и на севере, в устье р. Тыя (Тимошкин и др., 2014 а, б).

Целью данной работы стала оценка уровней накопления биогенных элементов в снежном покрове Байкальского биосферного (юго-восточное побережье), Байкало-Ленского заповедников (северо-западное побережье) и в районе п. Листвянка (юго-западное побережье оз. Байкал). Юго-восточное побережье Байкала характеризуется большим количеством атмосферных осадков (до 1500 мм в год на северо-западном склоне хребта Хамар-Дабан). В этом направлении осуществляется основной перенос загрязняющих веществ из промышленных центров Иркутской области. На северо-западном побережье осадков выпадает в 3-4 раза меньше, а труднодоступность и удаленность территории заповедника от антропогенных источников позволяет отнести величины накопления изучаемых компонентов в снеге к фоновым значениям для всего Байкальского региона. Атмосфера в п. Листвянка, расположенном в Прибайкальском национальном парке, испытывает влияние как локального, так и частично региональ-

ного загрязнения от промышленных комплексов Прибайкалья. Локальные источники загрязнения атмосферы представлены мелкими котельными, домовыми печами и большим потоком автомобильного транспорта. Количественная оценка уровней накопления биогенных элементов в снежном покрове на разных участках побережья озера весьма актуальна как с точки зрения оценки экологического состояния атмосферы над Байкалом в холодный период, так и вклада атмосферных источников в поступление их в литоральную область акватории озера при снеготаянии.

Исследования химического состава снежного покрова на территории Байкало-Ленского (БЛЗ), Байкальского заповедников (БЗ) и в п. Листвянка начаты нами в конце прошлого столетия (Нецветаева и др., 2004; Сороковикова и др., 2004). В данной работе рассматриваются результаты снегомерных съемок 2013 г. на территории БЛЗ, 2017 г. – в БЗ и п. Листвянка. В БЛЗ снег отобран на северо-западном побережье озера и в бассейне р. Лены в таежной зоне, в БЗ – в верхнем и среднем течениях рек Переемная, Выдринная и Левая Мишиха. В Листвянке снегосъемки проводились в верхнем и нижнем течениях р. Крестовка, ручьев Каменушка, Большая и Малая Черемшанка. Содержание NH_4^+, NO_2^-, PO_4^{3-}, $P_{общ}$, $N_{общ}$, Si в снеговой воде определяли фотометрически (КФК-3-01, СПЕКС ССП-705, Россия), NO_3^- – методом хроматографии («Милихром А-02» Эконова, Россия; ионная система ICS-3000, Dionex, США) в аккредитованной лаборатории гидрохимии и химии атмосферы (Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.513855). Исследования выявили низкое содержание большинства определяемых компонентов на территории заповедников. В БЛЗ определены минимальные концентрации нитритов и нитратов, в БЗ – аммония, фосфатов, общего фосфора и кремния. В снежном покрове бассейна исследуемых водотоков в районе п. Листвянка содержание нитритов и нитратов в среднем в 2-3 выше, чем на территории заповедников. Концентрации ионов аммония выше в 4-6 раз, общего азота – в 2,5 раза, фосфатов – в 2,5-5 раз, общего фосфора – в 3-12 раз. Содержание кремния сравнимо с их значениями в БЛЗ (табл. 1). Несмотря на меньший (более чем в 4 раза) влагозапас в снеге в Листвянке по сравнению с БЗ накопление различных форм фосфора, аммония, кремния в снежном покрове этого района выше (табл. 2). При снеготаянии с талыми водами происходит вынос биогенных элементов в озеро, что сказывается на эвтрофикации литоральной области в п. Листвянка в течение последних нескольких лет.

Таблица 1. Среднее содержание биогенных элементов в снежном покрове различных районов побережья озера Байкал в 2013, 2017 гг., мг/дм^3.

Место отбора	NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+	$N_{мин}$	$N_{общ}$	PO_4^{3-}	$P_{общ}$	Si
Байкало-Ленский заповедник	0,003	0,87	0,11	0,28	0,46	0,095	0,077	0,12
Байкальский заповедник	0,005	1,26	0,08	0,34	0,46	0,044	0,021	0,03
Листвянка	0,009	2,57	0,47	0,95	1,16	0,232	0,256	0,13

Таблица 2. Среднее накопление биогенных элементов в снежном покрове различных районов побережья озера Байкал в 2013, 2017 гг., мг/м^2.

Место отбора	NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+	$N_{мин}$	$N_{общ}$	PO_4^{3-}	$P_{общ}$	Si
Байкало-Ленский заповедник	0,2	58	7	18	31	6,6	5,2	8,1
Байкальский заповедник	1,0	245	15	67	95	7,6	3,7	4,7
Листвянка	0,4	111	20	41	50	12,2	15,1	5,9

Работа выполнена по теме государственного задания ЛИН СО РАН №0345-2016-0008 “Оценка и прогноз экологического состояния озера Байкал …”. Анализы выполнялись в приборном ЦКП физико-химического ультрамикроанализа ЛИН СО РАН. Выражаем благодарность сотрудникам Байкало-Ленского и Байкальского заповедников за помощь в отборе проб снежного покрова.

Nigmatullin N.M., Frolova L.A.

ZOOPLANCTON COMMUNITIES IN TUNDRA LAKES OF THE PECHORA DELTA RIVER

Kazan Federal University, Kazan, Kremlevskaya st. 18
niyaz.nigmatullin.1995@mail.ru

A significant role in processes of accumulation organic and mineral components and vertical organic matter fluxes in lake ecosystems in the Pechora delta belongs to zooplankton. The study area is located within the Pechora delta, at the territory of the Nenets Nature Reserve. A total of 91 zooplankton taxa were identified, of which forty-three species belong to the Rotifera, thirteen species to the Copepoda and thirty-five species to the Cladocera. The most frequently occurring dominant species were *Conochilus unicornis*, *Notholca acuminata*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *Bosmina longirostris*, *Bosmina (Eubosmina) longispina*, *Chydorus sphaericus*, *Daphnia galeata*, *Eudiaptomus graciloides*, *Heterocope appendiculata* and immature stages of copepods. The average value of the abundance and biomass of zooplankton in the lakes studied was 135.15 thousand ind./m³ and 2,00g/m³. The Shannon index shows that the lake lies on the border between pure and moderately polluted waters (mean H=2.9±0.3). Pantle–Buck index modified by Sladecek and Zelinka–Marwan index described the studied lakes as the

β-mesosaprobic and oligosaprobic with deviation in β-mezosaprobic zone. The zooplankton community was represented mainly by widespread and pelagical organisms.

Нигматуллин Н.М., Фролова Л.А.

ЗООПЛАНКТОННЫЕ СООБЩЕСТВА ТУНДРОВЫХ ОЗЕР ДЕЛЬТЫ Р. ПЕЧОРЫ

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, ул. Кремлевская 18
niyaz.nigmatullin.1995@mail.ru

Большое количество пресных водоемов и водно-болотных угодий являются характерной особенностью Арктики и субарктических ландшафтов (Rautio, 2001). Экологические условия для организмов в арктических пресноводных экосистемах характеризуются суровыми кроткими вегетационными периодами, низкими температурами, высоким уровнем ультрафиолетового излучения и часто низким уровнем питательных веществ (Samchyshyna, 2008). В северных районах хрупкий баланс в пищевой цепи и самоочищающаяся способность водных экосистем существенно зависят от организмов зоопланктона (Nigamatzyanova, 2016). Значительная роль в процессах накопления органических и минеральных компонентов и в вертикальном переносе органического вещества в экосистемах озер дельты Печоры принадлежит зоопланктону. В настоящее время в связи с загрязнением водных экосистем стоит задача обработки первичной экологической информации для мониторинга. Состояние и структура сообществ гидробионтов дают наиболее полную информацию о качестве среды (Черевичко, 2011).

В дельте р. Печоры расположен государственный республиканский зоологический заказник «Ненецкий» и государственный природный заповедник «Ненецкий». В связи с этим промышленное освоение нефтегазоконденсатных месторождений не ведется и большинство буровых скважин законсервировано. Кумжинское газоконденсатное месторождение имеет уникальную историю: в течение семи лет было невозможно прекратить выброс газоконденсата из аварийной скважины, после чего она была заглушена подземным ядерным взрывом. Сведений об экологическом состоянии водоемов в дельте р. Печоры и на прилегающих к ней территориях к настоящему времени недостаточно (Стенина, 2004). Данное исследование призвано пополнить наши знания данными о современном состоянии зоопланктона водоемов дельты Печоры.

Регион исследования расположен за полярным кругом в дельте р. Печоры на территории заповедника «Ненецкий». В ходе летней экспедиции в 2017 году было отобрано 15 качественных и количественных образцов зоопланктона из 5 озер совместно с коллегами из Института Биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской Академии наук. В составе зоопланктона был идентифицирован 91 таксон, из которых 43 вида относятся к типу Rotifera, 13 видов к группе Copepoda и 35 видов к группе Cladocera. Наибольшее видовое разнообразие было отмечено в озере на острове Кашин (68°14.724′N, 053°51.875′E) (73 вида), а наиболее бедным был зоопланктон озера 17-Pe-03 (68°11.514′N, 053°47.603′E) (13 видов). По частоте встречаемости руководящими видами явились: *Conochilus unicornis*, *Notholca acuminata*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *Bosmina longirostris*, *Bosmina (Eubosmina) longispina*, *Chydorus sphaericus*, *Daphnia galeata*, *Eudiaptomus graciloides*, *Heterocope appendiculata* и неполовозрелые стадии веслоногих ракообразных. К редким видам принадлежали: *Brachionus calyciflorus*, *Notholca caudata*, *Lecane scutata*, *Testudinella incisa*, *Alona retangula*, *Bythotrephes crassicadus*, *Ilyocryptus agilis*, *Leptodora kindtii*, *Monospilus dispar* и *Pesceus schmeili*.

Среднее значение численности зоопланктона в исследованных озерах составило 135,15 тыс. экз./м³, (56% численности обуславливали представители типа Rotifera, 29% – Cladocera и 15% – Copepoda). Доминантами по численности были: *Brachionus angularis*, *Plaesoma truncatum* и *Asplanchna priodonta*. Среднее значение биомассы в дельте Печоры соответствовало значению 2,00г/м³. Биомассу зоопланктона определяли Cladocera, в меньшем количестве представлены Copepoda и Rotifera. Доминантами по биомассе были: *Limnosida frontosa*, *Polyphemus pediculus*, *Diacyclops bicuspidatus* и *H. appendiculata*.

По индексу видового разнообразия Шеннона водоемы оцениваются как чистые и умеренно-загрязненные (среднее значение H=2,9±0,3 бит). Индекс сапробности по Пантле и Букку в модификации Сладечека характеризует озера как β-мезосапробные. По методу Зелинки и Марвана озера оцениваются как олигосапробные с отклонением в β-мезосапробную зону. По биотопическому распределению в зоопланктоне озер преобладают пелагические виды, в меньшем количестве представлены прибрежные и эвритопные виды.

Полевые работы проведены при поддержке гранта РНФ (16-17-10118), лабораторные исследования выполнены в рамках государственной программы повышения конкурентоспособности Казанского (Приволжского) федерального университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров и проекта РФФИ (№18-05-00406).

Nikulina J.S.

GENETIC FEATURES OF CISCO POPULATION (*COREGONUS SARDINELLA*) OF THE YENISEI RIVER

National Research Tomsk State University, Tomsk city, Russia

Cisco (*Coregonus sardinella*) is a widespread and numerous group of the Coregonidae. Since the cisco populations of this region are very poor investigated, the aim of our work was the genetic polymorphism analysis of the cisco population of the Yenisei River. We analyzed the nucleotide sequences' polymorphism of two fragments of the mitochondrial DNA – ND1 and COI. For comparison we used information about cisco sequences of the GenBank (NCBI). Five haplotypes of the COI gene fragments were revealed for cisco of the Yenisei River. One of this haplotypes was widespread in cisco populations of the Europe, Siberia and North America. Three haplotypes were unique for population of the Yenisei River. Differentiation of the ND1 haplotypes of the Yenisei river cisco and the vendace

haplotypes was lower (mean p-distance 4.0%). These results allow us suggest that cisco of the Yenisei river is phylogenetical close to vendace of the European water bodies.

Никулина Ю.С.

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА СИБИРСКОЙ РЯПУШКИ (*COREGONUS SARDINELLA*) Р. ЕНИСЕЙ

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск

Ряпушка *Coregonus sardinella* (Valenciennes, 1848) – один из широко распространенных и многочисленных представителей семейства Сиговые (Coregonidae), обладает очень сложным полиморфизмом и высокой степенью адаптации к окружающим условиям, встречается в пределах обширного ареала – от Британских островов до Северной Америки (Устюгов, 1976). В реках и озерах Красноярского края сибирская ряпушка образует ряд локальных стад, которые имеют существенные различия в морфологии и экологии. В частности, в бассейне р. Енисей выделяют две полупроходных формы сибирской ряпушки туруханскую и карскую, которые нагуливаются в Енисейском заливе (Боброва, 1958; Устюгов, 1972).

Целью настоящей работы стало изучить особенности генетического полиморфизма и филогеографии ряпушки р. Енисей, прояснить вопросы ее филогенетических взаимоотношений с европейской ряпушкой.

Сбор материала по ряпушке проводились автором на р. Енисей (Левинские пески, близ г. Дудинка) в 2016 г. Полевые сборы и лабораторная обработка рыб проводились по общепринятым в ихтиологии методикам (Чугунова, 1959; Правдин, 1966).

В результате работы проанализирован полиморфизм нуклеотидных последовательностей двух фрагментов митохондриальной ДНК (мтДНК) – фрагмента, включающего ген субъединицы 1 NADH дегидрогеназного комплекса (ND1 фрагмент) и участка гена субъединицы 1 цитохром оксидазы (COI). ND1 и COI фрагменты исследованы для 16 особей туруханской формы ряпушки из р. Енисей. Длина анализируемых фрагментов составляла 526 пар нуклеотидов (п.н.) для COI и 1867 п.н. для ND1. Для сравнения мы использовали информацию базы данных GenBank (NCBI). Для исследованной популяции характерен высокий уровень гаплотипического разнообразия: 0,99 для ND1 и 0,74 для COI фрагментов. Уровень нуклеотидного разнообразия оказался невысоким: 0,00201 и 0,00435 для COI и ND1 соответственно. Последовательности COI фрагмента оказались отнесены к пяти гаплотипам, один из которых был общим с ряпушками из водоемов Европы и Северной Америки. Для ND1 фрагмента описано 13 гаплотипов, из них один включает более одной особи, остальные же гаплотипы являются уникальными. Дифференциация гаплотипов COI и ND1 фрагментов ряпушек невелика, средние значения p-дистанций 0,2 и 0,4%, соответственно.

Уровень генетического полиморфизма ряпушки из р. Енисей не превышает внутривидового. Кроме полиморфизма внутри исследуемой популяции оценивали уровень дивергенции ее с ряпушкой других водоемов. Оказалось, что даже наибольшие различия между последовательностями COI р. Енисей и последовательностями, взятыми в анализ из NCBI, не превышают максимальной дифференциации вариантов COI ряпушки из европейских водоемов. Так, максимальное число различий между гаплотипами COI ряпушки Европы достигает 11 синонимичных нуклеотидных замен. Депонированных последовательностей COI сибирской ряпушки в базе данных NCBI значительно меньше, чем европейской; большая часть из них соответствует распространенному гаплотипу. Молекулярно-генетический анализ наряду с морфологическими признаками свидетельствует о низком уровне дифференциации популяции ряпушки р. Енисей и европейской ряпушки. История заселения ряпушкой исследованного водоема сложна: в своем происхождении популяции этого региона связаны как с вселенцами с запада (возможно из водоемов Европы), так и с востока (из басс. р. Колымы).

Obolewski K.[1], Bąkowska M.[1], Burandt P.[2], Kobus Sz.[2], Mrozińska N.[1], Szymańska M.[1], Sidoruk M.[2]

PATTERNS OF REGIME SHIFTS IN COASTAL LAKES BASED ON STRUCTURE OF BOTTOM INVERTEBRATES

[1]Departament of Hydrobiology, Kazimierz Wielki University, 30 Chodkiewicza Str., 85-064 Bydgoszcz, Poland
[2]Department of Water Resources, Climatology and Environmental Management, University of Warmia and Mazury, Łódzki Sq. 2, 10-719 Olsztyn-Kortowo, Poland
obolewsk@ukw.edu.pl tel.

Along the southern Baltic coast there are numerous fresh water bodies; their origins are closely related to the history of the Baltic sea and Scandinavian glaciation. They are strongly threatened by various anthropogenic impacts but remain largely understudied. Coastal lakes are protected as priority habitats under the European Union Natura 2000 programme (code 1150). Polish coastal lakes all belong to the broad category of lagoons. However, their different origins and levels of connectivity with the sea justify a more detailed classification. Differences among these lakes concern physicochemical properties of the water as well as the structure of biocenoses inhabiting them. In the present paper, the structure of benthic fauna in relation to hydrological connectivity with the sea is presented as one of the most important indicators of the ecological status of coastal lakes and an attempt is undertaken at evaluating the current ecological state of selected lakes in the context of the protection of priority habitats for the protection of European biodiversity.

Biological samples were collected at three-month intervals in 2014-2015 from ten southern Baltic coastal lakes. The lakes differed in the level of hydrological connectivity with the sea, ranging from permanently connected to fresh water ones. The number of samples collected in each lake depended on its surface area (maximum 1 sample per

75 ha). Samples were taken with the Ekman dredge (225 cm^2 surface area) and sieved on limnological sieve (mesh diameter 0.5 mm). The procedure was repeated three times. In total, 284 bottom sediment samples containing bottom invertebrates were collected. In the laboratory the organisms were assigned to the lowest possible taxonomic level. Wet mass of organisms [g] was determined and referred to m^2. The data on the density of organisms were related to particular type of lakes: freshwater (F), transitional (T) and brackish water (B). For these types of lakes Shannon diversity index (H') and evenness Pielou index (J') were calculated.

The highest number of species (14) was observed in Jamno Lake (F) isolated from inflows of sea water. Only in Łebsko (B) occasionally marine species were observed. The highest density of organisms was determined in Ptasi Raj (B) - 1899.0 indiv·m^{-2} and the lowest in Liwia Łuża Lake (F) – 176.8 indiv·m^{-2}. In general, an increase in the density of bottom macrofauna was observed from the west to the east. According to the lake classification system, the abundance of macrozoobenthos increased in the following order: B>T>F. However, it did not fit with Shanon's biodiversity index, which was highest in Jamno Lake (H'=3.801) and lowest in Ptasi Raj Lake (H'=0.781). In general, high H' values were observed in brackish water bodies (H'=4.029) and in the lakes periodically fed with salty waters (H'=4.029).

This phenomenon is reflected in the Pielou evenness index (J'), which was highest in the lakes with periodically brackish water (T) (0.592), and lowest in the brackish coastal lakes (B) (0.115). The biomass of identified bottom fauna was the highest in Jamno Lake (F) and amounted to approximately 12.0 g_{mm}·m^{-2}. This was due to the abundant presence of bivalves (*Unio pictorum* and *Sphaerium* spp.). The lowest biomass of macrozoobenthos was observed in the freshwater lake – Dołgie Wielkie (approximately 0.2 g_{ww}·m^{-2}). According to the lake classification system the biomass of macrozoobenthos increased in the following order: T>F>B.

Hydrological characteristics were the main factor determining the functionality of bottom biocenoses of coastal lakes. In the lakes periodic supply of sea water (T), high diversity of bottom invertebrates was observed, while in the lakes with constant supply of brackish water (B), biodiversity was the lowest. The highest abundance of bottom invertebrates was observed in the lakes hydrologically isolated from the sea (F), while the highest biomass was observed in the lakes periodically connected with sea water (T). In all types of coastal lakes, zoocenotic simplification based on Oligochaeta and Diptera (Insecta) was observed. This indicates a high level of eutrophication of the studied lakes, and points to the need of planned restoration treatments.

This study was supported financially by the National Science Centre, grant no. UMO-2012/07/B/ST10/04359.

Obolklin V.A.[1], Bondarenko N.A.[1], Volkova E.A.[1], Netsvetaeva O.G. [1], Chebunina N.S. [1], Okane D.[2], Ohira S.[2], Toda K.[2]

PECULIARITIES OF BIOLOGY OF DINOPHYTA ALGAE FROM OBSERVATION AT LISTVENNICHNOYE BAY, SOUTH BAIKAL

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Department of Chemistry, Kumamoto University, Kurokami, Kumamoto 860-8555, Japan
obolkin@lin.irk.ru

In the report a seasonal and year to year changeability of number and biomass of main representatives of Dinophyta algae and possible reasons of these changes are considered according observations at Listvennichnoye Bay in 2015-2018. It was observed that during a spring season the cell number sharply grows then the air temperature during a day starts to pass across the 0°C.

In 2018 the unusual high quantity (compare with previous years) of *Gymnodinium baicalense* was observed. The peculiarity of winter 2018 condition was larger amount of snow cover at the lake ice (20-30 cm). That could contribute some extra nitrate (biogenic compound) into ice pore water. It was observed also that *G. baicalense* produce dimethyl-sulfa-propionate that is well known for salty water but is unusual for freshwater.

Оболкин В.А.[1], Бондаренко Н.А.[1], Волкова Е.А.[1], Нецветаева О.Г. [1], Чебунина Т.С. [1], Okane D.[2], Ohira S.[2], Toda K.[2]

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ ДИНОФИТОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В ЗАЛИВЕ ЛИСТВЕНИЧНЫЙ, ЮЖНЫЙ БАЙКАЛ

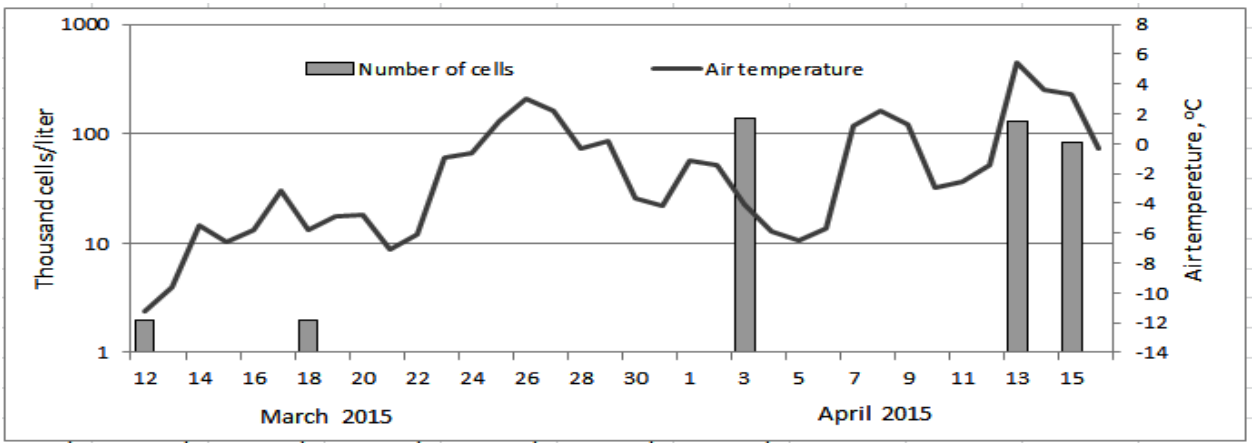
[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Department of Chemistry, Kumamoto University, Kurokami, Kumamoto 860-8555, Japan
obolkin@lin.irk.ru

Динофитовые являются одной из основных групп водорослей на Байкале, а в отдельные годы во время весеннего цветения эта группа становится доминирующей (Антипова, 1954; Поповская, 1979; Бондаренко и др., 2004). В последние годы с массовым развитием отдельных представителей этой группы (род *Gymnodinium*) связывают возрастание концентраций метилсернистых соединений в воде озера (Toda et al., 2015). Эти соединения, прежде всего диметилсульфопропионад (ДМСП), обычно играют роль осмопротекторов в клетках водорослей морей и соленых озер. Однако, как оказалось, и в Байкале, несмотря на низкую минерализацию его вод, отдельные представители динофитовых производят ДМСП в больших количествах в период массового размножения в весеннем льду озера. Возможно, одной из причин этого является морское происхождение эндемика озера *Gymnodinium baicalense* от арктических видов (Annenkova, 2013).

В настоящем докладе рассматривается сезонная и межгодовая изменчивость биомассы основных представителей Dinoflagellates и возможные причины таких изменений по наблюдениям в заливе Лиственничный в 2015-2018 годы. В частности, во время сезона цветения численность клеток динофитовых обычно резко возрастает, когда температура воздуха в течение суток начинает переходить через

0°С что, по-видимому, приводит к образованию микропор во льду озера, в которых и начинают размножаться динофитовые. Пример связи численности *G. baicalense* и температуры воздуха представлен на приведенном ниже рисунке (шкала логарифмическая).

В 2018 г. наблюдалось существенное (по сравнению с предыдущими годами) увеличение численности и биомассы водорослей *G. baicalense*. Особенностью зимних условий 2018 года являлось необычно большое количество снега на льду озера - до 20-30 см. Известно, что в атмосферных осадках, особенно в снежном покрове, концентрации нитратов (одни из основных биогенных соединений) в несколько раз выше, чем в воде Байкала (Оболкин и др., 2016). Возможно, проникновение этих соединений внутрь льда после таяния снега (обычно начало апреля) является причиной резкого роста биомассы динофитовых водорослей в порах льда и в поверхностной воде озера (таблица). В частности, в 2018 году численность *G. baicalense* в апреле 2018 г. стала быстро нарастать после того как снежный покров на льду растаял и, по-видимому, впитался верхним слоем льда. Колонии динофитовых визуально (при осмотре трещин и прорубей), в виде желтых пятен, чаще наблюдались в верхней половине толщи льда, ближе к его поверхности и практически отсутствовали на нижней поверхности льда. При этом наблюдалась хорошая корреляция между численностью *G. baicalense* и концентрацией ДМСП в поверхностных пробах воды.



Температуры воздуха и численность *G. baicalense*, 2015 г.

Таблица. Максимальная численность клеток *G. baicalense* в поверхностном слое воды в апреле и количество атмосферных осадков в феврале-марте

	2015	2016	2017	2018
Максимальная численность, кл./л	138800	206269	15704	471210
Количество атмосферных осадков февраль-март, мм	17,5	24,7	21,2	26

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта РФФИ-JSPS (Япония) №18-55-50001\18.

Obolkina L.A.

INTERANNUAL DYNAMIC OF SPRING CILIATES IN SOUTHERN BAIKAL

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
ola@lin.irk.ru

One of peculiar features of Baikal plankton is its spring under-ice peak. Coldwater Baikal ciliates grow in this particular period. The abundance and species composition of ciliates depend on the phytoplankton development stage. The higher is the proliferation of the former, the more abundant and diverse are the spring ciliates in the lake plankton. During years of high phytoplankton production, the polydominant ciliate complex included Baikal species, whereas the total abundance of spring ciliates was much lower in the years of low phytoplankton productivity, the majority being composed of one-two oligotrich species. Nonetheless, during 1994-2007 the total spring ciliate abundance rarely reached 5-6 thousand cells/l in the epilimnion of Southern Baikal even during years of high phytoplankton productivity.

Recently, changes in spring ciliates of the Southern Baikal pelagial have become more evident. Interannual variations in the dominant species composition actually disappeared. Every year spring community is dominated by oligotrichs: two year-round *Limnostrombidium viride, Strombidium gracile* species, Baikal tintinnids and scuticociliatida *Histiobalantium (Sulcigera) comosa*. Total abundance of spring ciliates ran as high as 11-25 thousand cells/l, i.e. the dominant species composition corresponded to that of the low productivity periods, meanwhile the abundance of ciliates 2-3 times exceeded that of the high productivity time.

The reasons of such changes remain unclear. They also occur in Baikal phytoplankton when the dominant species change. Moreover, comparison of our data with the data of Gajewskaja N.S. (1933), V.M. Kaplin (1969, 1970) and M.B. Eggert (1971) showed that changes of the species composition of spring ciliates and their quantitative development started in 60's of the past century.

Оболкина Л.А.

МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА ВЕСЕННИХ ИНФУЗОРИЙ В ЮЖНОМ БАЙКАЛЕ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
ola@lin.irk.ru

Одной из характерных особенностей байкальского планктона является весенний подледный пик развития. Именно в это время в озере развиваются холодолюбивые «байкальские» инфузории. Численность инфузорий и видовой состав зависят от уровня развития фитопланктона. Чем выше урожайность последнего, тем богаче и разнообразнее представлены весенние инфузории в планктоне озера. В высокопродуктивные по фитопланктону годы полидоминантный комплекс инфузорий включал байкальские виды. В малопродуктивные годы общая численность весенних инфузорий была гораздо ниже, и основную долю ее создавали один-два вида олиготрих. Тем не менее, в период 1994-2007 гг. даже в высокопродуктивные годы общая численность весенних инфузорий в эпилимнионе Южного Байкала редко превышала 5-6 тыс. кл./л.

За последние годы изменения в весеннем развитии инфузорий пелагиали Южного Байкала стали более заметны. Практически исчезли межгодовые различия состава доминантов. Ежегодно весной преобладают олиготрихи два круглогодичных вида *Limnostrombidium viride, Strombidium gracile,* байкальские тинтинниды и скутикоцилиатида *Histiobalantium (Sulcigera) comosa*. Общая численность весенних инфузорий увеличилась до 11-25 тыс. кл./л, т.е. при составе доминантов более соответствующем малопродуктивным годам уровень количественного развития инфузорий в 2-3 раза превышает таковой в прежние высокопродуктивные годы.

Причины этих изменений пока неясны. Происходят они на фоне смены доминантов и у байкальского фитопланктона. Более того, сравнение наших данных с данными Н.С. Гаевской (Gajewskaja, 1933), В.М. Каплина (1969, 1970) и М.Б. Эггерт (1971) показало, что изменение видовой структуры весенних инфузорий и их количественного развития начались еще в 60-е годы прошлого столетия.

Onishchuk N.A., Marinaite I.I., Khodzher T.V., Ivanov V.G.

THE CURRENT HYDROCHEMICAL STATE OF SMALL TRIBUTARIES OF LAKE BAIKAL NEAR LISTVYANKA SETTLEMENT

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

Investigation of the chemical composition of the rivers in the Listvyanka village is showed a significant effect of the means of the village subsistence on the rivers water quality in estuarine areas. The chemical composition of the watercourses is substantially transformed by flowing through a small area about 1-2 km inside the Listvyanka village due to the involvement of anthropogenic impact in the formation of water quality. In the estuaries, the content of biogenic elements, salt composition, oil products and PAHs increase in river waters.

Онищук Н.А., Маринайте И.И., Ходжер Т.В. Иванов В.Г.

СОВРЕМЕННОЕ ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ ПРИТОКОВ ОЗЕРА БАЙКАЛА В РАЙОНЕ ПОС. ЛИСТВЯНКА

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
onischuk@lin.irk.ru

Антропогенный фактор стал определяющим в трансформации природных условий, существенном преобразовании и деградации наземных и водных экосистем. Процессы снижения биологического разнообразия и качества природной среды становятся более заметными и необратимыми.

Исследование химического состава рек Крестовка, Малая и Большая Черемшанка, Каменушка (пос. Листвянка) проводились нами в период 2015-2018 гг. ежемесячно. Первые исследования рек в районе Листвянка проведены в 50-х годах Вотинцевым К.К. и продолжены в конце 90-2000 годах. Для выявления антропогенного воздействия нами было выбрано по две точки отбора для каждой реки до поселка и в устьевой части рек в месте впадения в оз. Байкал. Вода рек существенно трансформируется по химическому составу протекая по небольшой территории примерно в 1-2 км внутри поселка Листвянка вследствие вовлечения в формирование качества воды антропогенного воздействия. В устье реки в химическом составе увеличивается содержание не только биогенных элементов, но и общий солевой состав.

Менее подвержен изменениям по течению химический состав реки Крестовка как самой полноводной и реки Каменушка. В составе воды р. Крестовка отмечается возрастание суммы ионов к устью в 1,1-1,2 раза в период паводка в марте в 1,5-2 раза от 62 до 90 мг/ дм^3. Для рек Бол. и М. Черемшанка сумма ионов в устьевых участках возрастает в 1,5-2 раза выше чем в местах отбора выше поселка. а в период паводка в 4-9 раз от 100 до 900 мг/дм^3. Увеличение содержания органического углерода и биогенных элементов происходит не только в период паводка, но и в зимний период, когда малая водность рек не способствует разбавлению сточных хозяйственно-бытовых вод.

Для сравнения интенсивности процессов загрязнения рек в устьевых участках данные по фосфатам и соединениям азота были сравнены с исследованиями 50-х годов. В точках отбора выше поселка концентрации фосфатов и соединений азота сопоставимы с данными 50 годов, а в устьевых участках наблюдается значительное превышение.

В водных объектах интенсивно идет процесс токсикофикации – накопления токсикантов в различных элементах водной экосистемы. В отдельные периоды времени природная вода становится токсичной для гидробионтов различных трофических уровней. К наиболее распространенным экотоксикантам, загрязняющим экосистему водоемов относятся нефтепродукты и полициклические ароматические

углеводороды. Концентрации нефтепродуктов в водах рек в различные сезоны 2016-2018 гг. изменялись от <0,005 до 0,79 мг/дм^3. Увеличение концентраций отмечено в весенний период (март), в результате интенсивного таяния снежного покрова, в котором нефтепродукты накапливаются в течение всего зимнего периоды. Превышение ПДК нефтепродуктов для водоёмов рыбохозяйственного назначения (0,05 мг/дм^3) отмечено в марте 2016 и 2017 гг. в устье рек Малая Черемшанная (0,11 и 0,78 мг/дм^3) в 2,2 раза и в 15,6 раза соответственно, Большая Черемшанная (0,71 и 0,79 мг/дм^3) в 14,2 раза и в 15,8 раза. Для Каменушки (0,22 и 0,088 мг/дм^3) превышение в 4,4 раза и в 1,8 раза. В летние месяцы 2017 г. концентрации нефтепродуктов в воде исследуемых рек были минимальными от <0,005 до 0,017 мг/дм^3, при среднем значении 0,005 мг/дм^3. Небольшое увеличение содержания отмечено в июне, июле в устье р. Большая Черемшанная (0,011 и 0,017 мг/дм^3) и в июне в р. Малая Черемшанная (0,012 мг/дм^3), в период увеличения потока автомобильного транспорта в начале туристического сезона. В осенний период (сентябрь, октябрь, ноябрь) 2017 г. концентрации нефтепродуктов изменялись от аналитического нуля (<0,005) до 0,020 мг/дм^3, а средние значения исследуемых веществ были выше летних - 0,008 мг/дм^3. В зимний период 2017- 2018 гг. концентрации нефтепродуктов изменялись от <0,005 до 0,15 мг/дм^3, при среднем значении 0,021 мг/дм^3. Высокие значения и превышение ПДК зафиксировано в январе 2018 г. в устье рек Малая (0,059 мг/дм^3) и Большая Черемшанная (0,15 мг/дм^3), обусловленные попаданием загрязненного снега с поверхности дорожного полотна в устьевые участки рек. На заболоченном участке в верховье р.Крестовка в январе 2017 г. (0,15 мг/дм^3) так же обнаружено высокое содержание нефтепродуктов (0,15 мг/дм^3), за счет вторичного загрязнения из донных отложений.

В пробах поверхностной воды из рек в районе п. Листвянка, отобранных в различные сезоны 2016-2017 гг., суммарные концентрации 12 ПАУ изменялись от 6,2 до 550 нг/дм^3. Наиболее высокие величины полиароматических соединений и их суммы отмечены в весенний период. В марте 2016 г. повышение концентраций определено в устье рек Каменушка (550 нг/дм^3), Большая Черемшанная (426 нг/дм^3) и Малая Черемшанная (127 нг/дм^3). Превышения гигиенических норматив по бенз(а)пирену (5 нг/дм^3) в 4,6 раза обнаружено в р. Каменушка и 5 раз - в р.Большая Черемшанная. В воде р.Крестовка повышение концентраций (137 нг/дм^3) наблюдалось в январе 2017 г. в верховье реки. Из полиароматических соединений преобладали малоядерные ароматические углеводороды, такие как фенантрен, флуорантен, пирен, хризен. Результаты исследований позволяют заключить, что устьевые участки всех рек пос. Листвянка загрязнены биогенными соединениями и токсичными химическими веществами, уровень загрязнения в отдельные периоды года высокий. Интенсивно идут процессы токсификации и эвтрофикации водной экосистемы рек пос. Листвянка.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме: 0345–2016–0008 «Оценка и прогноз экологического состояния озера Байкал …».

Osipov E.Y.

RECONSTRUCTION OF THE LITTLE ICE AGE GLACIERS IN THE KODAR RANGE, SOUTH-EAST SIBERIA

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
eduard@lin.irk.ru

Mountain glaciers are sensitive indicators of climate and changes in their area, length and volume allow quantifying climate fluctuations. The maximum advances of Holocene glaciers in in many regions of the Earth occurred during the Little Ice Age (LIA), a time of global cooling widely manifested in the 14th-19th centuries. Kodar is the easternmost glaciarized mountain range in the south of Eastern Siberia, with about 40 small (<1.2 km^2) glaciers. The maximum LIA extents of Kodar glaciers are well expressed by the non-grounded terminal moraines, located at several hundred meters down from the modern glaciers termini. These moraines have a fresh morphology and were dated by lichenometry (lichen *Rhizocarpon geographicum* L.) as deposited at the end of 18th – the beginning of 19th centuries. We mapped terminal moraines and LIA extents of the glaciers based on field surveys, GIS analysis of topographic maps, Landsat, Cartosat and Google Earth satellite imagery. Since the LIA (~1850) to 2010, the area of the Kodar glaciers decreased from 21 km^2 to 9 km^2 or by 57% (0.36% year^{-1}) and glacier snouts retreated, on average, by 400 m. Using the toe-to-headwall altitude ratio (THAR) method, the equilibrium line altitudes (ELA) on the LIA glaciers were estimated. Compared with the modern conditions, the ELAs during the LIA were lower by 50-70 m. The glaciers retreat coincided with the ELA increasing. Depression of the ELA during the LIA was equivalent to decrease of mean summer temperature by 0.4°C. In general, the obtained results confirm a previous conclusion of more intensive deglaciation of Kodar glaciers in comparison with other regions of Siberia.

Осипов Э.Ю.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛЕДНИКОВ ХРЕБТА КОДАР (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ) ВО ВРЕМЯ МАЛОГО ЛЕДНИКОВОГО ПЕРИОДА

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
eduard@lin.irk.ru

Горные ледники являются чувствительными индикаторами климата и изменения их площади, длины и объема позволяют количественно оценить колебания климата. Максимальное наступание ледников в голоцене во многих районах Земли относится к Малому ледниковому периоду (МЛП), времени глобального похолодания проявившегося в XIV-XIX веках. Кодарский хребет является самым восточным центром современного горного оледенения на юге Восточной Сибири, где сосредоточено около 40

малых (<1,2 км^2) ледников. Максимум распространения ледников Кодара во время МЛП хорошо выражен в виде незадернованных конечных морен, расположенных в нескольких сотнях метров от концов современных ледников. Эти морены имеют свежий морфологический облик и датируются лихенометрическим методом (по лишайнику *Rhizocarpon geographicum* L.) концом XVIII – началом XIX вв. Мы выполнили картирование морен и границ ледников МЛП на основе полевых съемок, ГИС-анализа топографических карт, космических снимков Landsat и Cartosat и изображений Google Earth. С конца МЛП (~ 1850 г.) по 2010 г. площадь ледников Кодара сократилась с 21 до 9 км^2 или на 57% (или 0,36% в год), концы ледников отступили, в среднем, на 400 м. С помощью гипсометрического метода (THAR) была рассчитана высота границы питания ледников во время МЛП. По сравнению с современной, граница питания во время МЛП была ниже на 50-70 м. Отступание ледников сопровождалось повышением границы питания. Депрессия границы питания во время МЛП была эквивалентна снижению средней летней температуры на 0,4°С. В целом, полученные результаты подтверждают вывод о более интенсивной дегляциации ледников Кодара по сравнению с другими регионами Сибири.

Osipov E.Y.

SUBMERGED SHORELINES IN SOUTHERN BAIKAL AND LAKE LEVEL CHANGES DURING THE LATE PLEISTOCENE-HOLOCENE

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
eduard@lin.irk.ru

Submerged terraces are reliable geomorphological indicators of low level stands caused by both climatic and tectonic factors (or by a combination of them). Evidence of lower levels of Lake Baikal in Pleistocene was previously found in Selenga delta area, Olkhonsky Gates' strait and along the north-eastern coast. We presents the results of study of subaqueous morphology of the southeastern lake coast (about 60 km long), between the rivers Pankovka and Pereemnaya. A series of transverse bathymetric profiles in the 0-200 m depth range was obtained with using single beam echo sounder. The morphological analysis of bathymetric data revealed the present shelf edge at average depth of 16 m and submerged terraces at depths of 35-55, 65- 75, 85-95, 105-115, 125-135 and 165-180 m. We found subaqueous banks and ridges at depths of 35-75 and 60-175 m, which are seem to be the moraines of Vydrinaya and Pereemnaya valley paleoglaciers. The revealed submerged terrace at depth of 35-55 m confirm an earlier data obtained in other Lake Baikal areas suggesting about 40-45 m level decrease in Late Pleistocene. A good correlation of the 35-55 m submerged terraces in different parts of Lake Baikal may indicate a predominantly climatic origin of the level change. *In-situ* remains of mammoth *Mammuthus primigenius* Blum. on the surface of the Murino Bank (at depth of 30 m) allows to correlate the last lake regression with the Karga interstadial time (MIS 3, about 45 ky BP). The large width of shelf zone (from 500 to 1500 m) is associated with long-term lake level stabilization in Holocene.

Осипов Э.Ю.

ПОДВОДНЫЕ БЕРЕГОВЫЕ ЛИНИИ В ЮЖНОМ БАЙКАЛЕ И ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ОЗЕРА В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ-ГОЛОЦЕНЕ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
eduard@lin.irk.ru

Подводные террасы являются надежным геоморфологическим индикатором низких уровней, обусловленных как климатическими, так и тектоническими причинами (или их сочетанием). Свидетельства более низкого уровня озера Байкал в плейстоцене были ранее обнаружены в районе дельты р. Селенги, проливе Ольхонские Ворота и северо-восточном побережье. Мы представляем результаты исследования подводной морфологии юго-восточного участка побережья озера (протяженность около 60 км), между реками Паньковка и Переёмная. С помощью эхолота-картплоттера была получена серия поперечных батиметрических профилей в глубинном диапазоне 0-200 м. В результате морфологический анализ батиметрических данных была выявлена граница современного шельфа (в среднем, до глубины 16 м) и террасовидные площадки на глубинах 35-55, 65-75, 85-95, 105-115, 125-135 и 165-180 м. На глубинах 35-75 и 60-175 м обнаружены подводные валы и гряды, представляющие собой затопленные моренные комплексы Выдриной и Переемной. Выявленные подводные террасы на глубинах 35-55 м подтверждают более ранние данные из других районов озера о снижении его уровня в позднем плейстоцене на 40-45 м. Хорошая корреляция 35-55 м подводной террасы на разных участках Байкала может свидетельствовать о преимущественно климатической природе снижения уровня. Находка *in-situ* останков мамонта *Mammuthus primigenius* Blum. на поверхности Муринской банки (на глубине 30 м) позволяет датировать последнюю регрессию Байкала каргинским временем (МИС 3, около 45 тыс. л.н.). Большая ширина шельфовой зоны (от 500 до 1500 м), связана с продолжительной стабилизацией уровня озера в голоцене.

Osipova O.P.

SUMMER ATMOSPHERIC CIRCULATION PATTERNS OVER THE GLACIARIZED ZONE OF THE BAIKALSKY RIDGE

V.B. Sochava Institute of Geography of SB RAS, Irkutsk, 664033, Ulan-Batorskaya st.,
olga@irigs.irk.ru

Changes in surface mass balance of mountain glaciers are closely linked to changes in climate and atmospheric circulation. Here we studied the relations between summer melting of glaciers of Baikalsky Ridge, south Siberia, and the middle-to-large scale atmospheric circulation patterns. Using daily synoptic data 500, 700 and 850

hPa isobaric surfaces of NCEP/NCAR reanalysis, HYSPLIT air mass trajectories and temperature measurements in glaciarized basins we analyzed atmospheric circulation patterns during the ablation seasons (June-August) for the period of 2001-2017. We identified different types of atmospheric circulation within the ablation periods characterizing different rates of ice/snow melting. Frequency of occurrence of these atmospheric circulation patterns results in shifts in weather and climate conditions, changes in rates of glacier shrinkage.

Осипова О.П.

ЛЕТНИЕ АТМОСФЕРНЫЕ ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НАД ЛЕДНИКОВОЙ ЗОНОЙ БАЙКАЛЬСКОГО ХРЕБТА

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Улан-Баторская 1
olga@irigs.irk.ru

Байкальский хребет расположен вдоль западного побережья оз. Байкал. Его вершины достигают 1900-2200 м, а средняя высота – 1700 м. На Байкальском хребте имеется два маленьких ледника общей площадью около 0,6 км^2 (Osipov, Osipova, 2014; Осипов, Осипова, 2015). Ледник Черского расположен на юго-восточном склоне хребта у подножья его высочайшего массива – горы Черского (2588 м). Второй ледник находится в соседнем каре, он деградирует и разделился на две части. Эти ледники были впервые обнаружены и исследованы в 1970-80 годах (Алешин, 1982). Однако циркуляционные механизмы, обуславливающие динамику ледников, ранее не исследовались, а первые такого рода исследования изложены в работах (Осипов, Осипова, 2016; Osipov, Osipova, 2017). Цель исследования – выявление взаимосвязей между летними циркуляционными механизмами в нижней тропосфере и таянием ледников Байкальского хребта. В качестве исходных данных использовались ежесуточные приземные карты и карты барической топографии на высотных уровнях 500, 700 и 850 гПа за июнь–август 2001–2017 гг. Температурный режим ледниковой зоны исследовался по данным реанализа NCEP/NCAR (Kalnay et al., 1996). Рассчитанные суммы положительных температур (СПТ) на уровне ледниковой зоны за 2001-2017 гг., выступили в роли потенциального показателя интенсивности абляции ледников. Объектами синоптического анализа: воздушные массы, атмосферные фронты, циклоны, антициклоны и другие формы барического рельефа. Для комплексной характеристики поля давления брались приземные карты, их дополняли карты барической топографии. Направления переноса воздушных масс в район Байкальского хребта анализировались по модели обратных траекторий HYSPLIT (http://ready.arl.noaa.gov/hypub-bin/trajasrc.pl).

Главными факторами, определяющими климатические особенности в районе озера Байкал, являются: общая циркуляция атмосферы, сложная орография, а также удаленность от океанов. Большое влияние на климатические изменения оказывают синоптические процессы. В летний период над Байкальским хребтом преобладает циклоническое барическое поле, а также частные антициклоны с периодом существования 1-2 дня. Наиболее интенсивно ледники сокращались в период с 2001 по 2011 гг., что можно объяснить значительным повышением температуры (на 2,5°С) в 1970-2000-х гг. Максимальная температура отмечалась в 2001-2002, 2015-2016 гг., что подтверждают суммы положительных температур (СПТ) над исследуемой ледниковой зоной. В целом пять лет (2001-2005) были экстремально теплыми в рассматриваемом регионе, что способствовало таянию ледников. Суммы положительных температур на Байкальском хребте за исследованный период демонстрируют отрицательный тренд, что приводит к снижению интенсивности абляции в ледниковой зоне. Для ледников Байкальского хребта наибольшее таяние происходило при антициклоническом барическом поле и частных антициклонах, которые образуются в районе Байкала. Такие антициклоны приносят ясную, безоблачную погоду и высокие положительные температуры. Минимальное таяние наблюдается при вторжении арктических циклонов и циклоническом барическом поле. Согласно модели HYSPLIT, доминирующим направлением для летних периодов с максимальными СПТ являлось юго-западное (80% случаев) и северо-западное (20% случаев). В наиболее холодное лето (2013 г.) преобладающим направлением в 90% случаев являлось северное и северо-западное.

Установлено, что на процессы таяния ледников оказывает существенное влияние атмосферная циркуляция. Выявлены типы барических образований, способствующие увеличению и уменьшению абляции ледников. Можно сделать вывод, что климатические условия в гляциальной зоне исследуемого региона характеризуют две основные особенности. Во-первых, создание локальных барических образований, особенно повышенного давления происходит под воздействием орографического фактора. Во-вторых, блокирующий теплый антициклон над центральными районами Якутии и выход южных циклонов с Монголии в район Байкала.

Ovdina E.A., Strakhovenko V.D., Solotchina E.P.

THE CARBONATES FORMATION ON THE ENVIRONMENT BOUNDARIES IN THE HOLOCENE SEDIMENTS OF SMALL LAKES OF SIBERIA

The V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Acad. Koptyug ave., 3, Novosibirsk, 630090
ovdina@igm.nsc.ru

It is established that in lakes of the South of Siberia there is autigenic formation of calcite-dolomite series carbonates. Calcite formation occurs in lakes with mineralized type, with the value of TDS less than 1 or more than 50 g/l. Low-magnesian calcite containing <4-5mol.% $MgCO_3$ in the structure and aragonite is ubiquitous in lakes of different composition and values of TDS (from fresh to brines). It is common in freshwater lakes hydrocarbonate-sodium composition. Intermediate magnesian calcite with a content of 5-18 mol.% $MgCO_3$ in the structure is distributed mostly in brackish lakes of chloride-hydrocarbonate composition. High-magnesian calcite with a content of 30-43 mol.% $MgCO_3$ distributed in the lakes with the TDS above 3 g/l. Excess-Ca dolomite in the structure of which an excess of $CaCO_3$ can be up to 7 mol.% relative to stoichiometric dolomite and dolomite are common in salt lakes and brines. Low-magnesian calcite and aragonite are the main autigenic minerals of the water-algae surface. Formed directly on the surface of aquatic vegetation and visible to the naked eye.

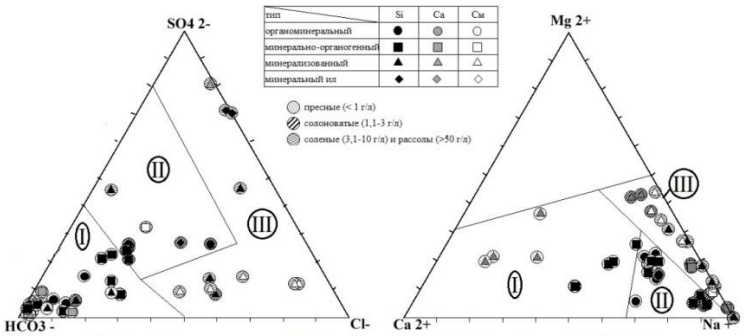
Овдина Е.А., Страховенко В.Д., Солотчина Э.П.

ОБРАЗОВАНИЕ КАРБОНАТОВ НА ГРАНИЦАХ РАЗДЕЛА СРЕД В ГОЛОЦЕНОВЫХ ОСАДКАХ МАЛЫХ ОЗЕР СИБИРИ

Институт геологии и минералогии СО РАН им. В.С. Соболева, Россия, г. Новосибирск, пр. Ак. Коптюга, 3, 630090
ovdina@igm.nsc.ru

Территория исследования охватывает юг Сибири. Произведен пробоотбор компонентов озерных экосистем. Фактический материал проанализирован комплексом современных аналитических методов. Наряду с другими аутигенными минералами, установлено формирование карбонатов кальцит-доломитового ряда и арагонита на границах раздела сред: вода-водоросли и вода-дно. Цель работы: исследование аутигенных минералов кальцит-доломитового ряда на границах раздела сред вода-водоросли и вода-дно в озерах юга Сибири. Объекты исследования**:** малые озера, которые объединены по составу и значению общей минерализации вод, типу/классу донных отложений (ДО) и аутигенной минерализации. Полевые и аналитические исследования показали, что ДО исследуемых малых озер представлены сапропелями и минеральными илами. В зависимости от состава органической и минеральной частей (зольности) сапропели подразделяем на типы и классы (Страховенко и др., 2016). На границе вода - дно в верхних горизонтах донных отложений почти всех озер присутствуют карбонаты. Среди карбонатных минералов доминируют Mg-кальциты и Ca-избыточные доломиты (Солотчина и др., 2015; Страховенко и др., 2015). Существует зависимость между значением общей минерализации и составом воды с аутигенной минерализацией карбонатов кальцит-доломитового ряда (рисунок).

Образование *кальцита* происходит в озерах с минерализованным типом осадка, при этом значение общей минерализации воды или менее 1, или более 50 г/л. *Низкомагнезиальный кальцит* с содержанием <4-5мол.% $MgCO_3$ в структуре и *арагонит* распространены повсеместно, являются сквозными минералами в озерах различного состава и значений общей минерализации вод (от ультрапресных до рассолов). Наиболее распространены в пресных озерах гидрокарбонатно-натриевого состава. *Промежуточный магнезиальный кальцит* с содержанием 5-18 мол.% $MgCO_3$ в структуре распространен по большей части в солоноватых озерах хлоридно-гидрокарбонатного состава. *Высокомагнезиальный кальцит* с содержанием 30-43 мол.% $MgCO_3$ распространен в озерах со значением общей минерализации воды выше 3г/л. *Ca-избыточный доломит*, в структуре которого избыток $CaCO_3$ может достигать 7 мол.% относительно стехиометрического доломита и *доломит* распространены в соленых озерах и рассолах. *Низкомагнезиальный кальцит и арагонит* являются основными аутигенными минералами поверхности вода-водоросли. Формируются непосредственно на поверхности водной растительности и видны невооруженным взглядом.



I) низко-Mg кальцит, кальцит; II) промежуточный Mg-кальцит, высоко-Mg кальцит;
III) высоко-Mg кальцит; Ca-избыточный доломит, доломит.

Схема зависимости между типом/классом донных отложений, аутигенной минерализацией карбонатов кальцит-доломитового ряда и общей минерализацией воды на треугольнике Ферре состава озерных вод (%-экв).

Работа выполнена в рамках государственного задания (№0330-2016-0011) и при поддержке грантов РФФИ №16-05-00132а; №18-05-00329.

Pavlov I.A., Shiretorova V.G., Radnaeva L.D., Tulokhonov A.K.

ELEMENTAL COMPOSITION OF WATER AND BOTTOM SEDIMENTS OF THE LAKE GUSINOYE

Baikal Institute of nature management SB RAS, Ulan-Ude, 6 Sakhyanova str.
pavlov@binm.ru

Lake Gusinoye - the largest lake in the territory of the Baikal natural territory after the lake Baikal, is the most significant hydrologically and economically important water body in the basin of the river Selenga is located in the south-west of the central part of the Republic of Buryatia. In 2017, to study the actual state of the Lake Gusinoye and transformation of substances in the aquatic ecosystem, complex field researsh of the lake was done. The distribution of microelements was uneven within the lake water area. Maximum concentrations of zinc and copper were recorded in the northwestern part of the lake near the State Regional Power Plant and in the southwestern part of the lake Gusinoye near the railway station. The sources of anthropogenic pollution of the waters by zinc, copper and manganese are hydroelectric power stations and settlements located on the lake Gusinoye coast.

Павлов И.А., Ширеторова В.Г., Раднаева Л.Д., Тулохонов А.К.

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОДЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗ. ГУСИНОЕ

Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д.6.
pavlov@binm.ru

Озеро Гусиное – крупнейшее пресное озеро на территории Байкальской природной территории

после оз. Байкал, является наиболее значительным в гидрологическом плане и важным в хозяйственном отношении водоемом в бассейне р. Селенга, расположено на юго-западе центральной части Республика Бурятия. Многолетний объем водной массы составляет 2,4 км^3. Озеро представляет собой водоем, вытянутый с юго-запада на северо-восток, и имеет овально-почковидную форму с двумя неравнозначными котловинами (Борисенко и др., 1994).

Значение оз. Гусиное в хозяйственном отношении длительное время определялось рыбохозяйственным потенциалом и источником питьевого водоснабжения. С началом разработки Хольбольджинского угольного разреза на восточном побережье озера и пуском Гусиноозерской ГРЭС антропогенное воздействие в последние десятилетия резко возросло. Для технических потребностей из озера забирается более 600 млн м^3 воды в год, что составляет ¼ его объема. Помимо эксплуатации озера как водоема-охладителя Гусиноозерской ГРЭС, источниками загрязнения являются очистные сооружения г. Гусиноозерска, пос. Гусиное озеро и локомотивного депо, золоотвалы ГРЭС, предприятия угольной промышленности. По данным Бурятского ЦГМС в пункте наблюдения станция Гусиное озеро качество воды балансирует между «загрязненная» и «очень загрязненная». Здесь же отмечается постоянный рост антропогенной нагрузки на Гусиное озеро – так, только сброс в озеро нормативно чистых сточных вод после охлаждения оборудования без очистки Гусиноозерской ГРЭС вырос с 288,94 млн. м^3 в 2009 г. до 400,02 млн. м^3 в 2014 г. (Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2015 году»).

В 2017 году был проведен отбор проб воды и донных осадков на оз. Гусиное по четырем профилям, повторяющим промеры В.Б. Шостаковича (1916). Микроэлементный состав воды и донных осадков оз. Гусиного определялся на атомно-эмиссионом спектрометре с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭ) Profile Plus (Teledyne, США) (Fe, Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, Al, Ba, Mn). Анализ микроэлементного состава воды показал, что содержание железа в акватории озера и ее притоков, не превышало значений ПДК для рыбохозяйственных водоемов, максимальные значения железа распределялись равномерно по котловинам озера, что указывает на природное происхождение элемента. Что касается содержания Zn, Cu, Mn, то здесь наблюдается антропогенное влияние. Концентрация цинка возрастала на сбросе ГРЭС до 1,4 ПДК (зимой и весной), в районе железнодорожной станции (ЖД) до 3,7 ПДК (зимой) и 2,7 ПДК (весной) – 1,2 ПДК (летом), по меди незначительное превышение фиксировали по всей акватории озера, максимальное значение до 40 ПДК в летний период наблюдали в районе самого глубокого места озера в придонном слое воды. В районе сброса ГРЭС превышение достигало до 2,7 ПДК, в районе ЖД станции – до 2,7 ПДК, в точке водозабора ГРЭС – до 2 ПДК. По количественному содержанию остальных элементов, превышение ПДК не наблюдалось.

В донных осадках заметных колебаний в содержании металлов в зависимости от сезона не наблюдалось. Для экологической оценки состояния донных отложений и выявления фоновых показателей загрязнения проведено сравнение полученных результатов с фоновым содержанием тяжелых металлов в донных осадков для пресноводных водоемов (Папина, 2001). Максимальные значения по содержанию железа наблюдались в центральной части южной и северной котловине и достигали 20,3 мг/г, что не превышает фоновых значений. По меди значения были близки к максимальным фоновым (43 мкг/г) показателям и составляли 40,1 мкг/г, также близко к фоновым показателям находился цинк – до 73,6 мкг/г, превышение фиксировали только по содержанию кадмия, где значения доходили до 1,9 мкг/г при фоновых значениях 0,35 мкг/г. Также было определено содержание ртути в донных отложениях, максимальные значения были зафиксированы в центральной части озера, где значения достигали 0,9 мкг/г.

Таким образом, проведенное исследование показало неравномерное распределение микроэлементов по акватории озера. Максимальные концентрации цинка, меди фиксировались в северо-западной части озера вблизи Гусиноозёрской ГРЭС и в юго-западной части у железнодорожной станции Гусиное озеро. Источниками антропогенного загрязнения поверхностных вод цинком, медью и марганцем являются ГРЭС и населенные пункты, находящиеся на побережье озера Гусиное.

Исследование выполнено в рамках государственного задания БИП СО РАН (проект №0339-2016-0003) и при частичной финансовой поддержке РФФИ проект №17-05-00822.

Pavlova O.N., Gorshkov A.G., Izosimova O.N., Novikova A.S., Bukin S.V., Khlystov O.M., Zemskaya T.I.

NATURAL OIL SEEPAGES IN CENTRAL BAIKAL (CAPE GOREVOY UTES): CURRENT CHANGES SINCE THE DISCOVERY

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
pavlova@lin.irk.ru

We estimated the content of hydrocarbons and cultured hydrocarbon-oxidizing microorganisms in the area of oil-methane seep Gorevoy Utes in comparison with the data obtained in the early years of discovery of the natural oil seepages in this area. We determined that oil on the water surface is characterized by a lower content of *n*-alkanes, change in the ratio of light hydrocarbons to heavy ones and pristane to phytane, as well as a significant decrease in the PAH concentration. Analysis of the concentration profiles of petroleum hydrocarbons has indicated that most actively the destruction processes occur in the subsurface water layer (5 m) and bottom sediments, where the number of hydrocarbon oxidizing microorganisms one-two orders of magnitude higher than that of the organotrophic bacteria. The persistent area of oil pollution, reduced total content of normal alkanes, changing composition of oil and microbial community indicate the presence of natural mechanisms ensuring the preservation of the purity of Baikal waters and the stable state at the current intensity of the hydrocarbon input.

The reported study was funded by the State Task №0345–2018–0001 and RFBR according to the research project №16-04-00181_a.

Павлова О.Н., Горшков А.Г., Изосимова О.Н., Новикова А.С., Букин С.В., Хлыстов О.М., Земская Т.И.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НЕФТЕПРОЯВЛЕНИЯ В СРЕДНЕМ БАЙКАЛЕ (М. ГОРЕВОЙ УТЕС): ЧТО ИЗМЕНИЛОСЬ С МОМЕНТА ОТКРЫТИЯ ДО НАСТОЯЩЕГО ВРЕМЕНИ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
pavlova@lin.irk.ru

Оценено содержание углеводородов и культивируемых углеводородокисляющих микроорганизмов в районе нефте-метанового сипа Горевой Утес в сравнении с данными, полученными в 2005 г. в момент его открытия. По визуальным подсчетам, площадь, на которой проявляются нефтяные слики, осталась неизменной и составляет около 1 км^2. Постоянство размера всплывающих нефтяных шариков может свидетельствовать о том, что количество поступающей из донных осадков в водную толщу нефти, остается стабильным во времени. Основные изменения наблюдаются в составе разгружающейся нефти. В 2005 г. нефть, собранная в момент ее выхода на водную поверхность характеризовалась экстремально высоким содержанием *n*-алканов, до 90%. Нормальные углеводороды в ее составе были представлены широким гомологическим рядом от *n*-C_8 до *n*-C_{30} при максимальном содержании гомологов *n*-C_{17}–*n*-C_{18}. В образцах нефтяных сликов, отобранных в 2016 г., отмечено снижение количества *n*-алканов, что, скорее всего, связано с уменьшением доли низкомолекулярных гомологов вследствие их испарения, о чем свидетельствует появление на хроматограммах нафтено-ароматического горба. Вклад биохимических превращений в трансформацию нефти на водной поверхности минимален, так как изменения соотношений изо-алканов и отношений гептадекана к пристану и октадекана к фитану в составе этих образцов нефти незначительны.

Процесс биодеградации нефти микробными сообществами наиболее активно осуществлялся в подповерхностных слоях воды на глубине 5 м, что подтверждается не только более высокой численностью углеводородокисляющих микроорганизмов, в сравнении со значениями в поверхностных пробах и в водной толще, но и бимодальным распределением нормальных алканов с двумя максимумами гомологов C_{16} и C_{26}. Повышение на порядок численности углеводородокисляющих микроорганизмов в донных осадках, в сравнении с данными 2005 г. свидетельствует об активной биодеградации нефти в донных отложениях и подтверждается полным отсутствием низкомолекулярной фракции *n*-алканов в поверхностных слоях осадков. Постоянство площади нефтяного загрязнения, снижение суммарного содержания нормальных алканов, изменяющийся состав нефти и микробного сообщества, биодеградация нефти в донных отложениях и в подповерхностном слое воды свидетельствует о наличии природных механизмов, обеспечивающих сохранение чистоты вод Байкала и стабильности ситуации при существующей интенсивности поступления углеводородов.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме №0345–2016–0007, гранта РФФИ №16–04–00181_а.

Paradina L.F.[1], Pavlova L.A.[2], Chuparina E.V.[2], Rozhkova N.A.[1], Suturin A.N.[1]

ESTIMATION OF ACCUMULATING ABILITY OF BENTHIC INVERTEBRATES IN THE LITTORAL AREA OF SOUTHERN BAIKAL

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Institute of Geochemistry SB RAS, 1a, Favorsky St., Irkutsk 664033, Russia
paradina@lin.irk.ru

With the increase of anthropogenic impact on the environment, the problem of accumulation of microelements, including toxic heavy metals, in all chains of aquatic ecosystems is of great importance. The data on element composition of the biota able to accumulate contaminants from the environment provide important information on the state of any aquatic ecosystem, migration processes and transformation of chemical elements.

Amphipods, caddis flies, sponges, stony substrates and bottom and surface water have been sampled in different years from the stony littoral area in the southern part of Lake Baikal. We identified species, sex and age of animals, as well as the type of rock. The young amphipods and hatched larvae of caddis flies were obtained in the laboratory experiment.

The concentrations of macro-and microelements were measured in the objects of the Lake Baikal ecosystem using destructive and nondestructive methods: inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), X-ray fluorescence (XRF) and electron probe microanalysis (EPMA).

We measured 42 microelements from Li to U in hydrobionts, water and stony substrates on mass-spectrometers with inductively coupled plasms PlasmaQuad PQ2$^+$, Agilent 7500ce and ELEMENT-2. We added In as an internal standard. Parameters of instrumental measurements and recalculation of analytical signal were optimized. The results obtained were verified with reference standards and additive components. Relative mean square deviation did not exceed 0.35 within detection limit.

Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Ba and Pb were identified in the biota with XRF on a spectrometer S4 Pioneer. We chose calibrated samples and a method for specimen preparation. External standard, internal standard using the method of the RhKα Compton-scattered line and regression equations were used for measuring concentrations. The detection limit of elements and intra-laboratory precision of measurements were 30-03 μg/g and 1-30%, respectively.

Morphology and element composition of certain specimens at different stages of life and the contact of sponges with stony substrates were studied with EPMA. Benthic organisms after fixation were either dried at critical point or coated with epoxy resin and microscopic sections were prepared. Preparations were glued onto a carbon film and coated with gold. The concentrations of elements (C, N, O, P, Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Cr, Mn and Fe) were determined on X-ray analysers JXA8200 and JCXA-733 equipped with wavelength

and energy- dispersive spectrometers. Relative standard deviations of concentrations of studied elements varied within the following values (wt %): C – 4.0÷9.6; N – 3.4÷9.4; O – 2.6÷7.3; P – 0.1÷1.9; Na_2O – 0.31÷2.91; MgO – 0.43÷1.75; Al_2O_3 – 0.29÷2.41; SiO_2 – 0.12÷2.31; K_2O – 0.44÷2.01; CaO – 0.37÷1.92; TiO_2 – 0.85÷2.17; Cr_2O_3 – 0.70÷2.26; MnO – 073÷2.61 and FeO – 0.44÷2.81.

Due to the comprehensive studies, we were able to determine element composition of the dominant groups of invertebrates from Lake Baikal and their habitats within the wide range of atomic numbers (from lithium to uranium) and concentrations (10^2 – 10^{-9} wt %). The level of accumulation of chemical elements depended on biological specific characteristics of different groups of organisms, stages of their developments, season and geochemical composition of the habitat. Coefficients of bioaccumulation were calculated. We concluded that the biota of Lake Baikal is more resistant to toxic elements. Baikal invertebrates from the littoral zone of the lake can be used as reference material for monitoring of the aquatic ecosystem.

Парадина Л.Ф.[1], Павлова Л.А.[2], Чупарина Е.В.[2], Рожкова Н.А.[1], Сутурин А.Н.[1]

ОЦЕНКА АККУМУЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БЕНТОСНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЛИТОРАЛИ ЮЖНОГО БАЙКАЛА

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Институт геохимии СО РАН, Фаворского, 1А, 664033, Иркутск, Россия
paradina@lin.irk.ru

С нарастанием антропогенного воздействия на природную среду вопрос о накоплении микроэлементов, в том числе токсичных тяжелых металлов, во всех звеньях водных экосистем приобретает все большее значение. Сведения об элементном составе биоты, способной аккумулировать загрязняющие вещества из окружающей среды, дают важную информацию о состоянии водной экосистемы в целом, процессах миграции и трансформации химических элементов.

Амфиподы, ручейники, губки, каменный субстрат, придонная и поверхностная вода отобраны на каменистой литорали Южного Байкала в разные сезоны года. Определена видовая принадлежность, пол и возраст животных, тип горных пород. В условиях лабораторного эксперимента получены молодь амфипод и выклюнувшиеся личинки ручейников.

Содержания макро и микроэлементов определены в объектах экосистемы озера Байкал с помощью деструктивных и недеструктивных методов анализа: масс-спектральный с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС), рентгеноспектральный флуоресцентный (РФА), электронно-зондовый микроанализ (РСМА). Измерения 42 микроэлементов от Li до U в гидробионтах, воде, каменном субстрате выполнены на масс-спектрометрах с индуктивно-связанной плазмой: PlasmaQuad $PQ2^+$, Agilent 7500ce, ELEMENT-2. В качестве внутреннего стандарта добавлен In. Для каждого объекта подобран способ разложения пробы, оптимизированы параметры инструментального измерения и пересчет аналитического сигнала. Правильность полученных результатов проверена с помощью стандартных образцов и способом добавок. Относительные среднеквадратичные отклонения вблизи предела обнаружения не превышали 0,35. РФА определение Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Ba и Pb в биоте проведено на рентгеновском спектрометре S4 Pioneer. Выбраны градуировочные образцы и способ приготовления излучателей. При расчете концентраций использованы способы внешнего стандарта и стандарта фона, а также уравнения регрессии. Оценены пределы обнаружения элементов (30-0,3 мкг/г) и показатели внутрилабораторной прецизионности измерений (1-30%).

Методом РСМА изучены морфология и элементный состав отдельных особей на разных стадиях жизни, контакт губки и каменного субстрата. Бентосные организмы после фиксирования, либо высушивали в критической точке, либо заливали эпоксидной смолой и готовили тонкие срезы. Затем препараты наклеивали на углеродную пленку и напыляли золотом. Содержания элементов (C, N, O, P, Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe) определяли на рентгеноспектральных микроанализаторах JXA8200 и JCXA-733, оборудованных волновыми и энерго-дисперсионными спектрометрами. Относительные стандартные отклонения при определении концентраций выбранных элементов изменялись в пределах (мас. %): C - 4,0 ÷ 9,6; N - 3,4 ÷ 9,4; O - 2,6 ÷ 7,3; P - 0,1 ÷ 1,9; Na_2O – 0,31÷2,91; MgO – 0,43÷1,75; Al_2O_3 – 0,29÷2,41; SiO_2 – 0,12÷2,31; K_2O – 0,44÷2,01; CaO – 0,37÷1,92; TiO_2 – 0,85÷2,17; Cr_2O_3 – 0,70÷2,26; MnO – 0,73÷2,61 и FeO – 0,44÷2,81.

Благодаря комплексным исследованиям определен элементный состав доминирующих групп беспозвоночных оз. Байкал и среды их обитания в широком диапазоне атомных номеров (от лития до урана) и концентраций (10^2 – 10^{-9} мас. %). Прослежена степень накопления химических элементов в зависимости от биологических особенностей разных групп организмов, стадии их развития, сезона года и геохимического состава среды обитания. Рассчитаны коэффициенты бионакопления. Для изученной биоты озера Байкал сделан вывод о низкой биодоступности токсичных элементов. Показано, что байкальские беспозвоночные животные прибрежной зоны озера могут быть использованы в качестве объектов контроля состояния водной экосистемы.

Penkova O.G.[1], Makarkina N.V.[1], Evstafeva I.T.[1], Sheveleva N.G.[2]

ZOOPLANKTON IN INLAND WATER BODIES OF OLKHON ISLAND (LAKE BAIKAL): TAXONOMIC COMPOSITION, QUANTITATIVE CHARACTERISTICS

[1]Irkutsk State University
[2]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[1]olg-penkova@yandex.ru, [2]shevn@lin.irk.ru

Seasonal dynamics of quantitative characteristics and structure of zooplankton were investigated in five inland water bodies of Lake Olkhon. The plankton fauna of two lakes (Uzury and Khuzhirnoye) was stud-

ied for the first time. Long-term dynamics of the Lake Nur zooplankton was compared with retrospective data. The highest taxonomic diversity and high quantitative indices of zooplankton were registered in large and freshwater lakes Nur and Khankhoyskoe.

At present, lakes Shara-Nur, Khuzhirnoye and Uzury dried up because of extremely hot summer. The data obtained on species composition, structure and zooplankton abundance in these lakes may be regarded as unique.

Пенькова О.Г.[1], Макаркина Н.В.[1], Евстафьева И.Т.[1], Шевелева Н.Г.[2]

ЗООПЛАНКТОН ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМОВ ОСТРОВА ОЛЬХОН (БАЙКАЛ): ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

[1]Иркутский государственный университет, К. Маркса, 1, Иркутск,
[2]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[1]olg-penkova@yandex.ru, [2]shevn@lin.irk.ru

В работе использованы качественные и количественные данные по зоопланктону, собранные на 5 водоемах острова Ольхон. Наиболее крупные и глубокие – Нур и Ханхойское, расположенные на побережье Байкала и спорадически сообщающиеся с ним, содержат пресную воду, а озеро Шара-Нур в центральной части острова относится к солоноватым (минерализация 1,38-1,87 г/дм^3). Озера Хужирное и Узуры – мелкие, небольшие по размерам, заиленные, пресноводные.

В зоопланктоне изученных водоемов острова Ольхон выявлено 52 таксона рангом ниже рода. В крупных с большими глубинами пресноводных водоемах Нур и Ханхойское отмечено наибольшее разнообразие планктонной фауны и высокие количественные показатели. Сезонная динамика развития планктона в этих водоемах характеризовалась одним максимумом в течение года. В солоноватом озере Шара-Нур максимум в развитии зоопланктона приходился на май. Самыми бедными качественно и количественно оказались водоемы Узуры и Хужирное. В водоемах Нур, Ханхойское, Шара-Нур и Хужирное по разнообразию и численности преобладали коловратки. Большая часть биомассы зоопланктона в озерах Нур и Шара-Нур, складывалась за счет ветвистоусых, главным образом, за счет видов рода *Daphnia*. Зоопланктон озера Нур показан в многолетней динамике в сравнении с ретроспективными данными (Вилисова, 1959; Левковская, 1977). В настоящее время в планктоне оз. Нур уменьшилась абсолютная и относительная плотность *Eudiaptomus graciloides* и *Daphnia galeata*, но увеличилась значимость циклопов. Количественные показатели зоопланктона оз. Нур в настоящее время снизились: численность на порядок, биомасса в 2 раза по сравнению с 50-70 гг. прошлого столетия.

В настоящее время на Байкале продолжается засушливый и маловодный период, осложненный нарастающей антропогенной нагрузкой. Ольхонские озера Шара-Нур, Хужирное и Узуры прекратили своё существование. Озера Нур и Ханхойское стремительно сокращаются по площади и глубине. Полученные нами данные оказываются единственными свидетельствами видового разнообразия и количественных показателей зоопланктона этих водоемов.

Pestunov D.A.[1, 3], Domysheva V.M.[2], Shmargunov V.P.[1], Panchenko M.V.[1]

DISSOLVED CARBON DIOXIDE AND METHANE IN SURFACE WATER OF THE COASTAL ZONE OF LAKE BAIKAL

[1]V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia
[2]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[3]Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

The spatial distributions of dissolved carbon dioxide and methane in the water surface layer in Lake's Baikal coastal zone in summer period are presented. It was revealed that the partial pressures of CO_2 and CH_4 dissolved in water as well as magnitude and direction of its fluxes correspond to the results of long-term measurements obtained at the BALO Observatory for this period.

Пестунов Д.А.[1, 3], Домышева В.М.[2], Шмаргунов В.П.[1], Панченко М.В.[1]

РАСТВОРЕННЫЕ УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ И МЕТАН В ПОВЕРХНОСТНОЙ ВОДЕ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ

[1]Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН. г. Томск, пл. Академика Зуева, 1
[2]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[3]Томский политехнический университет, г. Томск, пр. Ленина, 30
pest@iao.ru, hydrochem@lin.irk.ru, pmv@iao.ru

Представлены пространственные распределения углекислого газа и метана растворенных в поверхностном слое воды, а также их потоки в системе «атмосфера-вода» в летний период в прибрежной зоне трех котловин озера Байкал. Выявлено, что парциальные давления растворенных в воде CO_2 и CH_4, величина и направления потоков этих газов соответствуют полученным в обсерватории БАЛО результатам многолетних измерений для данного периода.

Огромная территория и разнообразие природных комплексов Сибири, которую во всех сценариях рассматривают, как один из важнейших регуляторов углеродного цикла в Северном полушарии требуют особо тщательного изучения (Le Quéré et al., 2015). В Сибири одним из природных объектов мирового значения, несомненно, является озеро Байкал.

По данным многолетних измерений, проводимых нами в прибрежной зоне Южного Байкала на Байкальской атмосферно-лимнологической обсерватории (51^{0}54' с.ш. 105^{0}04' в.д.), были определены основные закономерности сезонного и суточного хода концентраций растворенных углекислого газа и метана, амплиту-

ды и направления их потоков (Panchenko et al., 2013; Domysheva et al., 2017; Pestunov et al., 2017). Очевидно, что возможность применимости результатов, полученных в одном наблюдательном пункте для всей литоральной зоны в целом требует дополнительных исследований. Для решения этой задачи нами были организованы измерения пространственного распределения CO_2 и CH_4 в летние периоды в литоральной зоне озера. Практически по всему периметру озера наблюдались отрицательные значения разности парциальных давлений CO_2 между водой и атмосферой (сток на воду), причем разность парциальных давлений по акватории распределена достаточно однородно. Лишь в закрытых заливах с прогретой водой или с очевидным антропогенным воздействием был зарегистрирован поток углекислого газа в атмосферу. Распределение по акватории разности парциальных давлений CH_4 между водой и атмосферой совершенно иное, чем для CO_2. По всей литоральной зоне давление метана в воде превышало атмосферное, следовательно, поток был направлен в атмосферу и вся литоральная зона являлась источником поступления метана в атмосферу. Наиболее заметное повышение концентрации метана в воде регистрировалось при приближении к береговой линии и, как правило, наиболее значительный рост наблюдался вблизи устья рек и заливов.

Оценка углеродного баланса в системе «атмосфера-вода» в литоральной зоне Байкала в летний период, полученная при сопоставлении разности парциальных давлений ΔP_{CO2} и ΔP_{CH4} и их потоков (в пересчете на углерод), показывает, что сток углерода на водную поверхность при поглощении углекислого газа превышает его эмиссию, за счет эвазии метана в атмосферу.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант №18-45-030007). Авторы благодарят экипаж НИС «И.Д. Папанин» за самоотверженный труд и помощь в проведении исследований.

Podlesnaya G.V., Galach'yants A.D., Belykh O.I.

DENITRIFYING BACTERIA IN CULTURED MICROBIAL COMMUNITY OF SURFACE MICROLAYER OF LAKE BAIKAL

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
podlesnaya@lin.irk.ru

The surface microlayer is located at the boundary of the atmosphere and the hydrosphere. It has a thickness of only a few tens of micrometers forming a specific biotope due to its unique physicochemical properties (Zhang et al., 1998, 2003). This biotope is inhabited by a community of microorganisms called neuston. Denitrifying microorganisms are present in both terrestrial and aquatic environments (Graf et al., 2014). They play important role in the functioning of ecosystems returning molecular nitrogen to the environment. To detect denitrifying bacteria with molecular biological methods markers to functional genes are used. These genes code enzymes catalyzing the main stages of denitrification. The most common markers are the genes nirK and nirS which encode copper-containing and cytochrome cd1-containing reductase, respectively. These structurally different but functionally equivalent enzymes catalyze the key stage of denitrification - the reduction of nitrite to nitrogen monoxide.

The aim of the work was to identify strains potentially capable of denitrification in the bacterioneuston community of Lake Baikal. The object of the study was a collection of heterotrophic bacteria (62 cultures) isolated from the surface microlayer of Lake Baikal. The strains were identified by analyzing the sequences of the 16S rRNA gene fragment. The general diversity of bacteria in this collection is represented by 5 phyla and 18 genera: phyla Proteobacteria (*Pseudomonas*, *Sphingomonas*, *Brevundimonas*, *Ralstonia*, *Massilia*, *Janthinobacterium*, *Acidovorax*, *Variovorax*, *Psychrobacter*, *Acinetobacter*); phyla Actinobacteria (*Microbacterium*, *Curtobacterium*, *Rhodococcus*); phyla Firmicutes (*Bacillus*, *Exiguobacterium*); phyla Bacteroidetes (*Flavobacterium*, *Pedobacter*, *Chryseobacterium*) and phyla Deinococcus-Thermus (*Deinococcus*). PCR screening for nirS and nirK genes was performed using primers cd3aF-R3cd (Throback et al., 2004) and F1aCu-R3Cu (Hallin, Lindgren, 1999).

A positive PCR signal was detected in fourteen of 62 cultures. For the nirK gene fragments of the expected size (473 bp) were obtained for nine strains of the genera *Ralstonia*, *Sphingomonas*, *Janthinobacterium*, *Pedobacter*, *Acinetobacter*, *Curtobacterium* and *Bacillus*. PCR products of the nirS gene (410 bp) were amplified for four strains belonging to the genera *Exiguobacterium*, *Dyadobacter* and *Pseudomonas*. According to previous reports, the representatives of different bacterial genera are capable of denitrification including those that showed a positive result in our study (Zumft, 1997; Wang, Skipper, 2004). Thus, in the microbial community of the surface microlayer of Lake Baikal there are bacteria of various systematic groups potentially capable of denitrification due to the presence of appropriate genes.

The work was performed as part of a government task (project №0345-2014-0004 (AAAA-A16-116122110061-6) «Structure, Formation, and Metabolic Potential…», and of a RFBR grant (project №18-34-00309 (AAAA-A18-118032190039-1) «Characteristics of surface microlayer bacterial community…».

Подлесная Г.В., Галачьянц А.Д., Белых О.И.

ДЕНИТРИФИЦИРУЮЩИЕ БАКТЕРИИ КУЛЬТИВИРУЕМОГО МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО МИКРОСЛОЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
podlesnaya@lin.irk.ru

Поверхностный микрослой расположен на границе атмосферы и гидросферы, имеет толщину всего несколько десятков микрометров, формируя особый биотоп благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам (Zhang et al., 1998, 2003). Данный биотоп населен специфическим сообществом микроорганизмов, называемым нейстоном. Денитрифицирующие микроорганизмы присутствуют как в наземных, так и в водных средах (Graf et al., 2014) и играют важную роль в функционировании экосистем, возвращая молекулярный азот в окружающую среду. Для обнаружения денитрифицирующих бактерий с

помощью молекулярно-биологических методов используют маркеры к функциональным генам, которые кодируют ферменты, катализирующие основные этапы денитрификации. Наиболее часто маркерами служат гены nirK и nirS, кодирующие медьсодержащую и цитохром cd1-содержащую редуктазы, соответственно. Данные структурно различные, но функционально эквивалентные ферменты катализируют ключевой этап денитрификации – восстановление нитрита до монооксида азота.

Целью работы было выявить в бактерионейстонном сообществе озера Байкал штаммы, потенциально способные к денитрификации. Объектом исследования послужила коллекция гетеротрофных бактерий (62 культуры), выделенных из поверхностного микрослоя оз. Байкал. Штаммы идентифицированы на основе анализа последовательностей фрагмента гена 16S рРНК. Общее разнообразие бактерий в данной коллекции представлено 5 филами и 18 родами: фила Proteobacteria (*Pseudomonas, Sphingomonas, Brevundimonas, Ralstonia, Massilia, Janthinobacterium, Acidovorax, Variovorax, Psychrobacter, Acinetobacter*); фила Actinobacteria (*Microbacterium, Curtobacterium, Rhodococcus*); фила Firmicutes (*Bacillus, Exiguobacterium*); фила Bacteroidetes (*Flavobacterium, Pedobacter, Chryseobacterium*) и фила Deinococcus-Thermus (*Deinococcus*). ПЦР-скрининг на наличие генов nirS и nirK проводили, применяя праймеры cd3aF – R3cd (Throback et al., 2004) и F1aCu – R3Cu (Hallin, Lindgren, 1999).

В результате скрининга положительный ПЦР-сигнал был отмечен у четырнадцати из 62 культур. Для гена nirK фрагменты ожидаемого размера (473 п.н.) получены для девяти штаммов родов *Ralstonia, Sphingomonas, Janthinobacterium, Pedobacter, Acinetobacter, Curtobacterium* и *Bacillus*. ПЦР-продукты гена nirS (410 п.н.) были амплифицированы для четырех штаммов, принадлежащих родам *Exiguobacterium, Dyadobacter* и *Pseudomonas*. Согласно литературным данным, способностью денитрифицировать обладают представители различных родов бактерий, в том числе показавших положительный результат в нашем исследовании (Zumft, 1997; Wang, Skipper, 2004). Таким образом, в микробном сообществе поверхностного микрослоя оз. Байкал присутствуют бактерии различных систематических групп, потенциально способные к денитрификации благодаря наличию соответствующих генов.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме №0345-2016-0003 (АААА-А16-116122110061-6) «Микробные и вирусные сообщества в биопленках пресноводных экосистем…», проекта РФФИ №18-34-00309 (АААА-А18-118032190039-1) «Характеристика бактериального сообщества поверхностного микрослоя…».

Podlesnaya G.V., Suslova M.Yu., Shtykova Yu.R., Belykh O.I.

CHARACTERIZATION OF DENITRIFYING BACTERIA FROM BIOFILMS OF THE LITTORAL ZONE OF LAKE BAIKAL

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
podlesnaya@lin.irk.ru

Denitrifying bacteria from epilithic biofilms of the littoral zone of Lake Baikal were isolated and characterized. Out of the 85 isolates obtained, 45 (53%) were positive for nitrate reduction and 40 (47%) had the ability to reduce nitrate to gaseous nitrogen. In addition, 12 denitrifying bacteria isolated from different sites were identified by sequencing the 16S rRNA gene and tested for the presence of functional denitrifying genes (nirS and nirK). It is shown that all 12 isolates are representatives of the genus *Pseudomonas* and contain the nirS gene encoding the enzyme nitrite reductase.

Подлесная Г.В., Суслова М.Ю., Штыкова Ю.Р., Белых О.И.

ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕНИТРИФИЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ ИЗ БИОПЛЁНОК ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
podlesnaya@lin.irk.ru

Денитрификация – форма анаэробного дыхания, при котором нитраты и нитриты, выступая акцепторами электронов, восстанавливаются с последовательным образованием газообразных соединений (NO, N_2O, N_2) (Благодатская, 2016). Этот процесс осуществляется разнообразными в таксономическом отношении бактериями (Jetten, 2008), относящимися к 18 филам (Graf et al., 2014), но, главным образом, представителям филы Proteobacteria (Dosta et al., 2015). Денитрификаторы, как правило, составляют не более 5% от общей численности микробного сообщества, тем не менее, они играют важную роль в функционировании экосистем, возвращая молекулярный азот в окружающую среду и замыкая круговорот азота (Hallin et al., 2009; Henry et al., 2006; Jones et al., 2013).

Цель работы – выделить и охарактеризовать культуры денитрифицирующих бактерий из эпилитических биопленок литоральной зоны оз. Байкал.

Биоплёнки отобраны с поверхности камней, поднятых с глубины 1-2 м в прибрежной зоне оз. Байкал на станциях вблизи п. Листвянка, п. Б. Коты, п. Заречный, г. Северобайкальск, м. Средний Кедровый и в районе Ушканьих Островов (о. Тонкий, б. Северная, б. Пещерка). Чистые культуры бактерий изолировали на среде Гильтая. Способность штаммов к денитрификации и нитратредукции определяли на вышеуказанной среде, учитывая качественную реакцию и газообразование. ДНК культур выделяли с использованием набора «ДНК-сорб-В» (AmpliSens) согласно инструкции производителя. Идентификацию штаммов проводили по морфологическим признакам и физиолого-биохимическим свойствам и данным анализа нуклеотидных последовательностей генов 16S рРНК. ПЦР-скрининг на наличие генов (nirS, nirK), кодирующих нитритредуктазу, осуществляли с использованием праймеров cd3aF – R3cd (Throback et al., 2004) и F1aCu – R3Cu (Hallin, Lindgren, 1999).

Из эпилитических биопленок выделены культуры бактерий и сформирована коллекция, включающая 85 штаммов. Из них 45 (53%) – нитратредукторы, восстанавливающие нитраты до нитритов, 40 (47%) – денитрификаторы, восстанавливающие нитраты до газообразных соединений азота. Следует отметить, что из биоплёнок станций в районе п. Б. Коты и п. Заречный выделены только нитратредукторы. Для дальнейших исследований были отобраны 12 денитрифицирующих бактерий (таблица).

Таблица. Место выделения чистых культур денитрифицирующих бактерий

№ п/п	Наименование штамма	Станция отбора проб биоплёнок	№ п/п	Наименование штамма	Станция отбора проб биоплёнок
1	1СБ	г. Северобайкальск	7	10БУС	б. Северная
2	11СБ	г. Северобайкальск	8	1БУП	б. Пещерка
3	1МУ	о. Тонкий	9	20ДС	б. Пещерка
4	4МУ	о. Тонкий	10	22ДС	б. Пещерка
5	4БУС	б. Северная	11	11ДС	м. Средний Кедровый
6	5БУС	б. Северная	12	БП2-2-1	п. Листвянка

Все 12 изолятов представлены подвижными, грамотрицательными, оксидазоположительными, не образующими спор палочками, продуцирующими каталазу. Щелочная фосфатаза у исследуемых культур не обнаружена. Способность к утилизации казеина и желатина проявили 7 культур, крахмала – 10, трибутирина – 8. Зоны просветления на желточном агаре образовывали 3 изолята. Штаммы 1 СБ, 11 СБ, 1 БУП и 20 ДС давали хороший рост на безазотистой среде Эшби, что указывает на то, что данные культуры могут обладать ферментом нитрогеназа и способны фиксировать молекулярный азот. По результатам BLAST-анализа фрагмента гена 16S рРНК гомология с наиболее близкородственными последовательностями составила 98-100%. Все штаммы идентифицированы как представители рода *Pseudomonas* (Gammaproteobacteria). Во всех культурах отмечен положительный ПЦР-сигнал для гена nirS, кодирующего фермент нитритредуктазу. Таким образом, впервые из биоплёнок литоральной зоны оз. Байкал сформирована и охарактеризована коллекция чистых культур денитрифицирующих бактерий, представляющая биотехнологический потенциал для дальнейших исследований.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме №0345-2016-0003 (АААА-А16-116122110061-6) «Микробные и вирусные сообщества в биопленках …»

Pogodaeva T.V.[1], Zhuchenko N.A.[1], Khlystov O.M.[1], Egorov A.V.[2], Khodzher T.V.[1]

TRANSFORMATION AND DISTRIBUTION OF AN ORGANIC MATTER INTO THE BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE BAIKAL

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Nakhimovsky Prospekt, 36
tatyana@lin.irk.ru

The content of organic carbon, moisture, methane content, chemical composition of the liquid phase of bottom sediments - pore waters, pH, were studied for the first time in the bottom sediments of the pelagic zone of Lake Baikal, characterized by undisturbed young sediments with regular sedimentation. 10 cores of deep-sea bottom sediments from three basins of the lake were collected, 570 samples were analyzed. The content of organic carbon (C_{org}) in reduced bottom sediments averages 1.5-2.5%, in some cases decreasing to 0.5% or increasing to 4%. Uneven distribution of the concentration of organic carbon in the depth of bottom sediments was detected. This was determined by the facial situation, the sedimentation rate, the productivity of the lake, the mineralization degree of the organic matter. A significant dependence of the content of organic carbon on the granulometric composition of the sediment was revealed. Organic matter buried in the bottom sediments of Lake Baikal is more sorbed by pelite particles and is difficult to access for degradation. The degradation of organic matter is weak; the increase in CH_4 and CO_2 degradation products in the molar ratio is three orders of magnitude lower than the organic carbon content in the sediments of all three basins. Decomposition of organic matter in the bottom sediments of Lake Baikal leads to the saturation of sediments with methane, and pore water - bicarbonate ions.

The research was carried out within the state assignment of FASO of Russia №0345–2016–0008 (АААА-А16-116122110065-4).

Погодаева Т.В.[1], Жученко Н.А.[1], Хлыстов О.М.[1], Егоров А.В.[2], Ходжер Т.В.[1]

ТРАНСФОРМАЦИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕРА БАЙКАЛ

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва 117997, Нахимовский проспект, 36
tatyana@lin.irk.ru

Впервые в донных отложениях пелагической зоны озера Байкал, характеризующихся ненарушенными молодыми осадками со спокойным осадконакоплением, с высоким разрешением исследовано содержание органического углерода, влажность, содержание метана, химический состав жидкой фазы донных отложений – поровых вод, pH. Отобрано 10 кернов глубоководных донных отложений из трех котловин озера, проанализировано 570 проб. Содержание органического углерода ($C_{орг}$) в восстановленных донных отложениях составляет в среднем 1,5-2,5%, в некоторых случаях снижаясь до 0,5% или увеличиваясь до 4%. Обнаружена неравномерность в распределении концентраций органического углерода по глубине осадков, определяемая фациальной обстановкой, скоростью осадконакопления, продуктивностью озера,

степенью минерализации органического вещества. Выявлена значительная зависимость содержания органического углерода от гранулометрического состава осадка. Трансформация сорбированного пелитовыми частицами захороненного в отложениях озера Байкал труднодеградируемого органического вещества слабая, прирост продуктов деградации CH_4 и CO_2 в мольном соотношении на три порядка ниже содержания органического углерода в осадках всех трех котловин. Разложение органического вещества в донных отложениях оз. Байкал приводит к насыщению осадков метаном, а поровых вод – гидрокарбонат-ионами.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России №0345–2016–0008 (АААА-А16-116122110065-4).

Poletaeva V.I., Pastukhov M.V.

GEOCHEMICAL ROLE OF THE BRATSK RESERVOIR'S MAIN SEDIMENT BARRIER

Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS

We identified and studied the main sediment barrier of Bratsk Reservoir, where dramatic changes in the migration intensity and accumulation of man-made elements have been observed. The barrier area is characterized by the maximum sedimentation speed, drastic change of hydrological conditions and chemical composition of reservoir ecosystem's abiotic and biotic components. The study demonstrates that the main sediment barrier is of a comprehensive nature, being a physicochemical, mechanical and biological barrier at the same time.

Полетаева В.И., Пастухов М.В.

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ РОЛЬ ОСНОВНОГО СЕДИМЕНТАЦИОННОГО БАРЬЕРА БРАТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

ФГБУН Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН
alieva@igc.irk.ru

С помощью профильного опробования вод, донных отложений, поровых вод и биоты Братского водохранилища получены данные, отражающие изменения химического состава компонентов окружающей среды и варьирующие в пределах от одного и более порядков. Определено, что на участке в районе о. Конный, расположенном в 55 км от основного загрязнителя Братского водохранилища – предприятия «Усольехимпром», происходит уменьшение концентраций Hg, As, Pb, Cu, Zn, Cd и изменение их форм миграции в водной среде. Сравнение полученных результатов с данными по скорости седиментации показало, что этот участок водоема совпадает с зоной наибольшего осадконакопления водохранилища, в которой происходит выведение из водной среды значительной доли техногенных веществ. Результаты химического анализа кернов донных отложений подтвердили активно протекающий процесс осаждения элементов как техногенного, так и природного происхождения.

Изучение форм химических элементов в донных отложениях барьерной зоны показало, что в условиях Братского водохранилища (окислительная среда в поверхностной воде и восстановительная в донных осадках) потенциально подвижными являются Zn и Cu. Большая часть ртути – основного загрязнителя Братского водохранилища, в донных отложениях находится в прочносвязанных формах. Однако, по результатам экспериментальных работ определена ртуть, присутствующая в комплексе с фульвокислотами, которая может легко мигрировать и передаваться по трофическим цепям водоема. Возможность массообменных потоков между загрязненными донными осадками и водной средой барьерной зоны определена с помощью изучения химического состава поровых вод. Выявлена значительная неоднородность в распределении концентраций главных ионов и микроэлементов по длине керна, связанная с различными периодами техногенной эмиссии и процессами раннего диагенеза. Обратный поток загрязняющих веществ из донных осадков в водную среду подтверждается увеличением концентраций элементов в придонной воде Братского водохранилища, по сравнению с поверхностной, а также резким увеличением в зоне барьера уровней аккумуляции потенциально токсичных элементов гидробионтами. Таким образом, показана геохимическая роль основного седиментационного барьера Братского водохранилища, являющегося одновременно механическим, физико-химическим (сорбционным, окислительно-восстановительным) и биологическим. Установлено, что границы барьера непостоянны во времени, изменяясь в зависимости от уровенного (гидрологического) режима водохранилища. Выделенный геохимический барьер выполняют, как позитивную, так и негативную функцию накопления элементов техногенного происхождения. С одной стороны, выведение токсикантов из водной среды в донные отложения отражает высокую буферирующую, самоочищающую способность экосистемы Братского водохранилища. С другой – накопление потенциально токсичных веществ и дальнейшие преобразования их форм в анаэробной среде донных отложений является мощным источником вторичного загрязнения водоема, на что указывают высокие темпы аккумуляции поллютантов планктоном и рыбами барьерной зоны, в отличие от выше- и нижерасположенных участков водохранилища.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-05-00891 А.

Poroshina A.A.

MODELING THE INFLUENCE OF VARIOUS SCENARIOS OF GENETIC INTROGRESSION ON THE EVOLUTION OF NEUTRAL MARKERS

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

Microevolutionary processes involved in speciation include population expansions and extinctions, migration and some degree of reproductory subdivision between groups of individuals. Different combinations of these processes cause either phyletic evolution or species divergence. In natural eco-systems, especially in

the ecosystems as complex as Lake Baikal these elementary processes may be interwoven into the most ways. These combinations in turn may result in an unusual patterns of genetic diversity.

Among the most interesting traces of complicated evolutionary history one may name incomplete sorting of ancestor lineages, mitochondrial and nuclear introgression. All these accomplishments may be diagnosed using phylogenies inferred from markers of different location (plastid or nuclear). Sometimes clearly distinguishing sister species appear polyphyletic on one oath both kinds of trees.

We have used computer simulations to study the adaptive dynamics under different environmental scenarios in order to study the peculiarities of genetic diversity generated in molecular markers of different localization and inheritance modes. In order to achieve this goal neutral "DNA sequences" were included into the objects of the model. These sequeces are passed from parents to they progeny and are allowed to mutate randomly at a constant rate. This mimics the process of neutral molecular evolution. After the completion of each simulation these "sequeces" were sampled randomly from the survived objects and used for tree inferences. This approach allows one to find at least some of the scenarios which could generate patterns of molecular diversity found in the real world. We discuss different distorted patterns of molecular diversity and ecological scenarios which could generate them in fluctuating environment.

Порошина А.А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРИЕВ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИНТРОГРЕССИИ НА ЭВОЛЮЦИЮ НЕЙТРАЛЬНЫХ МАРКЕРОВ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
ananastasiya.rosh@gmail.com

Микроэволюционные процессы, приводящие в конечном итоге к видообразованию**,** включают в себя в качестве элементарных явлений изменения численности особей, миграцию и нарушения потока генов между группами особей. Комбинации этих процессов приводят либо к филетической эволюции, либо – к дивергентной. В природных условиях, особенно в условиях таких сложных экосистем как экосистема Байкала, комбинации микроэволюционных процессов могут носить самый причудливый характер и порождать необычные «узоры» генетической изменчивости видов.

К наиболее интересным следам сложных видообразовательных процессов относятся унаследованный полиморфизм, митохондриальная и ядерная интрогрессии. Все эти явления диагностируются по филогенетическим деревьям, они приводят к возникновению масштабных различий между топологиями деревьев, построенных по молекулярным маркерам различной локализации (ядро или цитоплазма). Иногда вообще сестринские виды не предстают на этих деревьях как монофилетические группы.

В настоящей работе мы используем имитационные модели адаптивной динамики для изучения эволюции нейтральных молекулярных маркеров при различных сценариях взаимодействия между сестринскими видами и окружающей средой. Для этого оказалось необходимо добавить к характеристикам «организмов» индивидуально-ориентированной имитационной модели нейтральные маркеры в виде последовательностей «ДНК». Нейтральные «нуклеотидные» последовательности в такой модели должны передаваться от родителей к потомству с вероятностью мутации, имитируя процесс нейтральной молекулярной эволюции. Сопоставляя полученные таким образом данные, можно исследовать различные сценарии эволюционного процесса и использовать методы молекулярной филогении. Обсуждаются результаты моделирования различных микроэволюционных сценариев симпатической эволюции в переменных условиях.

Potapov S.A., Krasnopeev A.Yu., Tikhonova I.V., Belykh O.I.

GENETIC DIVERSITY OF T4-LIKE BACTERIOPHAGE OF FAMILY *MYOVIRIDAE* IN BENTHIC BIOFILMS OF LAKE BAIKAL

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
poet1988@list.ru

The theses briefly illustrate the biodiversity of T4-like bacteriophages of the *Myoviridae* family from fragment of *g23* gene in benthic biofilms of Lake Baikal. 43 sequences of the *g23* gene fragment were analyzed, which were distributed throughout the phylogenetic tree, showing a huge biodiversity of phages from benthic biofilms of the lake. Canonical correspondence analysis was carried out which showed that phages from biofilms are grouped with phages from the plankton of Lake Baikal.

Потапов С.А., Краснопеев А.Ю., Тихонова И.В., Белых О.И.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ Т4-ПОДОБНЫХ БАКТЕРИОФАГОВ СЕМЕЙСТВА *MYOVIRIDAE* В БЕНТОСНЫХ БИОПЛЁНКАХ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
poet1988@list.ru

Биопленка – это специализированная структура, состоящая из микроорганизмов, окруженных внеклеточным полисахаридным матриксом, расположенных на поверхности раздела сред. Большинство бактерий способны формировать такие структуры. Бактериофаги (фаги) – вирусы бактерий – играют ключевую роль в регулировании разнообразия и численности бактерий. Ранее предполагали, что биоплёнки не подвержены влиянию вирусов из-за непроницаемости матрикса. Однако, фаги эволюционируя совместно с бактериями, выработали несколько механизмов для преодоления препятствий на пути заражения бактерий. Известно, что многие бактериофаги содержат гены, кодирующие ферменты, способные разрушать элементы матрикса биопленки. В дополнение, значительная часть бактериофагов

имеет ферменты, которые позволяют им проникать через стенку бактериальной клетки. Наиболее многочисленными бактериофагами в водных экосистемах являются фаги, принадлежащие к отряду Caudovirales (хвостатые). Этот отряд состоит из четырёх семейств: *Ackermannviridae*, *Podoviridae*, *Siphoviridae* и *Myoviridae*. Т4-подобные вирусы входят в семейство *Myoviridae*. Эта группа представляет собой литические фаги генетически и морфологически сходные с хорошо изученным колифагом Т4. Т4-подобные фаги содержат несколько подгрупп, включая «истинные» T-evens (бактериофаг Т4 и близкородственные фаги, инфицирующие *Enterobacteria*, например, Т2, Т6), PseudoT-evens и SchizoT-evens (в том числе *Aeromonas*- и *Vibrio*-фаги) и более отдаленные ExoT-evens (циано- и пелагифаги). Для анализа биоразнообразия Т4-подобных фагов часто используют фрагмент гена *g23*, который кодирует основной капсидный белок. Установлено, что среди структурных генов Т4-фагов ген *g23* является наиболее надёжным маркером для исследования их генетического разнообразия.

Целью работы было выявить биоразнообразие Т4-подобных фагов в бентосных биоплёнках, развивающихся на различных субстратах в литоральной зоне оз. Байкал.

В 2016 и 2017 годах отобраны пробы биоплёнок с камней в районе п. Листвянка, Б. Коты, городского пляжа г. Северобайкальск, с губок в районе м. Толстый. ДНК выделяли фенол-хлороформным методом. В работе использованы праймеры MZIA1bis и MZIA6. Полученные ампликоны обрабатывали, как описано ранее (Потапов и др., 2013).

В результате получено 43 уникальных последовательности фрагмента гена *g23*. Длина нуклеотидных последовательностей варьировала от 340 до 450 п.н. Нуклеотидные последовательности имели ближайших родственников из различных экосистем: водной толщи Байкала (Россия), озёр Бурже и Анси (Франция), Дунху (Китай), Лимнополар (Антарктика), Чесапикского залива, марганцевых конкреций рисовых полей Японии, криоконитовых углублений (Шпицберген), болот (Китай), сточных вод (Ирландия). Сходство последовательностей с ближайшими соседями из базы данных NCBI (на нуклеотидном уровне) варьировало от 70 до 99%. На нуклеотидном уровне сходство между байкальскими последовательностями из биоплёнок с планктонными, полученными ранее, варьировало от 29 до 99%. Наибольшее сходство (78%) на аминокислотном уровне было с изолятом, выделенным из прибрежных вод южной Калифорнии *Synechococcus* phage S-CAM1 (YP_007673099). Анализ филогенетического дерева показал, что ни одна из последовательностей не вошла в группы T-, PseudoT-, SchizoT-evens. 17 последовательностей фагов вошло в группу ExoT-evens, что неудивительно, т.к. по нашим данным, цианобактерии доминируют по биомассе в бентосных биоплёнках литоральной зоны оз. Байкал. Из них 9 байкальских бентосных последовательностей сформировало отдельный кластер с последовательностью из южного Байкала (ADJ57323), полученной ранее из планктона, 4 (3 из биоплёнки камня, 1 из биоплёнки губки) кластеризовались с последовательностями планктонных бактериофагов северной котловины оз. Байкал (группа B), определенных ранее при исследовании генетического разнообразия вирусов в двух котловинах оз. Байкал (B3, B4), а 4 последовательности распределились внутри группы Exo T-evens, не формируя кластеры. Остальные 26 последовательностей состояли за пределами известных групп фагов, из которых 6 последовательностей из биоплёнки, развившейся на поверхности губки на глубине 25 м в южном Байкале, кластеризуются с изолятом *Escherichia* phage 121Q, выделенным из сточных вод Квебека (Канада), а 8 последовательностей образовали две отдельные клады, что возможно при большем количестве данных может сформировать свои "группы байкальских бентосных биоплёнок", 2 попали в байкальский кластер B1, остальные 10 распределились отдельно, не образуя кластеры.

На основе полученных данных и последовательностей из других экосистем, выполнено многомерное шкалирование с применением канонического анализа (Canonical Correspondence Analysis). Анализ показал, что сообщества из различных водоёмов формируют отдельные группы, при этом наблюдается тенденция группировки в зависимости от физико-химических параметров среды. Последовательности бактериофагов из бентосных биоплёнок Байкала группируются с байкальскими планктонными последовательностями, а не с последовательностями фагов из других водоемов. Впервые получены нуклеотидные последовательности Т4-подобных бактериофагов из бентосных биоплёнок, развивающихся на различных субстратах абиогенного и биогенного происхождения (губки) в озере Байкал. Проведённый анализ показал большое разнообразие Т4-подобных бактериофагов. В дальнейшем планируется расширить это исследование, используя высокопроизводительное секвенирование.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-34-00513 мол_а, а также гос. задания № 0345-2016-0003.

Potemkina T.G., Fedotov A.P.

HYDROMETEOROLOGICAL FACTORS AND ECOLOGY OF THE COASTAL ZONE OF LAKE BAIKAL: RECENT CHANGES

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
tat_pot@lin.irk.ru

To date, eutrophication processes have been recorded in many freshwater bodies of the world. More and more investigations consider global warming as the main natural factor that causes eutrophication. In the recent years, eutrophication signs have been also recorded in Lake Baikal. In this connection, we performed for the first time comprehensive analysis of long-term changes of hydrometeorological characteristics, which were able to provoke negative changes in the coastal area of the lake. The largest number of anomalies of climatic variables has been recorded in the XXI century. Moreover, the years of the last decade have been the most favorable for emergence of negative processes in the lake (outbreak of mass growth of algae and aquatic

vegetation, rotting of their remains at the bottom and on the shores of the lake, changes in the structure of zoning and biocenoses, etc.). In the period of continuing global warming, it is necessary to study the climate effect on the processes occurring in the coastal area of Lake Baikal and to carry out long-term monitoring for elucidation of recent and expected changes of the ecological state of the lake and for their valid interpretation.

Потемкина Т.Г., Федотов А.П.

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И НЕГАТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ: СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
tat_pot@lin.irk.ru

В настоящее время в условиях нестабильности климата и быстро растущего антропогенного прессинга на окружающую среду уже более 40% водоемов планеты испытывают умеренную или тяжелую эвтрофикацию, которая негативно влияет на качество воды, экологию водной экосистемы в целом, водоснабжение, рекреацию и др. и представляет угрозу крупным водоемам мира – источникам питьевой воды. В последние годы все большее внимание уделяется влиянию климатических факторов в развитии эвтрофикации пресноводных экосистем. Сигналы эвтрофикации обнаружены и на Байкале. Они имеют локальный характер, относятся к отдельным районам и проявляются в виде: вспышек «цветения» воды (быстрое размножение цианобактерий) и массового развития нитчатых водорослей (малочисленной ранее водоросли рода *Spirogyra*); интенсивного зарастания прибрежных мелководий водорослями и водной растительностью и засорения пляжей их остатками, выброшенными волнениями; появления неприятного запаха в результате гниения этих выбросов; изменений в структуре и зональности биоценозов; заболевания эндемичной байкальской губки, являющейся природным фильтром воды озера; фекального загрязнение прибрежных вод (Kravtsova et al., 2014; Белых и др., 2015; Калюжная, Ицкович, 2015; Timoshkin et al., 2016). В связи с чем, проведен комплексный анализ многолетних изменений наиболее чувствительных гидрометеорологических характеристик (температуры воздуха и воды, атмосферных осадков, ветрового режима, солнечной радиации), способных стимулировать процессы эвтрофикации в береговой зоне Байкала.

Наши исследования показали – Байкальский регион более чувствителен к глобальному потеплению, чем климат Земного шара в целом. Скорость роста среднегодовой температуры за период 1976 – 2016 гг. составила для Земного шара +0,17°С за 10 лет, а для Байкальского региона +0,34°С/10 лет. Изменение гидрометеорологических характеристик в Байкальском регионе в теплый период (май-октябрь) за 1976–2016 гг. показало, что температура воздуха росла со скоростью +0,37°С/10 лет, температура воды в прибрежной зоне озера увеличивалась на +0,39°С/10 лет, средняя скорость ветра уменьшалась на величину – 0,12 м/с каждые 10 лет, значение линейного тренда атмосферных осадков составило – 1,2 мм/10 лет. Прямая солнечная радиация на территории Байкальского региона с начала 1990-х гг. отличалась стабильностью, размах ее колебаний находился в пределах ±10% от нормы. В Байкальском регионе наибольшие аномалии рассматриваемых гидрометеорологических переменных в теплый период пришлись на XXI столетие. А последнее десятилетие было наиболее благоприятным для проявления в береговой зоне Байкала сигналов эвтрофикации.

Современные исследования, модели, прогнозы показывают, что ситуация с воздействием климата на водные экосистемы в будущем сохранится, особенно, когда имеются высокая температура воздуха и воды, уменьшение осадков, ослабление ветровых потоков, продолжительное солнечное сияние. Тогда риски эвтрофирования водоемов увеличиваются, даже если внешние источники загрязняющих веществ становятся стабильными. В период продолжающегося глобального потепления экологические процессы в береговой зоне Байкала без сомнения требуют особого внимания и долгосрочного мониторинга для более глубокого понимания реакции экосистемы озера на изменение климата и выявления механизмов ее функционирования в будущих условиях.

Protasov E.S.[1], Axenov-Gribanov D.V.[1], Krasnova M.E.[1], Timofeyev M.A.[1]

COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOSYNTHETIC POTENTIAL OF ACTINOBACTERIA ISOLATED FROM DIFFERENT ECOLOGICAL NICHES OF LAKE BAIKAL

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia, Lenin street, 3
protasov.evgenii@gmail.com

Microorganisms are the fundamental component of food webs including those of aquatic ecosystems. The considerable number of aquatic microorganisms are associated with the particles, floating in the water, sediments, as well as phyto- and zooplankton (Tang et al., 2011). Two ecological niches, sediments, and zooplankton, are significantly different from each other both in physiological and biochemical sense. The distinction in the spectrum of synthesized metabolites that is caused by the difference in the abiotic factors may be reflected in the different biological activity against neighboring microorganisms.

Протасов Е.С.[1], Аксенов-Грибанов Д.В.[1], Краснова М.Е.[1], Тимофеев М.А.[1]

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОСИНТЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА АКТИНОБАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НИШЕЙ ОЗЕРА БАЙКАЛ

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», г. Иркутск, ул. Ленина, 3
protasov.evgenii@gmail.com

Микроорганизмы – фундаментальный компонент трофических цепей, в том числе и в водных экосистемах. Значительная доля микроорганизмов водных экосистем ассоциированна с различными частицами, парящими в воде, грунтами, а также с фито- и зоопланктоном (Tang et al., 2011). Две экологические ни-

ши – осадки и зоопланктон, существенно отличаются друг от друга, в том числе физиологическими и биохимическими свойствами населяющих их популяций микроорганизмов. Различие в спектрах синтезируемых микроорганизмами веществ, обусловленное разницей в абиотических условиях, может найти свое отражение в различной биологической активности против микроорганизмов-соседей.

Цель данной работы состояла в оценке и сравнении биосинтетических возможностей актинобактерий, выделенных из осадков озера Байкал и байкальских эндемичных амфипод, собранных с разных глубин. Также была предпринята попытка установления возможной роли синтезируемых веществ в жизнедеятельности амфипод. В ходе ранее проведенных исследований показана высокая антибиотическая (противогрибковая) активность штаммов актинобактерий, ассоциированных с байкальскими эндемичными амфиподами (Protasov et al., 2017). В тоже время не было проведено сопоставления активности штаммов из различных экологических ниш, а именно свободноживущих форм, обитающих в грунтах озера, и штаммов, ассоциированных с амфиподами. Для восполнения данного пробела был проведен ПЦР-скрининг генов вторичного метаболизма, а также ряд антибиотических тестов экстрактов из обеих групп актинобактерий.

Среди исследованных генов вторичного метаболизма в обеих группах актинобактерий наиболее часто встречались гены поликетидсинтаз 1-го типа и гены нерибосомальных синтетаз. Гены поликетидсинтаз 2-го типа встречались одинаково редко в обеих группах. Также схожей была активность против ряда тест культур, а именно высокая активность против грибов – 50% в группе актинобактерий, выделенных из осадков, и 61% в группе актинобактерий, ассоциированных с амфиподами. В тоже время активности против грамположительных бактерий значительно различались (25% в группе актинобактерий, выделенных из осадков, и 52% в группе актинобактерий, ассоциированных с амфиподами). Активность против грамотрицательных бактерий была выявлена у 12 штаммов (28%), ассоциированных с амфиподами, в то время как штаммы, выделенные из осадков, не проявили значимой активности.

Настоящее исследование показывает, что актинобактерии, населяющие две различные экологически ниши, а именно грунты озера и амфипод, отличаются друг от друга по биологической активности. С другой стороны, исследование не выявило значимых отличий в филогении штаммов и наличия отдельных ассоциированной и свободноживущей клад. Таким образом, можно предположить, что штаммы актинобактерий, ассоциированные с амфиподами, по своему происхождению являются свободноживущими, но в результате перехода к новой среде обитания (покровы и пищеварительный тракт амфипод), они адаптировали свой метаболизм для защиты своей среды обитания от заселения другими микроорганизмами. Данное утверждение согласуется с теорией наличия двух стратегий использования пищевых ресурсов – прямой и косвенной конкуренции (Patin et al., 2015). В данном случае штаммы, перешедшие к ассоциированному с амфиподами образу жизни, меняют стратегию с косвенной на прямую конкуренцию с целью защиты своей относительно богатой пищевыми ресурсами экологической ниши от эксплуатации другими микроорганизмами. В тоже время, в олиготрофной среде осадков и воды озера Байкал данная стратегия может оказаться невыгодной ввиду высокого уровня затрат для синтеза антибиотических веществ. Стоит отметить, что данные выводы являются предварительными и требуют дополнительной проверки с применением методов геномного секвенирования и ВЖХД высокого разрешения, сопряженного с масс-спектрометрией.

Исследование проведено при частичной финансовой поддержке проектов РНФ (17-14-01063), РФФИ (16-34-60060, 18-34-00294), проектов Минобрнауки РФ 6.9654.2017/8.9, 6.12737.2018/12.2, 6.12738.2018/12.2., а также Фонда поддержки прикладных экологических разработок и исследований «Озеро Байкал».

Prusevich L.S., Zaitsev V.F., Egorov E.V., Tsapenkov A.V.

ZOOPLANKTON OF LAKE SALTAIM-TENIS IN THE MODERN PERIOD

Novosibirsk branch of FGBU "Gosrybtsentr", Novosibirsk. Russia
sibribniiproekt@mail.ru

In connection with the development of pasture aquaculture in large reservoirs of the Omsk region, starting from 2010 research has been carried out on the forage base of Lake Baikal. Saltaim-Tenis. The paper presents data on zooplankton in the modern period: species composition, abundance, biomass, products, potential fish productivity of the lake due to the use of fishes of this type of food. It is observed that the quantitative indicators of zooplankton are subject to significant changes, depending on various factors, which must be taken into account when developing pasture aquaculture.

Прусевич Л.С., Зайцев В.Ф., Егоров Е.В., Цапенков А.В.

ЗООПЛАНКТОН ОЗЕРА САЛТАИМ-ТЕНИС В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

Новосибирский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр»,
e-mail: sibribniiproekt@mail.ru

Озеро Салтаим-Тенис – крупный водоем Омской области, где ежегодно добывают около 70 % всей рыбы данного региона. Озеро подвержено циклическим колебаниям уровня воды. Это обуславливает периодические изменения гидрохимических показателей, которые оказывают определенное влияние на гидрофауну водоема. Большое рыбопромысловое значение и организация пастбищной аквакультуры требуют знания экосистемы озера. Изучение видового разнообразия кормовых для рыб гидробионтов, их продуктивности даст возможность подбора таких видов рыб, которые бы наиболее полно использовали запасы той или иной группы организмов. В связи с этим, на оз. Салтаим-Тенис Новосибирским филиалом ФГБНУ «Госрыбцентр» проводятся ежегодные мониторинговые исследования кормовой базы рыб.

Цель данной работы: оценить состояние зоопланктона оз. Салтаим-Тенис по качественным и количественным показателям, определить потенциальную рыбопродуктивность и трофический статус озера в современный период. Полученные результаты исследований будут использованы для разработки тактики развития пастбищной аквакультуры, рекомендаций по видовому составу ихтиофауны и объемам заселения озера молодью ценных видов рыб.

В работе приведены данные анализа 95 проб зоопланктона, собранных в оз. Салтаим-Тенис в весенний, летний и осенний периоды 2016-2017 гг.

Оз. Салтаим-Тенис состоит из двух крупных водоемов (плесов) Салтаим и Тенис площадью 12,3 и 10,6 тыс. га соответственно, соединенных между собой протокой шириной 2 км. Средние глубины озера составляют 3,0 м, максимальные – 4,5 м. В озеро впадает несколько речек, три из которых (Чердак, Карасук и Кошара) дают до 95 % притока. Из озера вытекает р. Оша, приток р. Иртыш.

Водоем периодически заморный. Для поддержания уровня воды в 2005 г. на р. Оша у д. Усть-Логанка была построена плотина. С 2005 по 2014 гг. заморных явлений в озере не наблюдалось, хотя уровень воды с 2008 по 2014 гг. ежегодно снижался. В марте 2015 г. в результате снижения уровня до отметки 161 см от нуля поста (самая низкая отметка за период 2004-2015 гг.) произошел зимний замор, при котором наблюдалась массовая гибель оксифильных видов рыб (щуки, судака, окуня, сазана, леща).

Промысловая ихтиофауна озера представлена обыкновенной щукой, серебряным карасем, карпом, лещем, обыкновенным окунем, судаком, непромысловая – пескарем, верховкой и гольяном.

В зоопланктоне озера Салтаим-Тенис обнаружены представители трех групп планктонных животных: коловратки (Rotifera) – 5 видов, ветвистоусые (Cladocera) - 9 и веслоногие (Copepoda) ракообразные - 8. В основном это эвригалинные виды, относящиеся к озерно-прудовой фауне. Видовой состав зоопланктона на плесах оз. Салтаим-Тенис отличается незначительно. На плесе Салтаим в период исследований зарегистрировано 22 таксона, на плесе Тенис - 20.

В 2016 г. в оз. Салтаим-Тенис средняя численность зоопланктона за вегетационный сезон составила 20,97 тыс. экз./м^3, биомасса – 1,228 г/м^3, продукция - 12,28 г/м^3, или 368,4 кг/га. Потенциальная рыбопродуктивность оценивается в 18 кг/га, или 412 т на всю площадь водоема.

По показателям биомассы зоопланктона оз. Салтаим-Тенис в 2016 г. относилось к среднекормным водоемам α-мезотрофного типа среднего класса.

В вегетационный сезон 2017 г. в оз. Салтаим-Тенис, как и в предыдущем году, отмечено 22 вида. Особенностью развития зоопланктона в 2017 г. является снижение биомассы от весны к осени, что свидетельствует о превышении его изъятия над приростом.

Средняя биомасса планктонных животных за вегетационный сезон 2017 г. составила 0,274 г/м^3, что почти в 5 раз меньше, чем в 2016 г. Большую разницу биомассы зоопланктона за 2 смежных года можно объяснить повышением трофности водоема в 2016 г. в результате разложения погибшей рыбы после зимнего замора в 2015 г. В 2017 г. численность рыб, использующих зоопланктон, восстановилась, пресс на планктонных животных увеличился также за счет благоприятных условий нереста в результате повышения уровня воды, что привело к снижению количественных показателей этой группы организмов. Продукция зоопланктона в 2017 г. составила 2,74 г/м^3, или 82 кг/га, потенциальная рыбопродуктивность –4 кг/га (92 т на всю площадь водоема). Средняя потенциальная рыбопродуктивность за 2 года исследований определилась величиной 252 т.

Таким образом, исследования зоопланктона оз. Салтаим-Тенис показали, что количественные показатели этой группы подвержены значительным изменениям в зависимости от разных факторов, что необходимо учитывать при создании ОТРХ (озерно-товарного рыбного хозяйства).

Radnaeva L.D., Bazarsadueva S.V., Taraskin V.V.

LIPIDS OF DEEP WATER BAIKAL HYDROBIONTS

Federal State Budget Scientific Establishment the Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russia

The fatty acid composition of of Baikal deepwater hydrobionts sampled during The International Scientific Expedition “MIRs” on Lake Baikal” from various regions from bottom of lake Baikal from a depth of 400-1600 m was studied. More than 40 fatty acids of different degree of unsaturation were detected in the tissues of amphipods, sponges and cottoid fish by gas chromatography with mass spectrometry.

Раднаева Л.Д., Базарсадуева С.В., Тараскин В.В.

ЛИПИДЫ ГЛУБОКОВОДНЫХ БАЙКАЛЬСКИХ ГИДРОБИОНТОВ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, Россия
radld@mail.ru

В настоящее время заметно возрос интерес к липидам со стороны многих направлений наук, прежде всего это биологические, медицинские и химические. Липидные показатели являются важнейшими характеристиками физиолого-биохимической индикации состояния организмов и популяций при различных условиях обитания. Липиды являются основным источником энергии для водных организмов и функционирование любых экосистем во многом связано с био-

синтезом и транспортом липидов в пищевых цепях. Многочисленными исследованиями показано участие липидов в адаптивных реакциях гидробионтов в ответ на изменение самых разнообразных условий окружающей среды (Carballeira et al., 1987; Rajendran et al., 1992; Simoneit, 2004). Поэтому изменения состояния среды могут быть прослежены при сравнительном анализе жирных кислот (ЖК) различных организмов.

Озеро Байкал – участок мирового природного наследия, старейший (25 млн. лет) и самый большой (23000 км^3) пресноводный водоем в мире. Важной и сложной задачей является исследование биологических объектов, применяемых для индикационной оценки природной среды. Наибольший интерес представляют такие гидробионты как губки, которые практически не меняют место обитания. Они ассоциированы с широким спектром микроорганизмов, содержат большое количество вторичных метаболитов, которые играют важную роль в развитии приспособительных реакций у организмов при экологических модуляциях. Одной из наиболее многочисленных групп многоклеточных байкальских организмов являются амфиподы, которые составляют 1/5 от общего числа мировой фауны видов амфипод, причем все они — эндемики. Несмотря на низкую относительную биомассу, амфиподы составляют существенный компонент в системе обмена вещества и энергии, поскольку являются важным кормовым объектом для многих гидробионтов.

Известно, что состав липидов тканей ряда эндемичных организмов озера Байкал характеризуется высокими уровнями длинноцепных полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), что типично для морских видов (Henderson, Tocher, 1987). Обнаружены высокие уровни n3 ЖК в отдельных видах байкальских Cottoidei (Kozlova, Khotimchenko, 1993, 2000; Kozlova, 1997; Grahl-Nielsen et al., 2005, 2011; Попов, 2012). Исследования по липидному составу байкальских губок включают некоторых представителей этой группы животных, обитающих на небольшой глубине (Dembitsky et al., 1993, 2003; Глызина, 2002), глубоководные байкальские губки ранее не изучались. Исследователями (Ishiwatari et al., 2006) выявлено содержание лигнина и некоторых ЖК донных осадков Академического хребта, отобранных с глубины 335 м, других данных по ЖК составу донных осадков глубоководной зоны озера Байкал не обнаружено. Таким образом, работа, направленная на исследование распределения липидов в тканях глубоководных байкальских гидробионтов актуальна.

Работа выполнена в рамках госзадания БИП СО РАН (проект №0339-2016-0003).

Romanov R.E.[1, 2], Yermolaeva N.I.[2], Smolyakov B.S.[3, 4]

REMEDIATION OF HEAVY METAL POLLUTION WITH HYBRID SORBENTS: EXPERIMENTAL ESTIMATION OF CONSEQUENCES FROM PLANKTON PERSPECTIVE

[1]Central Siberian Botanical Garden of the SB RAS, Zolotodolinskaya Str., 101, Novosibirsk, Russia
[2]Institute for Water and Environmental Problems of the SB RAS, Morskoy Ave., 2, Novosibirsk, Russia
[3]Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry of the SB RAS, Academician Lavrent'ev Ave., 3, Novosibirsk, Russia
[4]Novosibirsk State University, Pirogova Str., 2, Novosibirsk, Russia
romanov_r_e@ngs.ru

The recent progress in the creation of highly efficient sorbents for the removal of heavy metals (HM) from contaminated water is widely associated with the use of nanoscale materials alone or in combination (hybrid or composite sorbents) that have the desired properties. However, the estimations of possible ecosystem changes during and after remediation with hybrid sorbents are few. We aimed to estimate consequences of remediation of freshwater reservoir polluted with heavy metals Cd(II), Cu(II), Pb(II), and Zn(II) from plankton perspective.

The hybrid sorbent MC-HA-F was prepared by mechanochemical treatment of the mesoporous carbon (MC) and Fenton modified humic acid (HA-F). Fine particles (<0.1 mm) of this sorbent were fixed onto a highly porous polymeric matrix (Sintepon). The possibility of applying this matrix as submersible device for the removal of HM from multi-metal wastewaters was studied in a laboratory experiment, and for the remediation of a contaminated reservoir – in a field experiment using the mesomodelling methodology. In a laboratory experiment, it was found that a high efficiency of HM removal (95–99.9%) and recovery (85–99%) from wastewater remained in at least six consecutive adsorption-desorption cycles. The results of a field experiment showed that a sharp decrease in the HM concentration occurred in the first day, and by the end of 12 days only 2.7% of Cu, 3.4% of Pb, 3.9% of Cd, and 6.5% of Zn remained in the water. It was shown that hybrid sorbent fixed on a synthetic porous material could be effective way of remediating wastewaters and natural waters contaminated with HM.

The composition and abundance of initial phytoplankton community was characteristic for meso-eutrophic waters. Small single-celled diatoms, mainly *Stephanodiscus* spp., were dominating group, and chlorophytes, Chlorococcales s.l., were less abundant. Addition of HM and sorbent firstly resulted in significant decrease of phytoplankton number, mainly diatoms. Luxuriant growth of small-celled coccoid chlorophytes greatly increased phytoplankton density from fifth day of the experiment. The new community was typical for shallow highly eutrophic waters. It was unknown from this water body before and obviously will disappear after remediation actions, because it will unable to persist under initial environmental conditions. Therefore, decrease in HM concentration in water at the expense of a sorption contributed to the rapid re-establishment of the phytoplankton community after its oppression by metals, thus forming a renewable channel for HM removal by metal biosorption.

Rotifers were the key group in zooplankton community. Addition of HM and sorbent sharply suppressed all species and resulted in significant decrease of zooplankton number not restoring to the end of the experiment. It can be assumed that longer life cycles of these organisms were responsible for the pattern observed. The longer period was probably required for restoration of reproduction of zooplankton organisms.

Therefore combined effect of HM removal with hybrid sorbent and isolation of water in minicosms resulted in rapid succession of phytoplankton culminating in short persistence of its community extraordinary for background waters and unable to exist in them. In contrast, zooplankton remained suppressed from the beginning of the experiment irrespective of significant HM decrease.

This work was supported by Russian Foundation for Basic Research, project No. 17-05-00623, and partly by projects AAAA-A17-117012610055-3 in agreement with state order for CSBG SB RAS (0312-2016-0005) and state order for IWEP SB RAS according to the research project № 0383-2016-0003.

Rozhkova N.A., Maksimova N.V., Weinberg I.V., Bondarenko N.A., Zvereva Yu.M., Volkova E.A., Sitnikova T.Ya., Nepokrytykh A.V., Timoshkin O.A.

MACROZOOBENTHOS OF THE STONY LITTORAL OF THE WESTERN COAST OF SOUTH BAIKAL: CURRENT STATE AND MULTIYEAR DYNAMICS

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
rozhkova@lin.irk.ru

The problem of the anthropogenic pollution of Lake Baikal became the most relevant issue since the middle of the last century. Similarly to other great oligotrophic lakes of the North America and Europe, the process of the coastal zone contamination has a major impact on the structure and quantitative characteristics of benthonic invertebrates by means of changes in the physical and chemical environmental parameters. Multiyear dynamics of the macrozoobenthos taxonomic composition and quantitative characteristics of the western coast of South Baikal (Listvyanichnaya and Bolschye Koty Bays, Berezovy Cape) are considered on the basis of a study of the samples, collected by the staff of the laboratory of biology of freshwater invertebrates, performed in 2000–2016. Respective information, published in 1928–1988 and archive data were also involved in the analysis.

Since 1928, the number of macrozoobenthos grew 9-fold: over a period of first 40 years (1928–1968) – 1,5-fold; in the next 20 years (1968–1988) – 1,7-fold; then every 12-15 years (1988–2016) – 1,5-twofold. Biomass abundance started to grow in 1988 and doubled in 2001–2016. Increase in total number of macrozoobenthos organisms was first of all due to increase of the oligochaetes (from 2% to 24%) and polychaetes (from 5% to 22%). Lower rate of the biomass increase is attributable to the decline of the individual weight of the invertebrates: mollusks, chironomides, amphipods, turbellarians – 5-6-fold; polychaetes and oligochaetes – 7-8 fold. In spite of a notable changes in the quantitative characteristics, the dominant species-complex remained stable for extended period of time. Changes of the dominant groups and Baikal species complexes became evident in the most polluted areas since ca 2013. One of them – Lisvyanichnaya Bay, where the critical changes in the community structure were detected in 2014–2016. For example, the mollusks and amphipods were formerly dominated by number in the natural environment of the lake's rocky littoral (over 60%). Currently the situation is drastically changed and the complex of oligochaetes and polychaetes is dominating (up to 80% of the total animal number). Species of Naididae family were replaced by the representatives of Tubificidae and Enchytraeidae. Eurybiontic amphipod species, *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) and the introduced Palearctic species *Lymnaea (Radix) auricularia* (L.) (Gastropoda), Trichopterans *Hydatophylax nigrovittatus* (McL.), *Apatania majuscula* McL.) became dominant in macrozoobenthos. Values of King & Ball Index (*i*=0,3-0,7), reflecting the water quality based on the macrozoobenthos community conditions, illustrate the poor ecological state and contamination of the Listvyanichnaya Bay.

Current changes in the macrozoobenthos of the stony littoral of Lake Baikal (abundance increasing; decline of the individual weights; replacement of the dominant species and species complexes) are similar to the processes, known for other large oligotrophic lakes and usually caused by eutrophication.

Supported by federal project No. 0345-2016-0009 "Large-scale changes in ecology and biodiversity of coastal zone communities of Lake Baikal: interdisciplinary research reasoning and prognosis" to O.A. Timoshkin.

Рожкова Н.А., Максимова Н.В., Вейнберг И.В., Бондаренко Н.А., Зверева Ю.М., Волкова Е.А., Ситникова Т.Я., Непокрытых А.В., Тимошкин О.А.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА МАКРОЗООБЕНТОСА КАМЕНИСТОЙ ЛИТОРАЛИ ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЮЖНОГО БАЙКАЛА

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
rozhkova@lin.irk.ru

Проблема антропогенного загрязнения озера Байкал стала наиболее актуальной в середине прошлого века. Как и в больших олиготрофных озерах Америки и Европы, загрязнение мелководий Байкала, изменяя физические и химические факторы среды обитания донных беспозвоночных, влияет на структуру и количественное развитие их сообществ. Именно состояние зообентоса наиболее показательно при выявлении долгосрочных антропогенных воздействий. Многолетняя динамика таксономического состава и количественных показателей макрозообентоса каменистой литорали западного побережья Южного Байкала (бух. Лиственничная, м. Березовый, бух. Большие Коты) рассмотрена нами на основе анализа сборов лаборатории биологии водных беспозвоночных, проведенных с 2000 по 2016 гг., с привлечением опубликованных данных (1928-1988 гг.) и архивных материалов.

За рассматриваемый период численность макрозообентоса выросла в 9 раз: в первые 40 лет (с 1928 по 1968 гг.) – в 1,5 раза; в последующие 20 лет (с 1968 по 1988 гг.) – в 1,7 раз; затем каждые 12-15 лет (с 1988 по 2001 гг.) – в 1,5-2 раза. При этом значения биомассы начали увеличиваться только после 1988 г. и к 2001-2016 гг. возросли в 2 раза. Рост общей численности макрозообентоса происходил,

главным образом, за счет увеличения доли олигохет (с 2% до 24%) и полихет (с 5% до 22%). Более низкие темпы роста биомассы обусловлены уменьшением индивидуального веса беспозвоночных: моллюсков, хирономид, амфипод, турбеллярий – в 5-6 раз; полихет, олигохет – в 7-8 раз. Несмотря на значительные количественные изменения, комплекс видов-доминантов продолжительное время оставался стабильным. Начиная с 2013 г. в наиболее загрязненных районах побережья происходит смена доминирующих групп и видового состава байкальского комплекса беспозвоночных. В период с 2014 по 2016 гг. в бух. Лиственничная (район с наибольшей антропогенной нагрузкой) отмечены критические перестройки в структуре сообществ. Так, если в естественных условиях озера преобладали по численности моллюски и амфиподы (более 60%), то в настоящее время доминирующее положение в данном районе занимает олигохетно-полихетный комплекс (около 80% общей численности). При этом доминирующих ранее представителей олигохет семейства Naididae сменили виды Tubificidae и Enchytraeidae. Эврибионтный вид амфипод *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) и палеарктические виды-вселенцы: брюхоногий моллюск *Lymnaea (Radix) auricularia* (L.) и ручейники *Hydatophylax nigrovittatus* (McL.) и *Apatania majuscula* McL.) – начинают приобретать ведущее положение в макрозообентосе. Значения индекса Кинга и Болла, отражающего качество воды по состоянию сообществ макрозообентоса (*i*=0,3-0,7), свидетельствуют о загрязнении бух. Лиственничная. Происходящие изменения в макрозообентосе каменистой литорали Байкала (увеличение количественных показателей, уменьшение индивидуального веса особей, смена доминирующих комплексов и видов) аналогичны событиям, отмеченным в других больших олиготрофных озерах при эвтрофикации.

При поддержке бюджетной темы № 0345-2016-0009.

Rubtsova M.N.[1], Akulov N.I.[1], Akulova V.V.[1, 2]

FERROMANGANESIAN MINERALIZATION IN THE COASTAL ZONE OF LAKE BAIKAL

[1]Institute of the Earth's Crust, SB RAS, 664033 Irkutsk, Lermontov, 128
[2]Irkutsk State University, 664003 Irkutsk, ul. Karl Marx, 1
akulov@crust.irk.ru

The most active aeolian processes occur on the Olkhon Island and in the Svyatoy Nos region (on the areas adjacent toNyurganskaya, Bezymyannaya, Katkova and Barguzinsky Gulf bays). Of particular interest are the aeolian sands of Bezymyannaya Bay containing ferromanganesian mineralization, extending in the submeridional direction. The ditch, traveled from the water's edge of Lake Baikal to the cross of the mineralization strike, revealed a zone of aeolian light gray-grained sands distanced of 20 m from the water's edge were replaced by yellowish-brown and brown sandstones with a large specific gravity. Petrographic study of sandstone sections showed that they are medium-coarse-grained quartz-feldspar rocks with basal and pore-film cement. The cementing agents are manganese and iron hydroxides. Aeolian material is angular, angular-rounded, represented by quartz (up to 60%), plagioclase (30-35%), feldspars (5-8%), amphibole, micas and quartz (about 2%). The traces of pelitization on some feldspar grains are visible. The sericite develops in plagioclases. An ore mineralization is represented mainly by black and brown-black brittle sintered MnO (OH) manganite cementing aeolian grains according to the X-ray diffraction analysis. A Manganite is insoluble in water, has a low hardness (3.5) and is usually the most important manganese ore. A manganite mineralization has the "iron hat" form from the surface because of brownish yellow iron hydroxides coating represented by limonite $FeOOH\cdot(Fe_2O_3\cdot nH_2O)$. The limonite and manganite form beautiful haloes from bright yellow and red, to brown and black tones in the ore manifestation clearing. Apparently, the sedimentation of manganese and ferromanganese compounds occurred in the geochemical barrier zone with the participation of bacteria. It is established the water level of stagnant marshes of the continental part is at a higher hypsometric level than the water level in the lake Baikal in the Bezymyannaya Bay area, so the swampy waters, leaking into the aeolian sand, migrated to its coastal zone Perhaps this caused a sharp change in the pH and Eh of the medium in the coastal zone sands which led to the geochemical barrier was appears and then mineralization was formed. Probably, a meeting of fermented wadewater enriched with manganese and iron, with coastal zone's neutral waters of the the lake. Baikal enriched with oxygen caused the formation of authigenic manganite. It is quite possible the iron manganese bacteria played an important role in its formation (Dorn, Oberlander, 1981; Fan et al., 1999; Granina et al., 2011; Shkolnik et al., 2012). Thus, the geochemical barrier is confined to the interface between two geosystems: the marsh zone and the coastal territory of Lake Baikal. It is a typical linear geochemical barrier, the length of which is about 350 m.

Рубцова М.Н.[1], Акулов Н.И.[1], Акулова В.В.[1,2]

ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

[1]Институт земной коры СО РАН, 664033 г. Иркутск, Лермонтова, 128
[2]Иркутский государственный университет, 664003 г. Иркутск, ул. Карла Маркса, д.1
akulov@crust.irk.ru

В геологическом строении кайнозойских отложений озера Байкал, прибрежные эоловые пески расположены в самой верхней части стратиграфической колонки. Их формирование связано с выносом песков из водной акватории в зону пляжа, с последующим ветровым переносом вглубь суши (Акулов, Агафонов, 2005, 2007; Akulov, Rubtsova, 2011). Наиболее активно эоловые процессы протекают на острове Ольхон и в районе полуострова Святой Нос, где они приурочены к бухтам Нюрганская, Безымянная, Каткова и к Баргузинскому заливу. Особый интерес представляют эоловые пески бухты Безымянная, где они вмещают железомарганцевое оруденение, простирающееся в субмеридиональном направлении (рисунок).

Выходы железомарганцевого оруденения на дневную поверхность в бухте Безымянная (в 100 км к юго-западу от пос. Усть-Баргузин)

Канава, пройденная от уреза воды озера Байкал в крест простирания оруденения, вскрыла зону эоловых светло-серых разнозернистых песков, которые на удалении 20 м от уреза воды сменились желтовато-коричневыми и бурыми песчаниками, обладающими большим удельным весом. Петрографическое изучение шлифов песчаников показало, что они средне-крупнозернистые кварцево-полевошпатовые с базальным и порово-пленочным цементом. Цементирующим веществом служат гидроксиды марганца и железа. Эоловый материал угловатый, угловато-окатанный представлен кварцем (до 60%), плагиоклазом (30-35%), полевыми шпатами (5-8%), амфиболом, слюдами и кварцитами (около 2%). На некоторых зернах полевых шпатов видны следы пелитизации, а по плагиоклазам развивается серицит.

По данным рентгенофазового анализа рудная минерализация представлена преимущественно манганитом MnO(OH), который в форме черного и буро-черного хрупкого натечного образования цементирует эоловые зерна. Манганит не растворим в воде, обладает низкой твердостью (3,5) и обычно представляет собой важнейшую марганцевую руду. С поверхности манганитовое оруденение имеет форму «железной шляпы» из-за ее покрытия коричневато-желтыми гидроксидами железа, представленными лимонитом $FeOOH\cdot(Fe_2O_3\cdot nH_2O)$. В расчистках на рудопроявлении гидроксиды лимонита и манганита образуют красивые ореолы от ярко желтых и красных, до бурых и черных тонов.

По всей видимости, осаждение марганцевых и железомарганцевых соединений происходило в зоне геохимического барьера с участием бактерий. Установлено, что в районе бухты Безымянной уровень воды застойных болот континентальной части находится на более высоком гипсометрическом уровне, по сравнению с уровнем уреза воды в оз. Байкал, поэтому болотные закисные воды, просочившись в эоловый песок, мигрировали в его прибрежную зону. Возможно, это вызвало резкое изменение pH и Eh среды в песках прибрежной зоны, что привело к возникновению геохимического барьера и образованию оруденения. Вероятно, встреча закисных болотных вод, обогащенных марганцем и железом, с нейтральными водами прибрежной зоны оз. Байкал богатыми кислородом и вызвала формирование аутигенного манганита. Вполне возможно, при его образовании существенная роль принадлежала железомарганцевым бактериям (Dorn, Oberlander, 1981; Fan et al., 1999; Гранина и др., 2011; Школьник и др., 2012; и др.). Таким образом, геохимический барьер приурочен к границе раздела двух геосистем, представленных зоной болот и прибрежной территорией озера Байкал. По своей форме это типичный линейный геохимический барьер, протяженность которого составляет около 350 м.

В работе использованы результаты анализов, сделанные нами в ЦКП «Геодинамика и геохронология» ИЗК СО РАН.

Rudchenko A.E.[1], Yablokov N.O.[1, 2]

INFLUENCE OF THE REPRODUCTIVE CYCLE ON THE COMPOSITION AND CONTENT OF FATTY ACIDS IN TISSUES OF MALE AND FEMALE OF PERCH (*PERCA FLUVIATILIS)* FROM THE MESOTROPHIC RESERVOIR

[1]Siberian Federal University 660041, Krasnoyarsk, Svobodnyi ave., 79
[2]Scientific Research Institute in Fishery Water Bodies660097, Krasnoyarsk, Parizhskoy komunny st., 33
rudchenko.a.e@gmail.com

The study of the biochemical composition of fish tissues is important for assessing nutritional value of fish as a source of long-chain polyunsaturated omega-3 fatty acids. The content of fatty acids in fish tissues is determined by a large number of factors. Seasonal changes in the content of the most important eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids may be caused by the selective migration of these acids to the generative tissues of fish at the late stages of gonadal development. Redistribution of acids in the body of fish can reduce the nutritional value of muscle tissues during spawning. We studied the composition and content of fatty acids in the muscle, liver and reproductive tissues of males and females of perch from the Krasnoyarsk reservoir in the period of maturation of the gonads and at the time of spawning. The dynamics of the FA composition of perch muscle tissue was due to a seasonal change in food sources

composition, whereas the FA composition of the liver and gonad was influenced by the reproductive cycle and had differences between males and females. Multivariate analysis showed a redistribution of the FA between gonads and liver tissue. The nutritive value of perch muscle tissue, as a source of long-chain polyunsaturated fatty acids, was not depended on the reproductive stage and was the highest in the winter.

Рудченко А.Е.[1], Яблоков Н.О.[2]

ВЛИЯНИЕ РЕПРОДУКТИВНОГО ЦИКЛА НА СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В ТКАНЯХ САМЦОВ И САМОК ОКУНЯ РЕЧНОГО (*PERCA FLUVIATILIS)* ИЗ МЕЗОТРОФНОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

[1]Сибирский федеральный университет, 660041, Красноярск, просп. Свободный, 79
[2]Научно-исследовательский институт экологии рыбохозяйственных водоёмов, Красноярск 660097, Красноярск, ул. Парижской коммуны, 33
rudchenko.a.e@gmail.com

Изучение биохимического состава тканей рыб представляется важным для оценки их пищевой ценности в качестве источника длинноцепочечных полиненасыщенных омега-3 жирных кислот. Содержание жирных кислот в рыбе определяется большим количеством факторов. Сезонное изменение содержания наиболее важных эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот может быть связано с избирательным перемещением этих кислот в генеративные ткани рыб на последних стадиях развития гонад. Перераспределение кислот в организме рыбы может снижать пищевую ценность ее мышечных тканей в период нереста. Нами был изучен состав и содержание отдельных жирных кислот в мышечной, печеночной тканях и гонадах самцов и самок окуня речного *Perca fluviatilis* из Красноярского водохранилища в период созревания гонад и в момент нереста. Динамика ЖК состава мышечной ткани окуня отражала сезонные изменения состава кормовой базы в водохранилище и была схожа у самцов и самок. При этом состав жирных кислот печени и гонад испытывал влияние репродуктивного цикла и имел половые различия. Мультивариантный анализ показал, что в перераспределение ЖК на разных стадиях репродуктивного цикла происходит в основном между гонадами и печенью. Пищевая ценность мышечной ткани окуня, как источника длинноцепочечных полиненасыщенных омега-3 жирных кислот, не зависела от репродуктивной стадии и была наиболее высокой в зимний период.

Ryadinskaya N.I.

ANATOMIC STUDIES OF ORGANISM OF THE BAIKAL SEAL

A.A. Ezhevsky Irkutsk State Agriculture University, Irkutsk, Russia
ryadinskaya.nina@mail.ru

Studies of Anatomical features of the organism of the Baikal seal have been started since 2014 and they are dictated by the appearance of unusual patients in veterinary clinics in the city of Irkutsk.

The study of anatomical features in the structure of the organism of the Baikal seal helps the veterinarian, using modern equipment, to correctly diagnose and, accordingly.

Our team is: students engaged in the anatomical circle (10-15 people per year), graduate students and doctoral students (7 people). The themes and methods for research are different: we study the organs of almost all systems and apparatuses of the organism of the Baikal seal, using not only classical (preparation, preparation of corrosive preparations, morphometry, biometrics), but also modern methods of research (ultrasound, fluoroscopy, cardiography, computed tomography). The material was recruited in the framework of the Research Program approved in the Federal Agency for Fisheries and Fisheries of the Russian Federation (2015) and from the dead seals in the nerves of Irkutsk. Also, we take an active part in the medical examination and treatment of Baikal seals in nerve-pits.

Based on the results of the research are published more than 25 scientific works, also we have created an electronic textbook "Atlas on anatomy of the Baikal seal", approved by the scientific and methodological council of our university.

Рядинская Н.И.

АНАТОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЗМА БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, Иркутск, Россия
ryadinskaya.nina@mail.ru

Одним из символов Байкала является байкальская нерпа. Первые упоминания о ней встречаются в отчетах 17 века, написанных первыми землепроходцами. Первое описание нерпы в зоологической систематике дал в 1788 году Иоганн Фридрих Гмелин (1748 – 1804 гг.) – племянник И. Г. Гмелина, профессор медицины в Тюбингене и Геттингене (Германия), сам на Байкале не бывавший. Первое, по тем временам подробное описание байкальской нерпы в целом имеется еще у И. Г. Георги, который побывал на Байкале в 1772 году.

Исследования биологии нерпы связаны так же с именами Б. И. Дыбовского, З. Ф. Сватоша, Т.М. Иванова и Н.С. Свиридова. Однако их работы при всей ценности носили отрывочный характер.

Планомерное, с охватом широкого круга вопросов, изучение биологии, экологии и промысла байкальской нерпы стало проводиться сотрудниками Лимнологического института СО АН СССР с 1961 года. Эти исследования позволили вскрыть ряд экологических и физиологических особенностей байкальской нерпы, существенно отличающих её от ближайших сородичей – кольчатой нерпы и каспийского тюленя. Биологические особенности организма байкальской нерпы изучены глубоко, в частности такими учеными, как В. Д. Пастухов и Е. А. Петров.

Исследования анатомических особенностей организма байкальской нерпы начаты с 2014 года (НИОКР (научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки) по теме «Морфогенез органов байкальской нерпы в различные периоды онтогенеза», Регистрационный № 114121670040 от 16.12.2014 года, АААА-А17-117051110190-5 от 11.05.2017) и продиктованы появлением необычных пациентов в ветеринарных клиниках города Иркутска. Хотя байкальская нерпа и относится к классу хищников и в какой-то степени ее организм должен быть схож с наземными хищниками, она в силу образа жизни приобрела ряд эволюционных анатомических особенностей в строении своего организма. Изучение анатомических особенностей в строении организма байкальской нерпы помогает ветеринарному врачу, используя современную аппаратуру правильно поставить диагноз, а соответственно и грамотно провести лечение, биологу – глубже понять и грамотно интерпретировать биологические особенности, в том числе механизмы глубоководного погружения.

Наш коллектив это: студенты, занимающиеся в анатомическом кружке (10-15 человек ежегодно), аспиранты и докторанты (7 человек). Темы и методы для исследования различны: мы изучаем органы практически всех систем и аппаратов организма байкальской нерпы, используя не только классические (препарирование, приготовление коррозионных препаратов, морфометрию, биометрию), но и современные методы исследования (ультразвуковое исследование, рентгеноскопию, кардиографию, компьютерную томографию). Материал набирали в рамках Программы НИР, утвержденной в Росрыболовстве РФ (2015 г.) и от погибших нерп в нерпинариях г. Иркутска. Также мы принимаем активное участие в диспансеризации и лечении байкальских нерп в нерпинариях.

На данный момент изучено строение и кровоснабжение селезенки (защищена кандидатская диссертация в 2017 г.), изучаются строение (макро- и микроскопия), топография и кровоснабжение (артериальное, микроциркуляторное и венозное русло) сердца, печени, почек, легких, глаза, гипофиза, щитовидной железы и надпочечников, головного и спинного мозга, поджелудочной железы, желудка, кишечника, возрастные особенности скелета, тимуса, красного костного мозга, лимфоузлов, половых органов самца и самки, а также кровь и основные магистрали артериального и венозного русла и опубликовано более 25 научных работ с участием в конференциях и конкурсах на лучшую научную работу, из них более 15 работ из списка ВАК РФ.

По результатам исследований нами создано электронное учебное пособие «Атлас по анатомии байкальской нерпы», утвержденное научно-методическим советом нашего университета. Атлас постоянно пополняется новыми исследованиями. По окончании всех исследований планируется монография «Морфогенез органов организма байкальской нерпы». Все препараты, изготовленные нашим коллективом, пополняют анатомический музей при кафедре.

Ryazanov M.M.[1], Akhmedzyanov R.A.[1], Yakhnenko V.M.[2], Avezova T.N.[2], Glyzin L.A.[2], Sapozhnikova Yu.P.[2], Tyagun M.L.[2], Adamovich S.N.[3], Sukhanova L.V.[2], Glyzina O.Yu.[2]

STUDY OF THE EFFECT OF PROTATRANS ON THE AQUACULTURE OF WHITEFISH HYBRIDS

[1]Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Izhevsky, Irkutsk, Russia
[2]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[3]A.E. Favorsky Institute of Chemistry, Irkutsk, Russia
ryazanov.marikys2010@gmail.com

Different hormones, enzymes, immunomodulators, probiotics and food antibiotics widely apply in practice to stimulate growth of organisms. The action of growth promoting factors is based on their ability to regulate various processes in the body, e.g. stimulating better digestion of food or improving immunity. The list of growth promoters (GP) for animals and plants is quite large; it is updated each year and strictly regulated by international standards.

Natural and synthetic GPs are added to fish feed allowance to stimulate fish growth and development in the fisheries.

Recently game fish hybrids became more and more popular in fish breeding. In the Baikal Region as well as in many places of Russia the most popular are Cyprinidae and Coregonidae. The whitefish hybrids are the most attractive for commercial breeding due to fast growth and excellent flavor.

Mineral elements (cobalt chloride, zinc sulfate, iron salts, phosphorous), vitamins, antibiotics, bovine insulin, 4-chlorotestosterone acetate and crotonolactone are fed through water or food, or injected intramuscularly to increase the fish growth rate and to fortify its immune system.

Some GPs virtually appeared to have a negative effect due to their toxicity both on the fish and on the consumers, including the humans. This inhibits application of some GPs.

The mechanism of GPs is complicated and has not been fully understood. It is therefore very important to study how these substances affect growth and development of fish, its main physiological and biochemical indicators, taste and keeping life of the product.

Recently in Russia and worldwide the most widespread became synthetic GPs. Adamovich S, Mirskova A., Mirskov R and Voronkov M from the Favorsky Institute of Chemistry, Irkutsk, used biogenic hydroxyethylamines and bioactive arylchalcogenylacetic acids to develop a series of water-soluble, nontoxic and cost effective salts and ionic liquids: “protatrans” and their analogues. These substances showed a high and various (immunotropic, antitumour, antimetastatic, antithrombotic, adaptogenic etc.) pharmacological activity. In addition, they turned out to be powerful promoters of various biological processes taken even in nano concentrations. In fish, they stimulate protein, lipid, carbohydrate and mineral metabolism, and manifest an immunostimulating effect.

The work objective was to examine if the protatrans could be useful in breeding first generation hybrids of Baikal game fish (humpback whitefish x lake whitefish). Creating hybrid forms required to study their adaptations to new, far from natural, environments, which exist in fish hatcheries, ponds and aquariums.

The experimental breeding of underyearling whitefish hybrids in recirculating aquaculture systems of the unique scientific facility “Experimental Freshwater Aquarium Complex for Baikal Aquatic Organisms” of Limnological Institute revealed an intermediate value of the main morphometric features of the hybrids in contrast with the parent species. The most of the features allow distinguishing the hybrids from the parent forms (P>0,999). The egg incubation and fish breeding were performed in the same conditions during the experiment.

The objective of the study was to assess GP impact on the hybrids in order to determine dosage and route. According to our preliminary results, microdoses of GPs in food decreases morbidity and ameliorates survival capacity of the aquaculture. In three months, the underyearling hybrids had 4.5% better survival and 4% faster growth than control fish.

The work was done within the Basic Research Project №0345–2016–0002 “Molecular Ecology and Evolution of Living Systems of the Central Asia in Global Ecological Change Conditions”; №0345–2016–0005 “Experimental study of genomes and proteomes of Freshwater Ecosystem Biota”; Project №VI.51.10 within the Integrated Program of Irkutsk Scientific Center “Basic Research and Innovative Technologies as Basis for Rapid Development of the Baikal Region and its Interregional Relations”, and with financial support of RFBR and Irkutsk Region Government within the Projects №17-43-380006, №17-44-388081.

Рязанов М.М.[1], Ахмедзянов Р.А.[1], Яхненко В.М.[2], Авезова Т.Н.[2], Глызин Л.А.[2], Сапожникова Ю.П.[2], Тягун М.Л.[2], Адамович С.Н.[3], Суханова Л.В.[2], Глызина О.Ю.[2]

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОТАТРАНОВ НА РАЗВИТИЕ АКВАКУЛЬТУР ГИБРИДОВ СИГОВЫХ РЫБ

[1]Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ижевского, Иркутск, Россия
[2]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[3]ФГБУН Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН, Иркутск, Россия
ryazanov.marikys2010@gmail.com

Для стимуляции роста организмов на практике обычно используются различные гормоны, ферменты, иммуномодуляторы, пробиотики, а также кормовые антибиотики. Действие стимуляторов роста основано на их способности регулировать самые разные процессы, происходящие в организме и оказывающие влияние на его рост, от стимуляции ассимиляционных процессов, что проявляется в лучшем усвоении питательных элементов входящих в состав кормов до повышения иммунитета. Список стимуляторов роста (СР) для культурных животных и растений достаточно обширен и ежегодно обновляется новыми веществами и строго регламентирован на основе международных стандартов. Природные и синтетические СР вводят и в кормовой рацион рыб при их промышленном разведении. Применение данных средств позволяет значительно повысить их скорость роста и развития.

В последнее время в рыбном хозяйстве все чаще используются гибридные формы промысловых рыб. Особенной популярностью в байкальском регионе, как и во многих регионах России пользуются семейства карповых и сиговых. Гибриды семейства сиговых наиболее выгодны для товарного выращивания благодаря высокой скорости роста и высоким гастрономическим качествам.

Увеличению темпов роста и усилению иммунитета рыб способствует введение в корм, воду или внутримышечно минеральных компонентов (хлористого кобальта, сульфата цинка, солей железа, фосфора), витаминов, антибиотиков, бычьего инсулина, 4-хлортестостеронацетата и кротонолактона. Как показала практика СР могут оказывать и отрицательное влияние, не только на самих выращиваемых рыб, но и на их потребителей, в том числе и человека, отдельные ростостимулирующие препараты оказались токсичны. Все это сдерживает применение отдельных СР в рыбоводстве. Механизм действия СР сложен и до конца не определен. Поэтому при разработке эффективных СР важную роль играет изучение закономерностей их влияния на рост и развитие организмов в онтогенезе, основные физиолого-биохимические показатели, качество и сохраняемость конечной продукции.

В последнее время в России и в мировой практике все чаще используют синтетические СР. В Иркутском институте химии СО РАН Адамович С.Н., Мирскова А.Н., Мирсков Р.Г., Воронков М.Г. на основе биогенных гидроксиэтиламинов и биологически активных арилхалькогенилуксусных кислот получили широкий ряд водорастворимых, нетоксичных, доступных в производстве солей и ионных жидкостей – «протатранов». Реакцией биогенных гидроксиэтиламинов с биологически активными арилхалькогенилуксусными кислотами синтезирован ряд водорастворимых, нетоксичных, доступных в производстве солей и ионных жидкостей – «протатранов» и их аналогов. Выявлена их высокая и разнообразная фармакологическая активность (иммунотропная, противоопухолевая, антиметастатическая, антитромботическая, адаптогенная и др.). Кроме того, протатраны даже в наноконцентрациях оказались мощными биостимуляторами различных биологических процессов. В организме рыб эти СР повышают белковый, жировой, минеральный и углеводный обмены, проявляют имунностимулирующий эффект.

Цель данной работы – рассмотреть возможность использования протатранов при получении устойчивой аквакультуры гибридов первого поколения байкальских промысловых рыб (озерно-речного сига (пыжьяна) х озёрного сига). Создание гибридных форм ставит задачу исследования их адаптаций к новым, иногда далеким от природных условиям жизни, в частности к условиям «стойлового» (садкового, бассейнового и аквариумного) содержания.

Проводимые экспериментальные работы по выращиванию гибридов-сеголетков в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) на базе уникальной научной установки «Экспериментальный пресноводный аквариумный комплекс байкальских гидробионтов» Лимнологического института СО РАН выявили у полученных гибридов промежуточное значение основных морфометрических признаков по

сравнению с родительскими видами. По большинству из данных признаков отмечены достоверные различия гибрида и родительских форм (P>0,999). В ходе эксперимента в УЗВ обеспечена идентичность условий инкубации икры и последующего выращивания рыб. Исследования влияния СР на аквакультуру изучаемых рыб обусловлены необходимостью определить дозы и способы применения этих веществ. Предварительные опыты показали, что микродозы СР, добавляемые в корм, снижают частоту заболеваний и повышают выживаемость аквакультуры. В сравнении с контрольными рыбами сеголетки гибрида в эксперименте превышали показатели выживаемости на 4,5% и роста на 4% за три месяца.

Работа выполняется в рамках фундаментальных научных исследований №0345–2016–0002 «Молекулярная экология и эволюция …»; №0345–2016–0005 «Экспериментальные исследования геномов …»; №VI.51.10, Интеграционной программы Иркутского научного центра СО РАН «Фундаментальные исследования и прорывные технологии …», а также при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области проекты №17-43-380006 и №17-44-388081.

Ryzhakov A.V., Kravchenko I.Yu.

BIOCHEMICAL TRANSFORMATION OF 4-CHLOROANILINE IN NATURAL WATER

Northen Water problems Institute KRC RAS, Petrozavodsk, A. Nevskogo av., 50
irina_potapova@inbox.ru

Kinetic and thermodynamic characteristics of pollutants' biochemical decomposition in water bodies are often used to quantify the self-cleaning ability of natural waters. Usually persistent organic compounds characterizing one or another type of anthropogenic pollution are chosen as substrates.

We were taken 4-chloroaniline which is used in the industry for the synthesis of dyes, drugs and other substances. Experiments were carried out on the Lososinka river water, sampled in the city of Petrozavodsk. According to long-term data the water of the Lososinka River is sufficiently provided with nutrients and organic substances necessary for bacterial plankton functioning. The initial concentration of 4-ClA was 10 mg/l, the volume of the solution was 0.5 l. The incubation was carried out in the dark at 20°C in a loosely closed vessel. Control over the decomposition process was carried out using the method of quantitative determination by diazotization of 4-ClA with α-naphthol. Simultaneously the chloride ion concentration was measured by a photometric method with mercury thiocyanate and iron (III) nitrate. The chloride content was 5 mg/l in the initial sample of water.

It was established that the decomposition of 4-ClA in the experimental solution obeys the first-order kinetic equation. The rate constant is 0.042±0.004 day^{-1}, and the half-transformation period was 16.5 days. After 85 days, when the starting amine was not more than 5% in water, the products of its decomposition were extracted from the solution with chloroform.

According to IR-spectroscopy data 4-ClA transformation proceeds along the amino group, the absorption bands of N-H bonds characteristic of the initial compound (~3480 cm^{-1}) disappear in the spectra. At the same time the absorption band of C-Cl bond stretching vibrations (~1075 cm^{-1}) is conserved in the composition of the transformation products. This is evidenced by the results of experiments on the accumulation of chloride ions in the incubation solution. On the 50th day, an insignificant increase of chloride ion concentration (up to 6 mg/l) was observed in the test solution, and further during the experiment its content did not increase. The appearance in the IR spectra of a strong absorption band at 1340 cm^{-1} may indicate the appearance of N=O bond in the transformation products. Therefore, the biochemical transformation of 4-ClA in natural water proceeds with the participation of an amino group, and the bulk of the chlorine remains in the composition of the decomposition products formed. IR spectra also indicate the preservation of aromatic rings in their structure. In the future it is proposed to study the composition of the products of 4-chloroaniline transformation by mass spectrometry, and proceeding from this to propose the mechanism of the investigated reaction.

Рыжаков А.В., Кравченко И.Ю.

БИОХИМИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ 4-ХЛОРАНИЛИНА В ПРИРОДНОЙ ВОДЕ

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, пр. А.Невского, 50
irina_potapova@inbox.ru

Для количественной оценки самоочистительной способности природных вод часто используют кинетические и термодинамические характеристики биохимического разложения загрязняющих веществ в водоемах. Обычно в качестве субстратов выбирают стойкие органические соединения, характеризующие тот или иной тип антропогенного загрязнения.

В данной работе был использован 4-хлоранилин (4-ХА), который применяется в промышленности для синтеза красителей, лекарственных препаратов и других веществ. Опыты проводили на воде из р. Лососинка, отобранной в черте г. Петрозаводска. Судя по многолетним данным, вода р. Лососинка достаточно обеспечена биогенными элементами и органическими веществами, необходимыми для функционирования бактериопланктона. Начальная концентрация 4-ХА составила 10 мг/л, объем раствора – 0,5 л. Инкубацию проводили в темноте при 20°С в неплотно закрытом сосуде. Контроль за ходом разложения проводили с помощью методики количественного определения азосочетанием 4-ХА с α-нафтолом. Параллельно измеряли концентрацию хлорид-иона фотометрическим методом с тиоцианатом ртути и нитратом железа (III). Содержание хлоридов в исходной пробе воды составило 5 мг/л.

Установлено, что разложение 4-ХА в опытном растворе подчиняется кинетическому уравнению первого порядка. Константа скорости равна 0,042±0,004 $сут^{-1}$, а период полупревращения составил

16,5 суток. Через 85 суток, когда исходного амина в воде осталось не более 5%, продукты его разложения экстрагировали из раствора хлороформом.

По данным ИК-спектроскопии трансформация 4-ХА протекает по аминогруппе, в спектрах исчезают полосы поглощения связей N-H, характерные для исходного соединения (~3480 $см^{-1}$). В то же время в составе продуктов трансформации сохраняется полоса поглощения валентных колебаний связи C-Cl (~1075 $см^{-1}$). Об этом свидетельствуют и результаты опытов по накоплению хлорид-иона в инкубационном растворе. На 50 сутки наблюдалось незначительное повышение концентрации хлорид-иона (до 6 мг/л) в исследуемом растворе, а далее в течение эксперимента его содержание не увеличивалось. Появление в ИК-спектрах сильной полосы поглощения при 1340 $см^{-1}$ может свидетельствовать о появлении связи N=O в продуктах превращения. Следовательно, биохимическая трансформация 4-ХА в природной воде протекает с участием аминогруппы, а основная часть хлора остается в составе образующихся продуктов разложения. ИК-спектры также свидетельствуют о сохранении ароматических колец в их структуре. В дальнейшем предполагается изучить состав продуктов трансформации 4-хлоранилина методом масс-спектрометрии, а исходя их этого, предложить механизм исследуемой реакции.

Sabylina A.V., Efremova T.A.

CHEMICAL COMPOSITION OF SNOW, ICE AND UNDER-ICE WATER IN THE PETRAZOVODSK BAY AND IN THE CENTRAL PART OF ONEGA LAKE, AS WELL AS OF SNOW COVERING THE BAY SHORE

Northern Water Problems Institute of KarRC RAS,
50, Aleksander Nevsky St., 185030, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia
efremova.nwpi@mail.ru

For the first time, we have determined the specifics of the chemical composition in the system snow on ice – ice – under-ice water in the water area of the Petrozavodsk Bay and the Central part of Onega Lake.

Detailed studies of the data on mineralization, ion composition, content of biogenic and organic matters in the water area of the bay and lake in the complex hydrocryogenic system snow on ice – ice – under-ice water showed the main regularities of the migration of macro- and microelements in the studied system.

The samples of ice and under-ice water were taken at four stations of Petrozavodsk Bay (sites 1, 2, 3, 4), in the littoral zone near island Loyostrov (site 5), in the Central part of the lake (site C-3) and the river Shuya in mid-March 2017. The cores were sampled by cutting out with a saw. The ice core by its colour was divided into two samples: the comparatively old upper one and the younger lower one. Water samples were collected using a two-litre bathometer. The sample of snow from ice was taken in the central part of the bay with a bucket in a pre-rinsed plastic bag. Melting of ice and snow was carried out in a stationary laboratory. The methods described in (Analytical, kinetic and calculation methods …, 2017) were used for the chemical analyses.

Under-ice water of the Petrozavodsk Bay was low-mineralized (26.0 mg/l on average), with a hydrocarbonate-calcium content and a large amount of organic matters of allochthonous nature (colour of water > 60 degrees: C_{org} = 10 mg/l). The mineralization of water in the Central Onega was 36.2 mg/l, with a content of C_{org} = 7.4 mg/l.

The mineralization of the ice cover in the Petrozavodsk Bay changed within 0.9-3.6 mg/l. In the Central part of Onega Lake, it was 1.2 mg/l. In both studied areas of the lake, sulphate ions dominated the anionic composition, and potassium ions – the cationic composition. The salt composition in the upper layer of ice along the water area of Petrozavodsk Bay varied from 1.6 to 3.6 mg/l (2.2 mg/l on average). In the lower layer, the mineralization was twice lower. In the ice core of the open part of Onega Lake, the mineralization in the upper sample of ice (1.0 mg/l) was slightly lower than in the lower one (1.3 mg/l). Obviously, low mineralization in the upper ice layer was due to the conditions of ice formation in the Central reach in the late autumn (ice formation rate, precipitation and concentration of organic matter in under-ice water). The pH value of the ice cover in Petrozavodsk Bay ranged from 5.5 to 6.45, and in the ice of the Central area of the lake − 6.92-7.26.

Snow on ice was characterized by lower values of cationic (K^+, Ca^{2+} and Mg^{2+}) and anionic (SO_4^{2-}, Cl^- и HCO_3^-) concentration than in ice and under-ice water. The pH value in snow waters was 5.44. Snow cover on the bay coast had higher values of mineralization (3.5-10.9 mg/l) and ions (K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO_4^{2-}, Cl^-, and HCO_3^-). Rather high values of chloride and sulphate ions indicate the supply of chlorine and sulphur from the atmosphere, which aerosols accumulate on the surface. The former was mostly of marine origin, and the deposition of SO_4^{2-} was associated with anthropogenic origin.

In the vertical profiles of ice cover of the Petrozavodsk Bay and the lake, the content of total phosphorus in the old ice was increased to 7-17 μg/l and reduced to 8-11 μg/l in the younger one. At the same time, the share of mineral phosphorus in total phosphorus was approximately 80%.

We determined the following distribution of the nitrogen compounds concentrations in the old ice “a” and relatively young ice “b” from the Petrozavodsk Bay:

“a”	NO_2^- <<	NO_3^- <	NH_4^+ <	N_{org}	
	0.001	0.01-0.03	0.03-0.06	0.03-0.07	mgN/l
		(0.02)	(0.04)	(0.05)	
“b”	NO_2^- <<	NO_3^- <	NH_4^+ <	N_{org}	
	0.001	0.01-0.02	0.01-0.04	0.01-0.06	mgN/l
		(0.01)	(0.02)	(0.03)	

Ice cover of the Petrozavodsk Bay and the Central part of Onega Lake was characterized by low content of organic matters. In the bay, the C_{org} average concentration was0.9 mg/l; in the lake – 0.3 mg/l.

To identify the entraining intensity of dissolved matters to ice together with ice-forming water, we used the entrainment coefficient (Ivanov, 1998). The studies have shown that the value of the entrainment coefficient for each chemical component is individual. However, there was also a general pattern. Thus, among cations potassium ions were mostly entrained to ice, and among anions – sulphate ions. Among mineral nitrogen-containing compounds, ammoniac ion was mostly entrained. The entrainment coefficient of C_{org} to ice in the old and young ice was 0.1, while in the lake it was very low, 0.04. We noted a disproportionate correlation between the content of ammoniac and phosphate ions in ice and under-ice water. Probably, the increased entrainment coefficients of NH_4^+ (0.4-0.5) and PO_4^{3-} (0.8-0.9) to ice from under-ice water were due to the high migration rate of these ions, as well as the rate of their removal from the molecules of organic matters.

The studies performed in the water area of the Petrozavodsk Bay, the Central part of Onega Lake and the urbanized coast of the Petrozavodsk Bay have expanded our understanding of the complex and interconnected hydrocryogenic system snow on ice – ice – under-ice water, as well as snow cover of the coast of the bay, which allows identifying its relationship with the surrounding anthropogenic and natural landscapes.

Сабылина А.В., Ефремова Т.А.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СНЕГА НА ЛЬДУ – ЛЬДА - ПОДЛЕДНОЙ ВОДЫ В ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЕ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА И СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ ПОБЕРЕЖЬЯ ГУБЫ

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, пр. А. Невского 50
efremova.nwpi@mail.ru

Впервые установлены особенности химического состава в системе снег на льду – лед – подледная вода на акватории Петрозаводской губы и Центральной части Онежского озера.

Детальные исследования данных по минерализации, ионному составу, содержанию биогенных и органических веществ на акватории губы и озере в сложной гидрокриогенной системе снег на льду – лед – подледная вода позволили выявить основные закономерности миграции макро- и микроэлементов в изучаемой системе.

Пробы льда и подледной воды отбирали в Петрозаводской губе на четырех станциях (ст. 1, 2, 3, 4), в литорали у о. Лойостров (ст. 5), в Центральной части озера (ст. С-3) и р. Шуя в середине марта 2017 г. Отбор кернов льда осуществляли вырезанием пилой. Керн льда по его цвету делили на два образца: верхний сравнительно старый и нижний более молодой. Пробы воды отбирались с помощью двухлитрового батометра. Проба снега со льда была отобрана в средней части губы ведром в предварительно промытый пластиковый пакет. Плавление льда и снега проводили в стационарной лаборатории. При выполнении химических анализов использовались методы, описанные в работе (Аналитические, кинетические и расчетные методы …, 2017).

Подледные воды Петрозаводской губы маломинерализованы (в среднем 26,0 мг/л), гидрокарбонатно-кальциевого состава, содержат большое количество ОВ аллохтонной природы (цветность воды > 60 град; $C_{орг}$ = 10 мг/л). Минерализация вод Центрального Онего равна 36,2 мг/л, содержание $C_{орг}$ – 7,4 мг/л.

Минерализация ледяного покрова в Петрозаводской губе изменяется в переделах 0,9-3,6 мг/л. В Центральной части Онежского озера она равна 1,2 мг/л. В обоих исследованных районах озера в анионном составе в ледяном покрове преобладают сульфат-ионы, в катионном – ионы калия. Солевой состав в верхнем слое льда по акватории Петрозаводской губы колеблется от 1,6 до 3,6 мг/л (в среднем 2,2). В нижнем слое минерализация в 2 раза меньше. В керне льда открытой части Онежского озера минерализация в верхнем образце льда (1,0 мг/л) чуть ниже, чем в нижнем (1,3 мг/л). Пониженная минерализация в верхнем слое льда, очевидно, связана с условиями льдообразования в Центральном плесе в поздний осенний период (скоростью льдообразования, выпадением атмосферных осадков, концентрацией вещества в подледной воде). Величина pH ледяного покрова Петрозаводской губы колеблется от 5,5 до 6,45, во льду Центрального района озера – 6,92-7,26.

Снег на льду характеризуется низкими значениями концентрации катионов (K^+, Ca^{2+} и Mg^{2+}) и анионов (SO_4^{2-}, Cl^- и HCO_3^-), чем во льду и подледной воде. Величина pH в снеговых водах равнялась 5,44. Снежный покров на побережье губы отличается более высокими значениями минерализации (3,5-10,9 мг/л) и ионов (K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO_4^{2-}, Cl^-, HCO_3^-). Достаточно высокие значения хлорид- и сульфат-ионов свидетельствуют о поступлении из атмосферы хлора и серы, аэрозоли которых оседают на поверхность. Первый имеет большей частью морское происхождение, а выпадение SO_4^{2-} связано с антропогенным происхождением.

Содержание общего фосфора в ледяном покрове Петрозаводской губы и озера в вертикальных профилях в старом по возрасту льду повышено до 7-17 мкг/л и понижено в более молодом до 8-11 мкг/л. При этом в общем фосфоре около 80 % приходится на минеральный.

Для концентрации соединений азота в старом льду «а» и относительно молодом «б» в Петрозаводской губе установлено следующее распределение:

«а»	NO_2^- <<	NO_3^- <	NH_4^+ <	$N_{орг}$	
	0,001	0,01-0,03	0,03-0,06	0,03-0,07	мгN/л
		(0,02)	(0,04)	(0,05)	
«б»	NO_2^- <<	NO_3^- <	NH_4^+ <	$N_{орг}$	
	0,001	0,01-0,02	0,01-0,04	0,01-0,06	мгN/л
		(0,01)	(0,02)	(0,03)	

Ледовый покров Петрозаводской губы и Центральной части Онежского озера характеризуется низким содержанием ОВ. В губе средняя концентрация $C_{орг}$ равна 0,9 мг/л, в озере – 0,3 мг/л.

Для выявления интенсивности вовлечения в лед растворенных веществ в совокупности с льдообразующей водой использовался коэффициент вовлечения $K_в$ (Иванов, 1998). Как показали исследования, для каждого химического компонента значение $K_в$ индивидуально. Однако прослеживается и общая закономерность. Так, среди катионов в лед в наибольшей степени вовлекаются ионы калия, а среди анионов – сульфат-ионы. Среди минеральных азотсодержащих соединений в наибольшей степени вовлекается аммонийный ион. Коэффициент вовлечения $C_{орг}$ в лед в старом и молодом льде равен 0,1, а в озере он очень низкий – 0,04. Нами отмечены непропорциональные соотношения между содержанием аммонийного и фосфатного ионов во льду и подледной воде. Повышенные коэффициенты вовлечения NH_4^+ (0,4-0,5) и PO_4^{3-} (0,8-0,9) в лед из подледной воды, видимо, обусловлены высокой скоростью миграции этих ионов, а также скоростью отщепления их от молекул органических веществ.

Проведенные исследования на акватории Петрозаводской губы, Центральной части озера и урбанизированному побережью Петрозаводской губы позволили расширить наши представления о сложной и взаимосвязанной гидрокриогенной системе снег на льду – лед – подледная вода и снежном покрове на побережье губы, что позволяет выявить ее связь с окружающими антропогенным и природными ландшафтами.

Sayvanova S.A., Ryadinskaya N.I., Ilina O.P.

ARCHITECTONICS OF INTERNAL ORGANS OF THE BLOODSTREAM SPLEEN OF BAIKAL SEAL

FGBOU IN Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky
The department of anatomy, physiology and microbiology

Source of blood supply to the spleen is the splenic artery, branching trunk type. She latereally. The number of outgoing arteries into the parenchyma of the organ and stomach identified 4 possible branching. The coefficient of blood supply and specific blood circulation of the spleen is significantly higher in Mature animals. Venous-arterial ratio in adults more than 8.3% than in the young.

Сайванова С.А., Рядинская Н.И., Ильина О.П.

АРХИТЕКТОНИКА ВНЕОРГАННОГО КРОВЕНОСНОГО РУСЛА СЕЛЕЗЕНКИ БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ

ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, Иркутский район, пос. Молодежный, 1/1
ms.svetikss@mail.ru, ryadinskaya.nina@mail.ru, olgailina56@mail.ru

Используя совокупность различных методов исследования – препарирование, приготовление коррозионных препаратов, графическое моделирование установлено, что источником кровоснабжения селезенки байкальской нерпы (n=28) является чревная артерия (a. coeliaca), разветвляющаяся по рассыпному типу. Ее стенка, толщиной до 47,8±3,7 мкм, состоит из внутренней, средней и наружной оболочек. Артерия отходит от брюшной аорты, под углом 45° и отдает две ветви: селезеночную и печеночную артерии. Селезеночная артерия (a. lienalis) отходит от чревной артерии, она идет вдоль органа, – разветвляясь по магистральному типу. По мере роста и развития организма нерпы (от 1 мес до 52 лет), диаметр и длина артерии увеличиваются на 34% и 45% соответственно. Стенка селезеночной артерии, толщиной 32,2±6,3 мкм, также состоит из интимы, медии и адвентиции, но отличается от чревной уменьшением толщины наружной оболочки за счет уменьшения продольного мышечного пласта. Первой ветвью, отходящей от селезеночной артерии, является левая желудочная артерия, отходящая на различном расстоянии (от 0,7±0,06 см до 3,6±0,08 см) во всех возрастных группах. До ворот селезенки от селезеночной артерии кроме левой желудочной артерии отходят ветви в левую долю поджелудочной железы. Далее селезеночная артерия входит в ворота органа и отдает боковые ветви к паренхиме органа и к желудку. Она является лептоареальной, так как индекс сосуда у всех исследованных животных <60°. По количеству отходящих ветвей в паренхиму селезенки и желудка нами выявлено четыре варианта ветвления селезеночной артерии: артерии разветвляются в пределах органа, но желудочных ветвей нет; с одной желудочной ветвью; с двумя желудочными ветвями; с двумя желудочными и одной возвратной ветвью. Увеличение морфометрических показателей (длина, диаметр и угол отхождения) экстраорганных артерий селезенки байкальской нерпы наблюдается у неполовозрелых животных, в среднем в 2 раза, по сравнению с кумутканами, что связано с физиологическим периодом формирования организма байкальской нерпы и соответственно с увеличением линейных промеров органа. У половозрелых животных отмечается незначительное увеличение диаметра и длины артерий, что связано с окончательным формированием органа. В вентрокаудальном конце селезеночная артерия делится би- и трифуркационно, переходя в левую желудочно-сальниковую артерию. Коэффициент кровоснабжения селезенки (Мерперт, 1968), характеризующий интенсивность кровоснабжения достоверно больше у взрослых особей (69%) за счет роста и окончательного формирования органа. Удельное кровообращение возрастает в онтогенезе и у половозрелых животных достигает 0,0058 мл/сек на 1 $см^3$. Отток крови экстраорганных вен представлен боковыми корнями селезеночной вены, сливающимися в селезеночную вену под углом 25^0 у всех исследуемых групп. Боковые корни и сама селезеночная вена, как правило, повторяет ход артерий и поэтому их длина практически не отличается от таковых, но диаметр увеличен во 2,5 раза. Стенка селезеночных вен и боковых корней безмышечного типа, толщиной 17,8±6,3 мкм, она состоит из двух слоев внутреннего и наружного. Коэффициент корреляции выявил тесную связь между возрастом и длиной селезеночной вены у неполовозрелых животных (r = 898), диаметром селезеночной вены у кумутканов (r = 947), углом слияния селезеночной вены у половозрелых животных (r = 937). Для выявления

изменений интенсивности обмена веществ в селезенке байкальской нерпы определен венозно-артериальный коэффициент по В.В. Куприянову (1974): у взрослых особей больше на 8,3%, чем у молодых. Варианты слияния боковых корней и самой вены повторяют варианты ветвления артерий, поэтому их также четыре типа. От селезеночной вены венозная кровь сливается в воротную вену.

Таким образом, увеличение морфометрических показателей, коэффициента кровоснабжения, удельного кровоснабжения, венозно-артериального коэффициента селезенки байкальской нерпы обусловлено возрастающей функциональной нагрузкой, связанный с глубоководным погружением.

Sakirko M.V., Domysheva V.M., Khodzher T.V.

SILICON IN LAKE BAIKAL

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

In the presented work the dynamics of interannual changes of silicon concentration in the lake Baikal ecosystem is estimated. Material for the analysis of long-term variability in the concentration of Si was the results of annual hydrochemical investigations in the spring (late May to early June) and summer (August - September) on a regular grid of stations in the pelagic zone of the lake. The silicon content in the Baikal water varies in a fairly wide range from 0.06 to 2.65 mg/dm^3 (2010-2017) and has a pronounced vertical stratification. Since 2014, there has been a decrease in the silicon content in the upper 200-meter water layer of the lake. In comparison with the period 2007-2013 in 2014, silicon concentration in the upper water layer decreased: in the southern and Middle Baikal by 45%, in the Northern by 7%. Peculiarities in spatial distribution and dynamics of silicon in the water of lake Baikal is determined by many factors the main ones are climatic conditions, hydrological regime, biological processes and the inflow with rivers.

Сакирко М.В., Домышева В.М., Ходжер Т.В.

КРЕМНИЙ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
sakira@lin.irk.ru, hydrochem@lin.irk.ru, khodzher@lun.irk.ru

Кремний (Si) является одним из наиболее распространенных элементов земной коры и входит в состав большого числа природных минералов, вследствие чего является постоянным компонентом химического состава природных вод. В воде может находиться в растворенном, взвешенном состоянии и в виде коллоидов. Растворенная форма кремния наиболее доступная и легко усваиваемая. В экосистеме Байкала основными потребителями Si являются диатомовые водоросли, которые регулируют его динамику. Кроме того кремний необходимый элемент для функционирования губок в озере.

Первые подробные исследования о распределении содержания Si в водной толще всех частей озера были начаты в 1993 г. (Шимараев и др., 1999; Шимараев, Домышева, 2002; Shimaraev, Domysheva, 2013).

В представленной работе дана оценка межгодовой динамики пространственных изменений концентрации кремния в озере Байкал. Материалом для анализа многолетней изменчивости концентрации Si послужили результаты ежегодных гидрохимических исследований в весенний (конец мая начало июня) и летний периоды (август-сентябрь) на постоянной сетке станций в пелагиали озера.

Измерение концентрации растворенных соединений кремния проводилось фотометрическим методом, основанным на взаимодействии кремниевой кислоты и силикатов с молибдатом аммония с образованием молибдокремниевой гетерополикислоты желтого цвета (РД 52.24.433-2005). По результатам определений рассчитаны средние концентрации Si на разных глубинах, а также средние значения в водных массах озера с учетом морфометрических данных отдельных котловин озера.

Содержание кремния в воде Байкала изменяется в достаточно широком интервале от 0,06 до 2,65 мг/дм^3 (2010-2017 гг.) и имеет ярко выраженную вертикальную стратификацию. Вертикальное распределение содержания Si характеризуется ростом концентрации с глубиной. В Среднем Байкале отчетливо выделяются станции (например, р. Анга-р. Сухая), на которых в слое ниже 1000 м формируется область максимальных концентраций Si, что связано с погружением вод р. Селенги. В Северном Байкале такой процесс периодически наблюдается на станции Байкальское-Турали, где в придонном слое содержание кремния превышает 2 мг/дм^3. Сезонные изменения кремния в пелагиали озера отмечаются в верхнем 100-метровом слое воды, иногда распространяясь и в более глубокие слои, что определяется биологическими процессами и динамикой водных масс озера. Пространственная неоднородность распределения концентраций кремния в верхнем слое пелагиали озера обусловлена неравномерным развитием фитопланктона, а также поступлением вод притоков озера, обогащенных этим элементом. Содержание Si в Северном Байкале выше, чем в Южном и Среднем, что обусловлено климатическими и биологическими особенностями северной части озера, а также поступлением вод от двух крупных притоков Верхняя Ангара и Кичера.

Отметим, что с 2014 г. наблюдается снижение содержания кремния в верхнем 200-метровом слое воды озера. В сравнении с периодом 2007-2013 гг. в 2014 г. в верхнем слое воды произошло снижение концентрации кремния: в Южном и Среднем Байкале на 45%, в Северном на 7%. Эта тенденция снижения концентрации кремния сохранилась вплоть до 2017 г. За последние четыре года максимальное падение содержания Si отмечено в южной котловине в 2017 г. (46%), в средней – в 2016 г. (58%) и в северной – в 2017 г. (29%). Однако средневзвешенное содержание кремния в водной толще всего озера и отдельных котловин варьирует на прежнем уровне и отрицательной межгодовой динамики не прослеживается. Таким образом, выявленные особенности в пространственном распределении и динамике кремния в воде Байкала определяются многими факторами, основными из них являются климатические условия, гидрологический режим, биологические процессы и объем руслового стока.

Работа выполнена в рамках государственного задания Лимнологического института СО РАН №0345–2014–0008.

Sandel M.W.[1], Aguilar A.[2], Neely D.[3], Bogdanov B.[4], Kirilchik S.[4]

EVOLUTION IN EARTH'S COOLEST HOTSPOT: ADAPTIVE RADIATION OF BAIKAL ENDEMIC SCULPINS

[1]Department of Biological and Environemental Sciences, The University of West Alabama, Livingston, AL, USA
[2]Department of Biological Sciences, California State University Los Angeles, CA, USA
[3]Tennessee Aquarium Conservation Research Institute, Chattanooga, TN, USA
[4]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

With more than 1,500 species found nowhere else on the planet, Lake Baikal is an ideal environment to study the processes that resulted in creation of new species. The Baikal biodiversity hotspot is also a geographical anomaly, because global species diversity normally declines near polar regions. Despite Baikal's renown as the world's oldest, deepest, and largest lake, the evolutionary history of its unique species diversity remains poorly understood. This project examines the evolutionary history of sculpins, a group of primarily bottom-dwelling cold water fishes that colonized Baikal within a relatively short period of the lake's history. Baikal sculpins are uniquely adapted to life in an ancient lake, having evolved multiple open-water and deep-water forms. This project is focused on identifying the molecular basis for such variation, including gene sequences that evolve through generations and gene-expression changes that occur during development. New information gained from this study can be compared to ongoing research on fishes from other ancient lakes, in order to identify unifying processes that explain adaptation in these unique ecosystems. Baikal sculpins represent the world's northernmost vertebrate radiation within an ancient lake ecosystem, with at least 33 species estimated to have evolved within the past two million years. Rapid diversification of skeletal morphology and body composition suggests that this clade has undergone ecological release from a stream-living ancestor, but phylogenetic analysis has thus far been limited to a single genetic locus. A genomic inventory of Baikal sculpins has been generated through systematic surveys of all lake habitats and the surrounding watershed. Tributaries to Baikal have been sampled in the search for a putative ancestral sculpin population. A time-calibrated phylogenies generated from sequence variants at presumed neutral (RADseq) and functional (exome) loci yield largely concordant intergeneric relationships among Baikal sculpins. Results reveal multiple independent adaptations to pelagic and abyssal niches. Novel interrelationships are presented for genera and species previously unreported in phylogenetic literature. Ongoing functional genomic analyses reveal a role for lipid metabolism, skeletal development, and cellular respiration in a vertebrate adaptive radiation.

Sapelko T.[1], Terekhov A.[1], Gazizova T.[2], Kuznetsov D.[1], Korneenkova N.[1], Ludikova A.[1], Anisimov M.[2]

PALAEOLIMNOLOGY OF LUNKULANSAARI ISLAND, LAKE LADOGA: PRELIMINARY RESULTS

[1]Institute of Limnology Russian Academy of Sciences, 9 Sevastyanov Str., Saint-Petersburg, Russia
[2]Saint Petersburg State University, 13B Universitetskaya Emb., Saint-Petersburg, Russia
antonvterekhov@gmail.com

Quaternary sediments of three inner lakes on Lunkulansaari island (north-eastern part of Lake Ladoga) were cored for the first time. These lakes are expected to be a part of Ladoga during its Mid-Holocene transgression. The velocity of Ladoga water level decline till its present day elevation is still discussed. It is supposed that multi-proxy analysis of sediment cores would allow determining moments of isolation for three studied lakes. Preliminary results of pollen analysis for Lake Kuikkalampi sequence are introduced.

Сапелко Т.В.[1], Терехов А.В.[1], Газизова Т.Ю.[2], Кузнецов Д.Д.[1], Корнеенкова Н.Ю.[1], Лудикова А.В.[1], Анисимов М.А.[2]

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЯ ОСТРОВА ЛУНКУЛАНСААРИ, ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

[1]Институт озероведения РАН, Россия, Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, д. 9
[2]Санкт-Петербургский государственный университет, Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7-9
antonvterekhov@gmail.com

Летом 2017 года группой палеолимнологии Института озероведения РАН были отобраны колонки донных отложений трёх озёр, расположенных на острове Лункулансаари в северо-восточной части Ладожского озера (Питкярантский район республики Карелия). Остров вытянут с северо-запада на юго-восток, имеет длину чуть более 17 км и наибольшую ширину около 4 км, отделён от берега узким проливом. Урезы исследуемых озёр – Ховатанлампи, Соккасенлампи и Куиккалампи, расположены на абсолютных отметках 10, 14 и 16-17 м, соответственно, охватывая тем самым высотный интервал от нынешнего среднего уровня Ладожского озера (около 5 м) до предположительного максимума последней, среднеголоценовой трансгрессивной стадии Ладоги. Высоты последней для рассматриваемого района, несмотря на наличие палеогеографических и геоморфологических данных (Лийва и др., 1971; Delusin, Donner, 1995), остаются дискуссионными, равно как и возможная продолжительность снижения уровня Ладожского озера до современных отметок. В настоящее время более доказанной считается точка зрения о быстром «катастрофическом» падении уровня (Dolukhanov et al., 2009).

Озера на острове Лункулансаари изучаются впервые. Все три исследуемых озера мелководны (до 3 м) и окружены по периметру сплавиной. Отбор колонок производился русским торфяным буром с плота и со сплавины. Мощность вскрытых отложений невелика и составляет примерно 0,5 м для всех озёр. Верхние части кернов представлены гиттиями, нижние 2-10 см – опесчаненными алевритами или глиной, иногда с включением гравия. Нижележащие (предположительно, моренные) отложения содержат большое количество грубообломочного материала и не позволяют произвести отбор их самих или подстилающих их пород.

Получены предварительные результаты анализа отложений озера Куиккалампи, по которым в них выделяются три периода: период, когда озеро было частью Ладоги, переходный период отделения и период существования обособленного озера Куиккалампи. Согласно палинологическим данным, осадки суббореального периода, когда в исследуемом районе преобладали сосновые и еловые леса, аналогичны палинозонам для соседнего острова Мантсинсаари, и подтверждаются радиоуглеродной датировкой 2890±80 ^{14}C л. н., фиксирующей возраст максимума трансгрессивной фазы (Dolukhanov et al., 2009). В период предполагаемого спада уровня Ладоги для озера Куиккалампи фиксируется уменьшение распространения водных растений и изменение их таксономического состава, а также резкое увеличение содержание грибов *Glomus*, что свидетельствует об усилении эрозионных процессов.

Исследование выполняется в рамках государственного задания Института озероведения РАН по теме №0154-2018-0003 «Разработка и совершенствование научных, технических, методических и правовых основ с целью сохранения Ладожского озера как геостратегического объекта федерального значения на основе комплексных исследований» (№ гос. регистрации: 01201363379).

Savchenko N.V.

MODERN ECOLOGICAL CONDITION OF ASIAN SUB-ARCTIC LAKES BY GEOCHEMISTRY MONITORING RESULTS

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
savchenkonv52@mail.ru

Based on monitoring observations of the composition of macro- and microelements and the migration-geochemical formulas developed on their basis, the ecological condition of the lakes.

Савченко Н.В.

СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЁР АЗИАТСКОЙ СУБАРКТИКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОХИМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160
savchenkonv52@mail.ru

Субарктическая территория азиатской части России (от полуострова Ямал на – западе, до Чукотского – на востоке) является одной из самых заозёренных в Азии. Общее число озёр здесь составляет 296 тыс. с суммарной площадью их акваторий более 46002 км^2 и объёмными запасами воды около 86 км.^{3} Средний показатель озёрности, равный 9,0%, значительно изменяется по территории (от 0,1 до 88%) и превышает общероссийский в 4,1 раза. В настоящее время эти озёра представляют собой весьма уязвимые экосистемы: с одной стороны, по своему гидрографическому положению они являются естественными коллекторами для питающих их водосборов, а с другой – большинство их водосборов вовлечены в сферы интенсивного хозяйственного освоения газовой промышленности, цветной металлургии, транспортного и производственного строительства, оленеводства.

В этой связи цель исследования заключалась в том, чтобы показать фундаментально-прикладные возможности элементно-геохимического мониторинга озёр для установления их функционально-динамического (качественного) состояния. Это, в свою очередь, позволяет оценивать не только степень экологической устойчивости озёрных экосистем к лимитирующим антропогенным и ландшафтным факторам окружающей среды, но и выявлять её пространственно-временные закономерности, а также дифференцировать перспективы хозяйственного использования водоёмов.

Для её решения корректным и информативным является опыт использования ландшафтно-геохимических коэффициентов и миграционно-геохимических формул (МГФ), рассчитываемых и синтезированных на основе мониторинговых геохимических наблюдений. Суть их заключается в том, что в исследованных озёрах каждого субарктического региона определялось абсолютное содержание 32 химических элементов в биоте, воде и подстилающих породах. Затем абсолютные показатели (мг/л и мг/кг) переводились в относительные: $K_{ба}$ – коэффициент озёрно-биогенной аккумуляции (отношение средневзвешенного содержания элемента в золе биоты к содержанию этого элемента в дренируемых породах, %) и $K_{лм}$ коэффициент водно-озёрной миграции (отношение содержания элементы в минеральном остатке воды к его содержанию в дренируемых породах, %). На основе полученных значений этих коэффициентов разрабатывалась формула геоэкологической устойчивости:

$$\text{Класс водной миграции} \quad \frac{\sum \textit{Элементов биогенной аккумуляции}}{\sum \textit{Элементов водной миграции}} = \quad \text{коэффициент динамической напряжённости } (K_{дн})$$

Если значение $K_{дн} = 1$, то озёрная экосистема с прилегающим водосбором сбалансирована по вещественно-энергетическому кругообороту и является устойчивой; если $K_{дн} > 1$,то вещественно-энергетический баланс нарушен: процесс накопления вещества доминирует над его выносом и водоём подвергается эвтрофи-

кации, а прилегающий водосбор заболачивается; если $K_{дн} < 1$, то преобладает вынос вещества из озера и происходит его олиготрофикация. Следовательно, в двух последних случаях можно уверенно констатировать, что устойчивость озёрной экосистемы нарушена. Степень её нарушения пропорциональна величине $K_{дн}$. Заключения, сформулированные на основе МГФ, позволили сделать следующие выводы:

1) Во всех северных территориях – от Западной Сибири и Таймыра – до Восточной Сибири и Чукотки крайне неустойчивыми экосистемами обладают термокарстовые озёра с прилегающими водосборами. Они активно накапливают органическое вещество, а также *Fe, N, P, Ca, Mo, Ti, Mg, Li, Mn,* подвержены глубокой эвтрофикации, и, даже, дистрофикации. Закономерно, что в направлении от Чукотки к полуострову Ямал эти процессы усиливаются ($K_{дн}$ изменяется от 2,4 до 10,2).

2) В крупных озёрах флювиально-гляциального (тектонического) генезиса устойчивость экосистем нарушается противоположным процессом: вынос Mn, Ca, P, N, Zn, Cu, Pb, Ti, Mo, Cd, Ni, B, K и ОВ существенно преобладает над их привносом. $K_{дн}$ изменяется в регионе с запада на восток (Ямал – Таймыр) от 0,002 до 0,6, а далее на восток – к Чукотке – до 0,2. В этой связи все водоёмы этого типа являются ультроолиготрофными.

3) Относительно сбалансированными в экологическом отношении во всех регионах являются: на Ямале, Таймыре и северной Якутии – пойменно-террасовые и карстовые озера, а на Чукотке – озёра кратерного генезиса. В элементно-геохимическом круговороте у них одновременно участвуют многие элементы: Pb, Ni, Al, Sr, Mo, Ca, K, Ti, S, Si,Li, Fe, Mg, Mn, Zn, V, B, а $K_{дн}$ варьирует в пределах от 0,8 до 1, 3.

Savkin V.M., Dvurechenskaya S.Ya., Kondakova O.V.

DYNAMICS OF THE HYDROLOGICAL-HYDROCHEMICAL REGIME OF THE UPPER OB UNDER ANTHROPOGENIC IMPACT

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Novosibirsk Department
savkin@iwep.nsc.ru

Development of projects of hydropower use of rivers in the Ob' basin taking into account the interests of water transport, agriculture and flooding of fishing lakes began in the 30s of the XX century. After putting into operation of all the units of the Novosibirsk hydropower plant a reservoir with a total capacity of 8.8 km^3 was created. It became an important accumulator of the Upper Ob River flow, which determines the hydrological-hydrochemical regime of water resources in this area and provides their integrated multi-purpose use by the emerging water management complex: urban water supply, energetic, irrigation, fisheries, water transport and protection from catastrophic floods in the downstream water. However, the Novosibirsk reservoir is the only one in the Ob basin of seven hydropower stations with reservoirs planned in the mid-1950s. The useful volume of the Novosibirsk reservoir is only 4.4 km^3 with the runoff volume of the river in the range of the hydropower station of 52 km^3. It allows only shallow seasonal regulation of the flow, which determines the functioning of formed aquatic ecosystems especially in the low-water season. Provision with drinking water with the required quantity and the normative quality of Novosibirsk and a number of large settlements of the region now is an urgent task in connection with the general progressive anthropogenic pollution of water ecosystems in Siberia. The main problems of the rational use of water resources of the Upper Ob and its water quality and possible reconstruction of its hydrological regime are related to the poor regulation of the flow; the increase of the frequency of low-water years and low-water cycles; reducing of water exchange (especially in spring), reduction in the duration of stabilization of the water level in the Novosibirsk reservoir at the normal water level; periodic decrease of the water level of the reservoir below the dead water level; sinking of the water level in the Ob river below the dam; man-made pollution. The additional regulation from the confluence of the rivers Biya and Katun to Kamen-on-Ob in connection with the significant decrease of inflow during the winter low water at natural water availability of 60% and more is required.

Савкин В.М., Двуреченская С.Я., Кондакова О.В.

ДИНАМИКА ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВЕРХНЕЙ ОБИ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Новосибирский филиал, Новосибирск
savkin@iwep.nsc.ru

Разработка проектов гидроэнергетического использования рек бассейна р. Оби с учетом интересов водного транспорта, сельского хозяйства и обводнения рыбопромысловых озер началась в 30-х годах XX-го столетия. После ввода в эксплуатацию Новосибирской ГЭС было создано водохранилище с полным объемом 8,8 км^3. Оно стало важным аккумулятором стока Верхней Оби, определяющим гидролого-гидрохимический режим водных ресурсов на этом участке и обеспечивающим комплексное многоцелевое использование речного стока складывающимся водохозяйственным комплексом: питьевое водоснабжение, энергетика, орошение, рыбное хозяйство, водный транспорт и защита от катастрофических паводков территории нижнего бьефа. Однако созданное водохранилище осталось единственным в бассейне Оби из планируемых в середине 50-х годов XX века 7-ми ГЭС с водохранилищами. Полезный объем Новосибирского водохранилища составил всего 4,4 км^3 при стоке реки в створе ГЭС – 52 км^3. Это позволяет осуществлять лишь неглубокое сезонное регулирование стока, что определяет функционирование сформировавшихся водных экосистем, особенно в маловодные сезоны года. Обеспечение г. Новосибирска и ряда крупных населенных пунктов области питьевой водой нормативного качества в необходимом количестве в современных условиях является актуальной задачей в связи с общей прогрессирующей деградацией водных экосистем в результате антропогенного загрязнения водных объектов Сибири. Режимы использования воды и её качество в водохранилище зависят от

объемов стока и химического состава вод реки. В настоящее время основные проблемы рационального использования водных ресурсов Верхней Оби, обеспечивающего нормативное качество воды, и возможной реконструкции гидрологического режима реки связаны: с недостаточностью зарегулирования стока; природным увеличением повторяемости маловодных лет и маловодных циклов; уменьшением водообмена (особенно весеннего сезона), сокращением продолжительности стабилизации уровня воды в Новосибирском водохранилище на отметке НПУ; периодическим снижением к началу весеннего наполнения уровня воды в водохранилище ниже УМО; «посадкой» уровней воды в р. Оби ниже плотины Новосибирской ГЭС; антропогенным загрязнением. Результаты мониторинговых наблюдений за трансформацией водных и наземных экосистем, их анализ позволяют сделать вывод о необходимости увеличения регулирования стока Верхней Оби на участке от слияния рек Бии и Катуни до г. Камень-на-Оби в связи с увеличивающимися потребностями в водных ресурсах в условиях наблюдающегося значительного природного снижения притока к Новосибирскому водохранилищу в период зимней межени с обеспеченностью по водности 60% и выше.

Работа выполнена в рамках Научной программы 134.1. "Исследование палео - и современных изменений состояния водоемов и водотоков Сибири, анализ природных и антропогенных изменений для стратегии охраны, использования и обеспечения безопасности водных ресурсов Сибири".

Saydakova L.A.[1], Savchenko N.V.[2], Markova L.M.[1]

GEOCHEMICAL CHANGES IN LAKE ECOSYSTEMS OF SOUTH WEST SIBERIA FOR THE LAST 50 YEARS

[1]Novosibirsk Teachers' Upgrading and Retraining Institute, Novosibirsk, Russia
[2]Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Based on synchronous observations of climate elements and limnogenesis processes, geochemical changes in lake ecosystems are revealed.

Сайдакова Л.А.[1], Савченко Н.В.[2], Маркова Л.М.[1]

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОЗЁРНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 50 ЛЕТ

[1]Новосибирский институт повышения квалификации работников образования 630007, Новосибирск, ул. Красный Проспект, 2
[2]Новосибирский государственный аграрный университет,
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160
savchenkonv52@mail.ru, lasaidakova@mail.ru

В формировании химического состава вод и донных отложений в озёрах большую роль играют размер и форма их котловин, географические особенности водосборных бассейнов, состав и свойства почво-грунтов, элементы климата, поверхностный и подземный сток, а также внутриводоёмные процессы, происходящие в лимнионах и в донных отложениях. В этой связи количественно-качественные геохимические показатели озёр в значительной мере отражают особенности сформировавшей их ландшафтной среды и на этой основе озёра могут быть её геоэкологическими индикаторами.

Многолетняя динамика компонентов основного(ионного) химического состава, растворённого (РОВ) и взвешенного органического вещества (ВОВ) лесостепного и степного юга Западной Сибири обусловлена в основном колебаниями элементов водного баланса, особенно количественными изменениями объёма стока и проточности. Анализ отмеченных выше гидрохимических компонентов по материалам А.Г. Поползина, Н.И. Баглаевой (1958-1978 гг.) и авторских данных (1978-2017 гг.) позволил выявить следующие закономерности:

1) В регрессивные фазы увлажнённости – в 1981, 1991, 1998, 2000, 2006-2008 годы происходило снижение уровня озёрных вод, что приводило к росту содержания основного ионного состава – Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, HCO_3^{2-}, Cl^{-} , $Fe_{общ.}$, жёсткости и минерализации в 1,8-2,5 раза; pH приобретала щелочные значения. В солевом составе доминировали воды сульфатно-хлоридного или гидрокарбонатно-хлоридного класса натриевой группы второго типа (по классификации О.А. Алёкина). Содержание РОВ увеличивалось автохтонной его составляющей в 0,2-1,3 раза.

2) В периоды повышенной увлажнённости – 1957-1961, 1971-1972, 1986-1988, 1993, 1997, 2002, 2009, 2016 годы прослеживались обратные тенденции: хлоридно-натриевый, сульфатно-хлоридно-натриевый и карбонатно-хлоридно-натриевый солевой состав воды замещался на гидрокарбонатно-натриевый. pH приобретала слобощелочные или нейтральные значения. В составе РОВ и ВОВ резко возрастала доля аллохтонной составляющей, но общее содержание органических веществ сокращалось с 0,2 до 0,7 раза.

В последнее 30-летие на фоне развития новейших методов спектрального анализа, абсорбции, рентгеноскопии и т.п. авторами осуществлялся режимный мониторинг 32 химических элементов. Использование методов ландшафтно-геохимических коэффициентов и миграционно-геохимических формул позволяет однозначно утверждать следующее: лесостепной и степной регионы Западной Сибири, несмотря на максимальную антропогенную нагрузку на озёра, чрезмерную пестроту и комплексность химического состава их вод, илов и почв прилегающих водосборов, характеризуются наиболее позитивными показателями экологической устойчивости их экосистем. Высокой устойчивостью обладают экосистемы водоёмов суффозионно-просадочного происхождения проточно-сточного гидрологического типа, а также большинства озёр пойменного генезиса. Соотношение продукции и деструкции органического вещества в них не превышает 1,07, а показатели продуктивности их гидробионтов имеют максимальные значения для всей Западной Сибири. В озёрных компонентах активно накапливаются As, S, F, Fe, Al, Ni,

Zn, Ag и также активно выносятся Na, Li, Mg, K. В обоих процессах одновременно и активно участвуют N, V, Ca, B, Cu, Pb, Mo, иногда Hg и Cs. Примечательно, что за последние 27 лет, в связи со спадом сельскохозяйственного производства и масштабов его химизации и мелиорации, устойчивость большинства озёрных экосистем (в том числе и других генетических типов) заметно возросла.

Selz O.M.[1, 2], Doenz C.J.[1, 2], Seehausen O.[1, 2]

DECIPHERING THE SPECIES DIVERSITY OF A PREALPINE WHITEFISH RADIATION

[1]Department of Fish Ecology and Evolution, Centre for Ecology, Evolution & Biogeochemistry, Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, 6047 Kastanienbaum, Switzerland
[2]Aquatic Ecology and Evolution, Institute of Ecology and Evolution, University of Bern, 3012 Bern, Switzerland
oliver.selz@eawag.ch

The European whitefish (Coregonus spp.) are a prime example of postglacial adaptive radiations, with several lakes in the boreal and subarctic zone and others in the prealpine zone harbouring several sympatric, often closely related, and endemic species. Up to six species can occur in a single lake in the prealpine region of Switzerland, and perhaps even more in the largest lakes of NE-Europe. The radiations in the prealpine region have arisen through sympatric speciation from a hybrid origin and are structured by multiple axes of divergence that repeatedly and independently evolved similar ecological sets of species, which exhibit parallel patterns of divergence in traits related to foraging (i.e. gill raker number, benthic vs. limnetic feeding ecology and lake depth), physiology (i.e. growth rate) and reproductive ecology (i.e. time of spawning and spatial spawning segregation along the benthic-limnetic axes and lake depth). Despite the multidimensionality of reproductive and ecological differentiation, taxonomically sound species delimitation for the prealpine whitefish radiations are scarce. Approximately 26 different species are native to 17 Swiss lakes in three European drainages: The Rhine, the Danube and the Rhone. Only one century ago Swiss lakes harboured approximately 36 native species of whitefish, but one fourth of this original diversity has been lost in the mid of the 20th century due to a combination of speciation reversal through hybridization and demographic declines, both driven by loss of habitat for foraging and spawning associated with cultural eutrophication. Since 10 out of the 26 contemporary species are not formerly described taxonomically, it is a pressing matter to do so. We use an integrative taxonomic approach combining genetics, morphological and meristic traits and multivariate statistical methods to delineate the species from lake Thun, which harbours the largest prealpine whitefish radiation with 6 putative species, of which 3 were already formerly described. We find six strongly genetically and ecologically differentiated species and show that an integrative approach is essential to capture the full species diversity present in Lake Thun. 5 out of the 6 species are endemic to Lake Thun, yet one species is of allochtonous origin, deriving from introductions into the lake from another prealpine lake one century ago. Surprisingly, the allochtonous species is genetically strongly differentiated from all endemic species in Lake Thun, which suggests that strong reproductive isolation can evolve among allopatric whitefish species within 15’000 years.

Semenov M.Yu.[1], Marinaite I.I.[1], Silaev A.V.[2], Semenov Yu.M.[2]

INDICATORS OF POLLUTION OF SURFACE WATERS OF LAKE BAIKAL WATERSHED BY POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Institute of Geography SB RAS, Ulan-Batorskaya st. 1, 664033 Irkutsk, Russia
smu@mail.ru

The concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), dissolved organic carbon (DOC), and dissolved inorganic nitrogen (DIN) in water of Lake Baikal and its tributaries were measured. On the basis of these data the indicators of water chemical composition linking the water pollution to watershed conditions were elaborated. These are water pollution load index (PAH/DOC) and water self-purification index (DIN/DOC). It was proved that PAH/TOC and DIN/TOC ratios can be used as tracers to evaluate the contributions of tributaries to Lake Baikal pollution by PAHs. It was also determined that DOC concentrations were inversely proportional to DIN/DOC values in riverine water and directly proportional to N/C values in soils. On the basis of these findings the watershed and lake water areas characterized by different rates of self-purification were delineated. The watershed areas characterized by different DOC concentrations in surface waters were also delineated.

This work was supported by the Russian Academy of Sciences, Government contract No. 0345-2016-0008, AAAA-A16-116122110065-4 (fieldwork and chemical analyses), the Russian Fund of Basic Research, grants 17-45-388054 (chemical data analysis) and 17-29-05068 (spatial data analysis), and by the Government of Irkutsk Region, using the resources of the Shared Research Facilities for Physical and Chemical Ultramicroanalysis LIN SB RAS.

Семенов М.Ю.[1], Маринайте И.И.[1], Силаев А.В.[2], Семенов Ю.М.[2]

ПОКАЗАТЕЛИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАССЕЙНА ОЗЕРА БАЙКАЛ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИМИ АРОМАТИЧЕСКИМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
smu@mail.ru

Проанализированы данные о содержании в воде озера Байкал и его притоков полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), органического углерода ($C_{орг.}$) и минерального азота ($N_{мин.}$). На их основе

впервые разработаны показатели состава вод, единые для Байкала и его притоков, связывающие их загрязнение с условиями водосборного бассейна. Это показатель величины техногенной нагрузки на воды (ПАУ/$C_{орг.}$), и показатель способности вод нейтрализовать загрязнение ($N_{мин.}/C_{орг.}$). Установлено, что ПАУ/$C_{орг.}$ и $N_{мин.}/C_{орг.}$ могут быть одновременно использованы в качестве трассеров для расчета вкладов притоков в органическое вещество озера. Также установлено, что величина $N_{мин.}/C_{орг.}$ в водах рек обратно пропорциональна концентрации $C_{орг.}$ и пропорциональна величине N/C в почвах. На основе величин показателей выделены участки водосборного бассейна и акватории озера, характеризующиеся различной способностью к самоочищению. Также выделены участки бассейна, характеризующиеся различными концентрациями органического углерода в поверхностных водах.

Исследование осуществлено в рамках государственного задания №0345-2016-0008, АААА-А16-116122110065-4 (полевые работы и химический анализ) с использованием оборудования Байкальского ЦКП при поддержке Правительства Иркутской области и Российского фонда фундаментальных исследований – гранты 17-45-388054 (обработка данных химического анализа) и 17-29-05068 (анализ географических закономерностей).

Semenova L.A.

PHYTOPLANKTON OF KAMENNAYA BAY (GULF OF OB, KARA SEA) DURING UNDER THE ICE PERIOD

FSBSI «Gosrybcenter»
ecology@gosrc.ru

The article presents results on development of phytoplankton from Kamennaya Bay (Gulf of Ob, Kara sea). During under the ice period phytoplankton is noted by low quantitative and qualitative parameters. Dominants are Bacillariophyta, sometimes – Chlorophyta.

Семенова Л.А.

ФИТОПЛАНКТОН БУХТЫ КАМЕННОЙ (ОБСКАЯ ГУБА, КАРСКОЕ МОРЕ) В ПОДЛЕДНЫЙ ПЕРИОД

ФГБНУ «Госрыбцентр», 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
ecology@gosrc.ru

Обская губа – уникальная водная экосистема. Эстуарий р. Обь является основным местом совместного обитания всех ценных представителей ихтиофауны Обь-Иртышского бассейна, обеспечивает их выживание в заморный период, а также формирование новых генераций рыб.

Целью настоящей работы является оценка современного состояния фитопланктона на нерестовых участках в период развития и выклева личинок сиговых рыб.

Изучение альгофлоры проводилось в подледный период (декабрь, апрель) в 2014–2015 гг. В южной части Обской губы была обследована бухта Каменная (68°25' с. ш.), расположенная за косой Каменной и часть эстуария вблизи устьев рек: южнее – р. Нго-Яха (68°21' с. ш.) и севернее – р. Нурма-Яха (68°43'). В период отбора проб глубина на станциях составила: в бухте – 1,3–3 м, южнее – 3-3,5 м, севернее – 1,2–8 м; толщина льда – 0,8–1,3 м, 1,3–1,4 м, 0,9–1,5 м соответственно. Вода маломинерализованная, очень мягкая. Повышенные значения перманганатной окисляемости и общего железа обусловлены естественным процессом: обширным болотистым водосбором, в результате которого в губу поступает большое количество гуминовых и железоорганических соединений. Во время отбора проб в декабре была переменная облачность, в апреле – солнечно и только севернее бухты – переменная облачность. Сбор и обработка фитопланктона проводились стандартными методами. При определении видовой принадлежности использовались отечественные определители и монографии специалистов.

Фитопланктон – один из важнейших элементов водных экосистем. Он является основным продуцентом органического вещества и в той или иной мере отражает экологическую ситуацию в исследуемом участке водоема.

Качественные и количественные показатели развития фитопланктона в районе бухты Каменной в подледный период приводятся в таблице.

Число видов (*n*), численность (*N*, тыс. кл./дм³), биомасса (*B*, мг/м³) фитопланктона в районе бухты Каменной в подледный период

Год	Месяц	Разрез	*n*	*N*	*B*	Доминирующие группы
2014	декабрь	Северный	3–10	6–113	0,55–86	диатомовые, зеленые
		Бухта	9–11	153–184	205–309	диатомовые
2015	апрель	Северный	2–9	2–25	0,8–73	диатомовые, зеленые
		Бухта	4–6	0,6–1,5	0,06–0,7	диатомовые, зеленые
		Южный	4–7	6–15	0,8–24	диатомовые, зеленые

При оценке состояния фитопланктона в декабре 2014 г. исследованная акватория была ограничена по площади двумя нерестовыми участками и однообразна по своим условиям. В декабрьском планктоне было обнаружено 18 таксонов водорослей рангом ниже рода из трех отделов: диатомовые – 11, зеленые – 3, протокариоты (синезеленые) – 4. Число видов в одной пробе варьировало от 3 до 11. Основу видового разнообразия составляли диатомовые (61% от общего состава). Биомасса фитопланктона находилась в пределах 0,55–309 мг/м³, ее определяли диатомовые (86–100%). Численность микроводорослей изменялась от 6 до 184 тыс. кл./дм³, ее основу составляли диатомовые (50–92%), однако на ряде станций значительна доля зеленых (до

50%). Среди доминантов на всех исследованных участках отмечены многоклеточные центрические диатомеи – виды рода *Aulacoseira* Thw. и представители хлорококковых зеленых. Водные массы в бухте Каменной были богаче фитопланктоном, чем акватория вблизи устья р. Нурма-Яха (северный участок).

В апреле 2015 г. сборы материала были проведены на более обширной акватории (три нерестовых участка). Фитопланктон в видовом отношении был богаче, однако встречены водоросли только двух отделов: диатомовые – 20 таксонов и зеленые – 3. Всего определено 23 таксона рангом ниже рода, по станциям – от 2 до 9. Как биомасса, так и численность имели крайне низкие показатели: биомасса колебалась от 0,06 до 73 мг/м³, численность варьировала от 0,6 до 25 тыс. кл./дм³. Особенно низкими показателями отличалась бухта Каменная, в которой биомасса составила 0,06-0,7 мг/м³, численность – 0,6-1,5 мг/м³. Доминировали на всех участках по биомассе диатомовые (86-100%) за счет видов рода *Aulacoseira* Thw. Основу численности определяли диатомовые (33-100%), и на ряде станций, по сравнению с данными 2014 г., возросла доля зеленых (до 67%) за счет представителей хлорококковых.

Таким образом, бедность альгофлоры в подледный период следует связывать с естественными сезонными изменениями, низкой температурой воды и слабым проникновением света через снежный и ледовый покров. Хотя состояние зимнего планктона не может выступать надежным показателем качества среды обитания на нерестовых участках, в целом полученные данные свидетельствуют о достаточно благополучном состоянии среды. В фитопланктоне, как в период гидрологической зимы, так и в период открытой воды доминируют центрические диатомовые водоросли, что свидетельствует о стабильности экосистемы Обской губы.

Shatsky A., Zuyev Yu., Stratanenko E., Tamulyonis A.

DEFINITION OF RESERVES OF *CHIRONOMUS PLUMOSUS* INTO SOME LAKES OF LENINGRAD REGION

Federal State Budgetary Scientific Establishment “Berg State Research Institute on Lake and River Fisheries” (FSBSI “GosNIORH”), Makarova nab. 26, St-Petersburg, Russia 199053
shatsky72@yandex.ru

Chironomus plumosus, also known as the buzzer midge, is a species of nonbiting midge (Chironomidae). It is the only commercial species of amphibiotic insects from benthic animal in the water bodies of the Leningrad region. The commercial storage of *C. plumosus* has been analyzed since 2013 on example of the three lakes Pobednoe, Volochaevskoe and Vishnevskoe. The resource of larvae has increased manyfold until 2018.

Шацкий А.В., Зуев Ю.А., Стратаненко Е.А., Тамулёнис А.Ю.

СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ МОТЫЛЯ НА НЕКОТОРЫХ ОЗЕРАХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга (ФГБНУ «ГосНИОРХ»), 199053 Россия, Санкт-Петербург, набережная Макарова, д.26
shatsky72@yandex.ru

Chironomus plumosus L, или мотыль, относится к семейству хирономид (Chironomidae), подотряда длинноусых отряда двукрылых насекомых (Diptera). Мотыль является единственным промысловым представителем амфибиотических насекомых из состава бентоса в Ленинградской области (Мотыль …, 1983; Руденко, 2000).

Запасы мотыля в озерах подвержены резко выраженным сезонным и годовым колебаниям. Изменения биомассы хирономид доминирующего вида (*Ch. plumosus*) в водоемах обусловлены сезонной и многолетней цикличностью развития их популяций, изменением экологических условий в водоемах и другими причинами естественного и антропогенного характера.

В период ледостава промысел личинок хирономид ведется с ноября по апрель, основной вылов происходит в весенний период в марте-апреле, когда личинка достигает 4-го возраста.

В данной работе была проанализирована динамика состояния запасов личинок хирономид в озерах Карельского перешейка на примере трех озер: Волочаевского, Победного и Вишневского в период с 2013 по 2018 гг. В течение 2013-2017 гг. наблюдалось снижение биомассы и плотности личинок *Ch. plumosus* в исследуемых озерах (таблица). Зима 2017-2018 гг. отличалась низкими температурами воздуха и обильным снежным покровом, что было единственной общей характеристикой для сравнительно большого района, в котором располагались исследуемые озера в Ленинградской области.

Таблица. Средняя биомасса личинок хирономид (B, г/м^2) и возможный вылов личинок хирономид (W, т) в озерах Карельского перешейка в 2013–2018 гг.

Год	Озеро Волочаевское		Озеро Победное		Озеро Вишневское	
	B	W	B	W	B	W
2013	1,39	-	25,02	31,6	12,33	-
2014	7,75	-	19,71	17,6	20,74	14,0
2015	1,77	-	3,87	15,0	4,53	-
2016	2,42	-	4,00	7,8	7,40	-
2017	-	-	2,64	0,4	0,80	3,8
2018	1,10	-	38,10	72,6	13,68	65,6

Соответственно, в 2018 г. произошло увеличение возможного вылова личинок хирономид. Возможный вылов мотыля на озерах увеличился в 2018 г. от 17 раз (оз. Вишневское) до 180 раз (оз. Победное) по сравнению с 2017 г. (таблица).

Shcherbul Z.Z.

INFLUENCE OF CLIMATIC AND ANTHROPOGENIC FACTORS ON THE ECOSYSTEM OF THE NORTH DAGESTAN ARTESIAN BASIN

Institute for Geothermal Research DSC RAS, Makhachkala, Russia, 367010, I. Shamil Ave, 39a
ipgzina@rambler.ru

This paper examines the regional features of global climate change in relation to the technogenic processes that occur in the territory of Plain Dagestan. These processes are associated with long-term exploitation of artesian waters of the Pliocene-Quaternary complex, which is the only source of water supply for the population in the absence of surface runoff.

Щербуль З.З.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ЭКОСИСТЕМУ СЕВЕРО-ДАГЕСТАНСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА

ФГБУН Институт проблем геотермии ДНЦ РАН, Махачкала, Россия; 367010, пр. И. Шамиля, 39а
ipgzina@rambler.ru

Наряду с поверхностными открытыми водоёмами естественного и искусственного происхождения, существуют большие объёмы воды, содержащиеся в земной коре и образующие, так называемые, подземные водоёмы. Формирование, условия питания, скорости фильтрации подземных потоков зависят от геологических условий, географического положения и климата местности, гидродинамических и фильтрационных характеристик водовмещающих пород и множества других факторов. На аридных территориях, в условиях отсутствия поверхностного стока, водоснабжение за счет подземных вод имеет жизненно-важное значение для населения. Наиболее широко для питьевого и хозяйственного назначения используются артезианские воды, т.к. они имеют ряд преимуществ перед грунтовыми водами: они чище, безопаснее в бактериальном смысле и находятся под повышенным давлением. Однако водные ресурсы артезианских бассейнов ограничены, а скорость их возобновления, учитывая малые скорости фильтрации, несоизмерима с постоянно возрастающими объёмами добычи артезианских вод в современных условиях. Многолетняя эксплуатация артезианских водозаборов может привести к истощению запасов пресных и слабоминерализованных подземных вод и пагубно отразиться на экологии регионов в целом.

Экосистема Северо-Дагестанского артезианского бассейна (СДАБ) является яркой иллюстрацией того, как нерациональное природопользование приводит к необратимым процессам опустынивания больших площадей на севере Дагестана, где резко ухудшилось состояние пастбищ, активизируется наступление песков, засыпаются населенные пункты. Параллельно с опустыниванием идет деградация всех биологических ресурсов. Основной причиной опустынивания аридных территорий Северо-Дагестанской равнины специалисты считают перевыпас, увеличение допустимых нагрузок на пастбища. Однако существует ещё ряд факторов, обуславливающих деградацию земель Терско-Кумского междуречья, среди которых – интенсивная эксплуатация Северо-Дагестанского артезианского бассейна, а также климатический фактор.

При естественном режиме фильтрации основная разгрузка напорных вод плиоцен-четвертичных отложений осуществлялась в грунтовые воды по всей площади Терско-Кумского междуречья и для дагестанской части Терско-Кумского бассейна модуль стока составлял в среднем 13 мм/год, на отдельных площадях повышаясь до 30 мм/год и более. Благодаря ежегодному притоку уровень грунтовых вод находился на большей части территории на глубине от 1 до 5 метров. Анализ динамики изменения пьезометрических уровней за вековой период эксплуатации Северо-Дагестанского бассейна показал снижение напоров в водоносных горизонтах плиоцен-четвертичных отложений, питающих грунтовые воды, а с помощью методов математического моделирования процесса эксплуатации воспроизведен механизм формирования, развития и распространения депрессионной зоны, получена современная гидродинамическая картина подземного стока, показано, что следствием развития региональной депрессии в напорных водоносных горизонтах плиоцен-четвертичных отложений может стать повсеместное снижение уровня грунтовых вод и опустынивание территорий Северного Дагестана. Грунтовые воды при падении давлений в пластах нижележащих напорных водоносных горизонтов перестают получать от них подпитку, тем самым уровень их снижается. Более того, при значительных депрессиях происходит изменение направленности вертикальной составляющей фильтрационного потока, что также способствует повсеместному снижению уровня грунтовых вод. Такие природные факторы, как удаленность территории от основных областей питания, особенности рельефа дневной поверхности, климата и геологического строения, малые скорости фильтрации, а также техногенные факторы, такие, как наличие множества эксплуатирующихся водозаборов, «перехватывающих» подземный сток и продолжающееся падение напоров, не позволяют рассчитывать на быстрое восполнение запасов естественным потоком подземных вод и потому процесс снижения уровня грунтовых вод принимает необратимый характер.

Современные тренды изменения температур также оказывают воздействие на интенсивность питания подземных вод. Зависимости динамики изменения температур и осадков за тридцатилетний период показывают, что климатические изменения могут по-разному отразиться даже на примыкающих друг к другу площадях, какими являются Терско-Кумская и Терско-Сулакская области Северо-Дагестанского артезианского бассейна: если в первом случае к антропогенным факторам деградации территории присоединяется климатическая составляющая, усиливая неблагоприятное воздействие на экосистему в целом, включая ресурсы подземных вод, то во-втором, под воздействием климатических изменений, сложилась благоприятная обстановка для питания подземных вод, снижающая риски для экосистемы, связанные с депрессиями в эксплуатирующихся водоносных горизонтах плиоцен-четвертичных отложений.

Shchapova E.P.[1], Borvinskaya E.V. [1, 2], Gurkov A.N.[1, 3], Baduev B.K. [1, 3], Timofeyev M.A.[1]

BEHAVIOR OF NON-BIODEGRADABLE POLYELECTROLYTE MICROCAPSULES IN THE ORGANISM OF AMPHIPODS *E. VERRUCOSUS* AND FISHES *D. RERIO*

[1]Irkutsk State University, 664025, Lenin str. 3, Irkutsk, Russia
[2]Institute of Biology at Karelian Research Centre RAS, 185910, Pushkinskaya str. 11, Petrozavodsk, Russia
[3]Baikal Research Centre, 664003, Lenin str. 21, Irkutsk, Russia
shchapova.katerina@gmail.com

Polyelectrolyte microcapsules are perspective carriers for target delivery of vaccines, drugs and sensing substances inside animal organism. Microcapsules with non-biodegradable shell containing molecular fluorescent probes can be already applied for pH monitoring in circulatory system of fishes and crustaceans *in vivo*. Wide application of polyelectrolyte microcapsules as implantable microsensors for measurements of different physiological parameters in real time may intensify current research in ecophysiology and environmental monitoring, but it requires deep understanding of influence of non-biodegradable microcapsules on the organism.

Behavior and influence of non-biodegradable polyelectrolyte microcapsules (median size ~4 μm) were studied on example of amphipods *Eulimnogammarus verrucosus* (Gerstfeldt, 1858) and fishes *Danio rerio* (Hamilton, 1822). Microcapsules were prepared by layer-by-layer approach and covered by a polyetheleneglycole-containing polymer to increase biocompatibility. Implantation of microcapsules in circulatory system was performed by injection into kidney in case of fishes and in the central hemolymph vessel in case of amphipods.

Implanted microcapsules (concentration was enough for measurement of physiological parameters) did not show influence on mortality of both amphipods (6 weeks) and fishes (3 weeks) comparing with the control group. In fish body, microcapsules concentrated in capillaries-rich organs like gills and kidney. Despite polyetheleneglycole coverage, fish phagocytes started to engulf microcapsules during the first day after injection. In case of amphipods, microcapsules distributed in circulatory system of all body segments but concentrated in head (probably, in head ganglion and mouthparts). Additionally, content of HSP70 and lactate did not demonstrate activation of amphipod stress reaction during a week after injection.

This study was supported by the Russian Science Foundation №17-14-01063.

Щапова Е.П.[1], Борвинская Е.В.[1, 2], Гурков А.Н.[1, 3], Бадуев Б.К.[1, 3], Тимофеев М.А.[1]

ПОВЕДЕНИЕ НЕБИОДЕГРАДИРУЕМЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫХ МИКРОКАПСУЛ В ОРГАНИЗМЕ АМФИПОД *E. VERRUCOSUS* И РЫБ *D. RERIO*

[1]ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», 664025, ул. Ленина 3, г. Иркутск, Россия
[2]Институт биологии Карельского научного центра РАН, 185910, ул. Пушкинская 11, г. Петрозаводск, Россия
[3]АНО «Байкальский исследовательский центр», 664003, ул. Ленина 21, г. Иркутск, Россия
shchapova.katerina@gmail.com

Полиэлектролитные микрокапсулы являются перспективным носителем для целевой доставки вакцин, лекарственных и сенсорных веществ внутри организма животных. Микрокапсулы с небиодеградируемой полупроницаемой стенкой, наполненные молекулярными флуоресцентными сенсорами, уже используются для мониторинга pH в кровеносной системе рыб и ракообразных *in vivo*. Широкое применение полиэлектролитных микрокапсул в качестве основы имплантируемых микросенсоров для измерения различных физиологических параметров в реальном времени может обеспечить существенную интенсификацию проводимых исследований в области экофизиологии и экологического мониторинга, однако требует глубокого понимания воздействия небиодеградируемых микрокапсул на исследуемые организмы.

Поведение и воздействие небиодеградируемых полимерных микрокапсул с медианным диаметром около 4 мкм на организм гидробионтов было изучено на примере амфипод *Eulimnogammarus verrucosus* (Gerstfeldt,1858) и рыб *Danio rerio* (Hamilton, 1822). Микрокапсулы были подготовлены методом послойной адсорбции противоположно заряженных полиэлектролитов и покрыты полиэтиленгликоль-содержащим полимером для повышения биосовместимости. Введение микрокапсул в кровеносную систему осуществляли с помощью инъекции в почку в случае рыб и в центральный сосуд в случае амфипод.

Показано отсутствие влияния имплантированных микрокапсул в концентрации, необходимой для измерения физиологических параметров, на выживаемость как амфипод (6 недель), так и рыб (3 недели) по сравнению с контрольной группой. В теле рыб микрокапсулы концентрировались в органах, богатых кровеносными капиллярами (прежде всего, жабры и почки). Несмотря на покрытие полиэтиленгликолем, наблюдали поглощение микрокапсул фагоцитами рыб, начинающееся в течение первых суток после инъекции. В случае амфипод распространение микрокапсул наблюдали по лакунам во всех сегментах животного. На протяжении эксперимента наибольшая концентрация микрокапсул сохранялась в головном отделе, предположительно, в головном ганглии и ротовом аппарате. Также, для амфипод по содержанию БТШ70 и лактата показано отсутствие развития стрессовой реакции в течение недели после введения микрокапсул.

Работа проведена при финансовой поддержке гранта РНФ №17-14-01063.

Sherstyankin P.P., Shimarayev M.N., Potemkin V.L., Kuimova L.N.

EQUATIONS OF DEEP WATER STATUS, VERTICAL STABILITY AND BRUNT–VÄISÄLÄ FREQUENCY: A CASE STUDY FOR LAKE BAIKAL

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
ppsherst@lin.irk.ru

The equations of Baikal water status was at first obtained “by recalculation of pressure from English pounds per 1 square inch in atmosphere for temperature of the highest water density with such a precision when the hundredth fractions of degree cannot be considered quite correct” (Verschagin, 1927 from Roebook, 1913). Subsequently Chen

and Millero (1986) used an approximation formula of coefficient of thermal expansion of water to calculate with precision thermodynamic properties of natural waters. We noticed it and made new calculations to correct these faults. We introduced, in particular, a correct coefficient of thermal expansion of water (Kuimova, Sherstyankin, 1992), counted a coefficient of thermal expansion of pure water (Sherstyankin et al., 2000), and applied the potential temperature for the South Baikal calculated by Vereschagin (1927) as equal to 5.39°C at the depth of 1000 m that we corrected to be 5.49°C (Sherstyankin et al., 2001).

The parameters of vertical stability and Brunt-Väisälä frequencies occurred to be tightly bound with water temperature, their deepest minima corresponding to temperature of the highest density. We are also going to calculate the other parameters of Baikal water together with coefficients of thermal expansion and potential temperatures of water.

Шерстянкин П.П., Шимараев М.Н., Потемкин В.Л., Куимова Л.Н.

УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ВОДЫ, ВЕРТИКАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И ЧАСТОТЫ ВЯЙСЯЛЯ-БРЕНТА ДЛЯ ГЛУБОКИХ ВОД НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
ppsherst@lin.irk.ru

Уравнения состояния природных вод были сразу получены для озера Байкал «путем пересчета давления из английских фунтов на 1 кв. дюйм в атмосферы для температур наибольшей плотности воды с точностью, при которой сотые доли градуса не могут считаться вполне верными» (Верещагин, 1927, цит. по Roebook, 1913). На этом не кончились трудности и в 1986 г. вышли точные термодинамические свойства для природных вод покрывающимся лимнологическим рядом, но там было применена приближенная формула для коэффициента термического расширения воды (Chen, Millero, 1986). Это было замечено нами, и были выпущены работы, исправляющие эти недостатки. Введен правильный коэффициент термического расширения воды (Куимова, Шерстянкин, 1992); посчитан коэффициент термического расширения чистой воды (Шерстянкин и др., 2000); введена рассчитанная Верещагиным (1927) потенциальная температура для Южного Байкала 5.39°C на 1000 м и подтверждена нами 5.49°C (Шерстянкин и др., 2001).

Оказались тесно связаны с температурой вертикальная устойчивость и частоты Вяйсяля-Брента, их глубокие минимумы при занятии температур максимальной плотности. Для байкальской воды будут рассчитаны коэффициенты термического расширения воды, потенциальные температуры и др.

Sherstyankin P.P., Shimarayev M.N., Potemkin V.L., Kuimova L.N.

SIMILARITIES AND DISSIMILARITIES OF TEMPERATURE REGIME OF LAKE BAIKAL AND THE SUBGLACIAL OCEAN OF EUROPA – ONE OF THE JUPITER'S MOON

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

The under-ice regimes of the Europa's ocean and lake Baikal have some similarities, both being of planetary origin (Golitsyn, 1979; Melosh et al., 2004), and some dissimilarities. The water density depends on its molecular structure. This changes some of its properties, including temperature of maximum density (Vereschagin, 1927). Herewith we addressed the question about the similarities. The main question is Δt=t-tmd, i.e. about discrepancy between real temperature and temperature of maximum density, which does not exceed on Europa 0.14°C. To that end, we used a series with surface temperature 3.9006°C obtained by the manned submersible vehicle MIR-2 at the Izhimey Cap on July 7, 2009 (Sherstyankin et al., 2012) as well as data with surface temperature 3.85°C that had been obtained at the Izhimey Cap before (Weiss et al., 1991). Such conditions can last in Baikal not more than 48 hours due to temperature fluctuations. On Europa, such temperature can exist for many Earth years (the Europa's year is 84 hours).

Temperature of maximum density is tightly bound with the adiabatic buoyancy frequency N_{ad}^2, which is positive at the inverse stratification and remains such in passing to the direct stratification, having at this moment a minimal value. We considered the temperatures of water, temperatures of maximum density, adiabatic buoyancy frequencies and other parameters of the places located in completely different environment – in Lake Baikal and in the subglacial ocean of Europa (Jupiter's moon).

Шерстянкин П.П., Шимараев М.Н., Потемкин В.Л., Куимова Л.Н.

О СХОДСТВЕ И РАЗЛИЧИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ОЗЕРА БАЙКАЛ И ПОДЛЕДНОГО ОКЕАНА ЕВРОПЫ – СПУТНИКА ЮПИТЕРА

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

Подледный режим океана Европы, спутника Юпитера имеют общую планетарную природу (Golitsyn, 1979; Melosh et al., 2004) и некоторые отличия от озера Байкал. На плотность воды влияет молекулярное строение, которое вызывает изменение ряда свойств, в том числе и температуры наибольшей плотности, Верещагин (1927). Рассмотрим вопрос о сходстве. Главный вопрос Δt=t-tmd температурный, о разности температур реальной и температур максимальной плотности, на Европе она не больше 0,14°C. Мы взяли из работы Шерстянкина и др. (2012) на глубоководном обитаемом аппарате МИР-2 в районе мыса Ижимей 7 июля 2009 г. серию с температурой поверхности 3,9006°C и работу Weiss et al. (1991) с температурой поверхности 3,85°C, работавшего в районе мыса Ижимей. Такие условия для работы могут существовать только максимум двое суток. На Европе такая температура существует в течение многих земных лет (год длится в Европе более 3,5 суток).

Температура наибольшей плотности тесно связана с адиабатической частотой плавучести N_{ad}^2, которая при обратной стратификации положительна и при переходе к прямой стратификации N_{ad}^2 остается положительной, оставаясь в момент перехода минимальной величиной.

Рассмотрены температуры, температуры максимальной плотности, адиабатические частоты плавучести и другие параметры, в местах, расположенных одно на Байкале, другое в ледовитом океане на Европе спутнике Юпитера. Возможны механизмы обеспечения ледовых кольцевых образований.

Sheveleva N.G.[1], Penkova O.G.[2]

CHANGES OF THE ZOOPLANKTON COMMUNITY IN MALOE MORE STRAIT DURING 20 YEARS

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
shevn@lin.irk.ru; olg-penkova@yandex.ru

Long-term (1997-2017) observations of zooplankton in Mukhor Bay, littoral and open parts of Maloe More Strait allowed the researchers to report on initiation of eutrophication process in Mukhor Bayand littoral zone of the Strait. It is manifested in the reconstructions of the community: increase of the relative abundance of rotifers and cyclopoids; change of dominant taxonomic groups; decrease of individual mass of zooplankton and increase of the trophic coefficient. Meanwhile, the authors observed stable species composition of zooplankton throughout the whole period of research. Quantitative indices of zooplankton of Maloe More Strait fit the dynamic pattern of interannual variations in the pelagial of the southern and middle basins of Baikal.

Шевелева Н.Г.[1], Пенькова О.Г.[2]

ИЗМЕНЕНИЯ В СООБЩЕСТВЕ ЗООПЛАНКТОНА ПРОЛИВА МАЛОЕ МОРЕ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 20 ЛЕТ

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Иркутский государственный университет, К. Маркса, 1, Иркутск, Россия
shevn@lin.irk.ru; olg-penkova@yandex.ru

Представлены материалы многолетних (1997-2017 гг.) исследований видового состава, структуры и количественных показателей зоопланктона открытой, литоральной частей пролива Малое Море и залива Мухор. Показано, что за прошедшие 20 лет видовой состав зоопланктона не претерпел изменений, и насчитывает 58 видов коловраток 31 – ветвистоусых и 26 – веслоногих. Из них 28 % приходится на долю эндемиков Байкала.

Отмечена перестройка в структуре сообщества зоопланктона начиная с 2002 г. которая коснулась только мелководной зоны – залива Мухор и литорали пролива Малое Море в связи с эвтрофирование этого района Байкала. Изменения выразились в увеличении относительной доли коловраток (значимость их увеличилась от 17 до 60%), уменьшении относительной численности ветвистоусых (с 31-54 до 6-24%). Увеличении абсолютной численности *Thermocyclops crassus* (в 5 раз). Начиная с 2002-2004 гг. отмечена замена видов в доминантном ядре у коловраток и ракообразных. Так, в период 2014-2017 гг. в заливе Мухор доминантное ядро зоопланктона (при относительной численности в сообществе не менее 5%) в период открытой воды составляли *Chydorus sphaericus, Daphnia galeata* и *Bosmina longirosrtis.* Среди коловраток лидировали *Keratella cochlearis* (15-71%), *Polyarthra euryptera* (45-52%), *Kellicottia longispina* (13-17%).

Таблица. Динамика многолетних показателей численности (N, тыс.экз/м^3) структуры (**Ncrus/Nrot**), трофии (E) и индивидуальной массы (**w, мг**) зоопланктона пролива Малое Море

	Залив Мухор				Открытая часть пролива			
Год	N	**Ncr/Nr**	E	**w**	N	**Ncr/Nr**	E	**w**
1993	-	-	-	-	42	2.8	0.5	0.1
1997	41	5.3	0.54	0.02	11.4	6.3	0.6	0.07
1998	61	12.5	0.3	0.02	12	4.1	1.3	0.15
1999	51	8.3	0.34	0.01	13.7	9.4	0.5	0.07
2000	102	55.8	0.1	0.02	14.5	2.4	1.0	0.07
2001	37	83.3	0.2	0.02	33.0	21.3	0.6	0.11
2002	112	1.6	0.8	0.01	68	3.7	1.9	0,15
2004	474	1.1	4.5	0.009	17	1.8	3.5	0.16
2005	115	2.4	0.8	0.01	35	0.54	2.3	0.19
2006	85	1.34	1.1	0.007	10.3	3.8	4	0.1
2007	105	1.4	1.1	0.007	32	1.6	1.6	0.07
2008	132	4.8	1.0	0.006	34	3	2	0.1
2009	97	3.8	1.14	0.01	20	2	0.5	0.09
2010	-	-	-	-	10	1.5	1.5	0.08
2012	-	-	-	-	23	8.9	1.7	0.04
2013	-	-	-	-	6	0.3	2.2	0.19
2014	66	0.67	1.3	0.005	24	1	2.7	0.02
2016	150	0.8	0.8	0.007	2	1.2	2	0.06
2017	246	0.72	0.92	0.004	2.3	5.6	1.2	0.06

Изменений в структуре зоопланктона открытой части пролива Малое Море нами не установлено. Здесь, как и прежде, доминировали веслоногие ракообразные *Epischura baicalensis, Cyclops kolensis* (составляя до 80% численности и биомассы сообщества) и круглогодичные коловратки (*K. longispina, Keratella quadrata, Filinia terminalis, Asplanchna priodonta).*

В целом количественные показатели зоопланктона залива Мухор и пролива Малое Море также не претерпели существенных изменений и сравнимы с данными за 1951 г. и 1973-1974 гг. (Вилисова, 1959; Левковская, 1977). Значения численности и биомассы зоопланктона за период наших (1997-2017 гг.) наблюдений укладываются в амплитуду многолетних показателей. Рассчитанный структурный показатель (Ncr/Nr), индекс трофии (E) и индивидуальные массы коловраток и ракообразных (w) доказывают, что процесс эвтрофирования, начало которого зафиксировано в заливе Мухор в 2002 г. коснулся только залива Мухор (таблица) и литоральной зоны пролива Малое Море. По этим же показателям зоопланктона открытая часть пролива Малое Море не претерпела изменений.

Shikano S.[1], Kanaya G.[2], Urabe M.[3], Ponomareva N. M.[4], Yurlova N.[4]

TREMATODE PARASITE LARVAE AS A POTENTIAL FOOD SOURCE FOR AQUATIC ANIMALS IN AN ESTUARINE ECOSYSTEM

[1]Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, 41 Kawauchi, Sendai, Japan
[2]National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Japan
[3]School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture, Hikone, Japan
[4]Institute of Systematics and Ecology of Animals, SB-RAS, Novosibirsk, Russia
shikano@tohoku.ac.jp

Parasites are recognized as major components of aquatic food webs, in terms of both total biomass and energy transfer. Trematodes, which have a free-living larval stage (cercariae) and a parasitic form in their life cycle, act as both parasites of and resources for free-living animals. Cercariae are released from intermediate hosts in aquatic environments, thereby becoming a potential food source for other animals in the local food web. In this study, we estimated rates of cercaria consumption by potential predators in the Chany Lake–Kargat River estuary, western Siberia. We also conducted feeding experiments to investigate whether coexisting aquatic invertebrates are able to use cercariae as a food source.

Three species of trematodes, *Echinoparyphium aconiatum*, *Plagiorchis multiglandularis*, and *Plagiorchis elegans*, were used in feeding experiments. We examined cercaria predation by six groups of aquatic organisms: *Simocephalus* sp. (Cladocera), *Asellus aquaticus* (Isopoda), *Gammarus lacustris* (Amphipoda), mayfly nymphs (Ephemeroptera), *Ilyocoris cimicoides* (Heteroptera), and damselfly nymphs (Zygoptera). We selected these invertebrates based on their co-occurrence with trematodes at our study sites. We collected three species of trematode cercariae released from freshwater snails (*Lymnaea stagnates*). For each feeding experiment, we introduced predators of a single species into three polypropylene vessels containing filtered river water with 50–100 cercariae. After 3–4 h, we removed the predators and counted any remaining cercariae. We adjusted the numbers of predators and the water volume in experimental vessels according to the size of each predator species. Control vessels, containing cercariae with no predators, were established for each experiment to determine the senescence rate of cercariae during the experiment period. The vessels were kept in a water bath at 23°C under ambient room light. We also checked for infection with two species of *Plagiochis* cercaria (which are able to penetrate invertebrates as second intermediate hosts) by necropsying predators after feeding experiments to quantify encysted parasites.

Table 1 shows the mean cercarial consumption rate of the aquatic predators. The large cercariae of *E. aconiatum* were vulnerable to predation by *G. lacustris* and damselfly nymphs, but were not effectively predated by *A. aquaticus*, *I. cimicoides*, mayfly nymphs, or *Simocephalus* sp. All predators besides *I. cimicoides* consumed the small cercariae of *P. multiglandularis* and *P. elegans* at a high rate, with a mean consumption rate of 1.9–15.3 cercariae per hour per predator. Interestingly, most of these predators were infected with *P. elegans* and mayfly and damselfly nymphs were also penetrated by *P. multiglandularis*. These results suggest that free-living parasites and coexisting animals may represent both host–parasite and prey–predator links in the food web of the Chany Lake–Kargat River estuary.

Table. Mean cercarial consumption rates of predators (No. of cercariae/h/predator, n = 3 per experiment).

Predator		Cercaria		
	Size of predators (mm)	*Echinoparaphium aconiatum* 0.689 ± 0.016[a]	*Plagiorchis multiglandularis* 0.29 ± 0.04[a]	*Plagiorchis elegans* 0.262 ± 0.021[a]
Simocephalus sp.	1.4-2.0	0.2	1.6	2.2*
Asellus aquaticus	2.7-3.8	0	9.0	1.9*
Asellus aquaticus	5.3-6.0	*n. d.*	14.4	*n. d.*
Gammarus lacustris	3.0-9.6	12.0, 15.3[b]	9.1, 7.0[b]	14.4, 15.3[b] *
Mayfly nymphs	1.8-2.2	0	3.7*	1.1, 2.7[b] *
Ilyocoris cimicoides	10.8-11.5	0	0	0
Damselfly nymphs	3.6-8.0	3.6	0, 0*	5.5*
Damselfly nymphs	6.3-15.2	0.9	7.6, 4.4[b] *	3.0*

[a]the body length of cercariae (mm, without tail), [b]mean rates of 2 expreiments, *predators were infected by *Plagiochis* species, *n. d.* no data

Shiretorova V.G., Pavlov I.A., Radnaeva L.D., Tulokhonov A.K.

CHEMICAL COMPOSITION OF WATER AND SEDIMENTS OF THE BARGUZIN RIVER AND ITS TRIBUTARIES

Baikal Institute of nature management SB RAS, Ulan-Ude, 6 Sakhyanova str.
vshiretorova@rambler.ru

The results of river Barguzin (one of the main Baikal tributaries) and its tributaries water research are presented. The research was conducted in 2016 during various hydrological seasons at the reference points along the river Barguzin – from the village Kurumkan till the place where the river flows into the lake Baikal and at the rivers Argada and Ina. Physicochemical parameters and ionic composition of water, elemental composition of water and bottom sediments are determined.

Ширеторова В.Г., Павлов И.А., Раднаева Л.Д., Тулохонов А.К.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕКИ БАРГУЗИН И ЕГО ПРИТОКОВ

Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6,
vshiretorova@rambler.ru

Река Баргузин – третий по водности приток оз. Байкал. Берет начало в пределах северо-западных отрогов Южно-Муйского хребта со склонов безымянной вершины и впадает через Баргузинский залив в оз. Байкал. Длина реки 480 км, площадь водосбора 21100 км^2. В питании реки преобладают дождевые воды; доля талых вод составляет 30-35% годового объема стока (Богданов, 1986; Намсараев и др., 2007). В бассейне реки развито сельскохозяйственное производство, в том числе орошаемое земледелие, река имеет большое рыбохозяйственное значение. Среднемноголетний расход воды – 130 м^3/с (4,1 км^3/год). 2015 и 2016 гг. были маловодными для р. Баргузин – по данным Росгидромета годовой сток составил 2,13 и 2,47 км^3/год соответственно.

В работе представлены результаты исследований, проведенных в 2016 г. Отбор проб проводился в различные гидрологические сезоны в реперных точках по р. Баргузин – от пос. Курумкан до места впадения в Байкал и на реках Аргада и Ина. По результатам проведенных исследований pH воды в р. Баргузин и ее притоках составлял 7,1-8,7. Газовый режим был благоприятным: содержание растворенного кислорода составляло 7,1-18,6 мг/дм^3 с максимумами весной и осенью, и минимумом – летом. По сезонам 2016 г. сумма ионов в водах изменялась в пределах, мг/дм^3: р. Баргузин – 118-190, р. Аргада – 115-259, р. Ина – 82-127, с максимумами в период зимней межени, минимумом – в период половодья и дождевых паводков. Вниз по течению минерализация поверхностных вод р. Баргузин снижается вследствие разбавления водами рек Аргада и Ина.

По химическому составу вода р. Баргузин и ее притоков относится к гидрокарбонатному классу, группе кальция. Содержание гидрокарбонатов в течение года изменялось в воде р. Баргузин в пределах 73-128 мг/дм^3, р. Аргада – 77-193 мг/дм^3, р. Ина – 81-47 мг/дм^3. Содержание сульфатных и хлоридных ионов в 2016 г. в воде рр. Баргузин, Аргада, Ина было невысокое: 10,0-14,7; 5,3-7,6; 13,2-14,5 мг/дм^3 сульфатов, и хлоридов 0,3-0,6 мг/дм^3, 0,2-0,3 и 0,2-0,5 мг/дм^3 соответственно. Содержание кальция составило в воде р. Баргузин 22,3-39,4 мг/дм^3; р. Аргада – 19,5-45,3 мг/дм^3; р. Ина – 14,3-20,8 мг/дм^3. Содержание магния примерно на порядок ниже чем кальция, что характерно для воды этих рек. Концентрация главных ионов и их суммарное содержание в воде р. Баргузин и его притоков в 2016 г. в многолетнем аспекте сопоставимы с данными 2011 г. (Сороковикова и др., 2015).

По результатам определения металлов следует отметить высокое содержание железа (1,3ПДК$_{р/х}$) весной в воде р. Баргузин, в остальные периоды концентрация не превышала ПДК и составляла 0,036-0,129 мг/дм^3. В р. Аргада превышение (8,5ПДК$_{р/х}$) наблюдалось только в зимний период, что обусловлено подземным питанием реки вследствие почти полного ее промерзания. Содержание меди на уровне 11,9ПДК$_{р/х}$ наблюдалось зимой в устье р. Баргузин, в остальные сезоны концентрация меди снижалась до минимальных значений. Содержание меди на уровне 1,6-17,2 ПДК$_{р/х}$ определялось во все сезоны в р. Ина с максимумом зимой и минимумом осенью, в р. Аргада составляло от 1,8 (летом) до 13 ПДК$_{р/х}$ (зимой). Превышение ПДК$_{р/х}$ по содержанию свинца в воде фиксировали только в р. Баргузин, весной (0,016 мг/дм^3). По содержанию марганца в воде рек максимальные концентрации были весной в р. Баргузин, и зимой в р. Аргада (до 243 ПДК$_{р/х}$), что обусловлено практически полным промерзанием этой реки. В межгодовом аспекте наблюдалось повышенное содержание ТМ относительно 2011 г. (Урбазаева и др., 2016), что объясняется низкой водностью р. Баргузин в 2015-2016 гг.

Анализ образцов донных отложений р. Баргузин и его основных притоков р. Аргада, р. Ина показал, что содержание тяжелых металлов в ДО самой р. Баргузин выше, чем в перечисленных притоках и после населенных пунктов п. Баргузин в ДО идет накопление железа (22,6 г/кг) и свинца (28,4 мг/кг), в п. Усть-Баргузин меди (8,5 мг/кг). В донных отложениях сорбция металлов снижается в ряду Zn>Pb>Cu>Cd. Согласно классификации донных отложений природных вод по оценке загрязненности тяжелыми металлами, донные отложения р. Баргузин можно отнести к незагрязненным.

Исследование выполнено в рамках государственного задания БИП СО РАН (проект №0339-2016-0003) и при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №17-29-05085.

Shirokova Yu.A.[1], Madyarova E.V.[1, 2], Vereshchagina K.P.[1, 2], Shatilina Zh.M.[1, 2], Timofeyev M.A.[1]

THE INFLUENCE OF GRADUAL CHANGE IN AMBIENT TEMPERATURE ON THE LIPID PEROXIDATION PROCESS OF BAIKAL DEEPWATER AMPHIPODS OMMATOGAMMARUS FLAVUS

[1]Institute of Biology, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
[2]Baikal Research Centre, Irkutsk, Russia

The purpose of the study was to estimate the influence of gradual change in ambient temperature on lipid peroxidation process of deepwater Baikal endemic amphipod species *Ommatogammarus flavus*. *O. flavus* amphipods were kept from 100 m depth in Bolshie Koty bay (South Baikal) with deepwater traps. Control groups were fixed after a week of laboratory acclimation, ambient temperature was 4°C. There were two types of experimental exposition: 1) gradual increase of ambient temperature (1°C) from 4 to 22°C; 2) gradual decrease of ambient temperature from 4 to 0,5°C. The level of lipid peroxidation products such as diene conjugates, triene conjugates and Schiff bases was measured. According to results, the diene conjugates level increase was shown in neutral lipids (at 14°C) and in phospholipids (at 18°C). We also noted the Schiff bases level decrease in neutral lipids at 1 and 8°C. Thus results demonstrate both low production rate of reactive oxygen species and specific mechanisms of lipid protection adaptation of Baikal deepwater amphipods.

Широкова Ю.А.[1], Мадьярова Е.В.[1, 2], Верещагина К.П.[1, 2], Шатилина Ж.М.[1, 2], Тимофеев М.А.[1]

ВЛИЯНИЕ ГРАДИЕНТНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СРЕДЫ НА ПРОЦЕССЫ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ У БАЙКАЛЬСКИХ ГЛУБОКОВОДНЫХ АМФИПОД OMMATOGAMMARUS FLAVUS

[1]ФГБОУ ВО ИГУ, НИИ биологии, г. Иркутск, Россия
[2]Байкальский исследовательский центр, г. Иркутск, Россия
yuliashirokova2501@gmail.com

Целью настоящего исследования была оценка влияния гипо- и гипертермии на уровень продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) у байкальских глубоководных амфипод *Ommatogammarus flavus*. Отлов *O. flavus* осуществляли с глубины 100 метров в бухте Большие Коты (Южный Байкал) при помощи глубоководных ловушек. Перед экспериментами амфипод акклимировали при температуре 4ºС в течение недели. В данной работе были проведены два типа экспериментов: 1) экспозиция организмов в условиях постепенного (1°С/ч) повышения температуры среды с 4°С (температура обитания, температура акклимации) до 22°С; 2) экспозиция организмов в условиях постепенного (1°С/ч) понижения температуры среды с 4°С до 0,5°С.

Амфипод экспонировали в аэрируемых термостатируемых аквариумах. В ходе эксперимента определенное количество амфипод было зафиксировано в жидком азоте при достижении следующих температур: 0,5, 1, 2, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, и 22°С. Контрольная группа особей была зафиксирована перед началом экспериментов (при 4°С). Содержание продуктов ПОЛ (диеновые конъюгаты (ДК), триеновые конъюгаты (ТК) и основания Шиффа (ОШ)) оценивали в нейтральных липидах (НЛ) и фосфолипидах (ФЛ) спектрофотометрическим методом (Дерюгина и др., 2010). Статистическую обработку данных проводили в пакете анализа Past3 с использованием t-критерия Стьюдента и непараметрического критерия Манна-Уитни.

Уровень ДК, ТК и ОШ во фракции НЛ у животных, зафиксированных сразу после поднятия с глубины 100 м, составил 0,64±0,13, 0,050±0,009 и 0,031±0,005 усл. ед. соответственно. Во фракции ФЛ базовый уровень перечисленных продуктов ПОЛ насчитывал 0,376±0,045, 0,19±0,03 и 0,031±0,013 усл. ед.

Показано, что уровни ДК, ТК и ОШ у амфипод контрольной группы (т.е. у амфипод, акклимированных в лабораторных условиях в течении 7 дней) не отличаются от таковых у особей, зафиксированных сразу после вылова, что может свидетельствовать об отсутствии окислительного стресса как при поднятии животных с глубины, так и при лабораторной акклимации. Так, уровень ДК, ТК и ОШ в НЛ составил 0,56±0,21, 0,054±0,011 и 0,023±0,005 усл. ед. соответственно. Во фракции ФЛ контрольные уровни вышеуказанных продуктов ПОЛ составили 0,42±0,05, 0,21±0,05 и 0,021±0,005 усл. ед. соответственно.

Повышение уровня ДК во фракции НЛ отмечали при повышении температуры среды до 14°С – 1,02±0,32 усл. ед., но при дальнейшей экспозиции уровень ДК снижался до контрольных значений. Уровень ТК в НЛ статистически значимо не изменялся в сравнении с контролем как при понижении температуры, так и при гипертермии. Наблюдали достоверное понижение уровня ОШ в НЛ при понижении температуры воды до 1°С (0,014±0,007 усл. ед.), а также при повышении температуры до 8°С (0,015±0,006 усл. ед. Продолжение экспозиции вело к восстановлению уровня ОШ в НЛ до контрольных показателей.

Во фракции ФЛ было выявлено временное повышение уровня ДК до 0,50±0,04 усл. ед. (при 18°С). Уровень ТК и ОШ в ФЛ достоверно не изменялся как в условиях понижения температуры среды, так и при гипертермии.

Повышение уровня ДК, являющихся первичными продуктами ПОЛ, свидетельствует об окислительных повреждениях мембран при гипертермии. Однако, быстрое восстановление уровня ДК до контрольных значений и отсутствие повышения уровня конечных продуктов ПОЛ, таких как ТК и ОШ при изменении температуры среды указывает как на низкую выработку активных форм кислорода у

глубоководных амфипод, так и на наличие у них специфических адаптаций, позволяющих защитить липиды от повреждающих воздействий.

Настоящее исследование проведено при частичной финансовой поддержке проектов РНФ (17-14-01063), РФФИ (17-44-388067-р_а), Гранта президента РФ МК-6804.2018.4, проектов Минобрнауки Госзадание РФ 6.9654.2017/8.9 и 6.12735.2018/12.2, а также Фонда поддержки прикладных экологических разработок и исследований «Озеро Байкал».

Shishlova M.A., Bykovskaya N.V.

CHEMICAL-GENETIC ASSESSMENT OF WATERCOURSES WITH THE CONTENT OF HEAVY METALS IN RIVER WATER

Far Eastern Federal University, branch in Ussuriysk, Ussuriysk, Nekrasova St., 35
shishlova1@rambler.ru; bykovskaya_1968@mail.ru,

River ecosystems accumulate and transform pollutants into more toxic, mutagenic compounds. The strongest genotoxicants in river water are heavy metals, so in the changing conditions of the anthropogenic press it is necessary to constantly monitor the quality of river water and assess its toxic effect on biota.

Researches of dependence of genotoxic (mutagenic and recombinogenic) activity of river water of streams of Ussuriysk of Primorsky Krai on degree of its pollution by heavy metals, such as Zn, Cu, Ni, Cd, Pb were conducted. To assess the mutagenic and recombinogenic activity of river water, which characterizes the degree of water pollution by genotoxicants, we used biotesting – genetic test-system “Somatic soybean mosaic”. This test system allows taking into account a wide range of cytogenetic disorders: somatic crossingover, gene (point) mutations, chromosomal deletions, and aneuploidy. The tested water induces cytogenetic disorders, therefore, it contains genotoxicants. Determined the concentrations of heavy metals in the rivers of the Rakovka, Komarovka, Razdolnaya and installed cytogenetic (mutagenic and recombinogenic) activity of water from watercourses in the city of Ussuriysk in the spring (May) and autumn (October) periods for the 2014-2018. Water samples containing high concentrations of Pb and Cd were found to increase the incidence of single spots in light green soybean plants by 10-40 times compared to control.

Шишлова М.А., Быковская Н.В.

ХИМИКО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДОТОКОВ ПО СОДЕРЖАНИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РЕЧНОЙ ВОДЕ

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», филиал в г. Уссурийске
г. Уссурийск, ул. Некрасова, 35
shishlova1@rambler.ru; bykovskaya_1968@mail.ru

В речных экосистемах происходит накопление и трансформация загрязняющих веществ в более токсичные, мутагенные соединения. Наиболее сильными генотоксикантами в речной воде являются тяжёлые металлы, поэтому в меняющихся условиях антропогенного пресса необходим постоянный контроль качества речной воды и оценка ее токсичного действия на биоту.

Проводились исследования зависимости генотоксической (мутагенной и рекомбиногенной) активности речной воды водотоков г. Уссурийска Приморского края от степени ее загрязнения тяжелыми металлами, такими как Zn, Cu, Ni, Cd, Pb. Для оценки мутагенной и рекомбиногенной активности речной воды, которая характеризует степень загрязнения воды генотоксикантами, использовали биотестирование – генетическую тест-систему «Соматический мозаицизм сои». Данная тест-система позволяет учитывать широкий круг цитогенетических нарушений: соматический кроссинговер, генные (точковые) мутации, хромосомные делеции, анеуплоидию. Тестируемая вода индуцирует цитогенетические нарушения, следовательно, она содержит генотоксиканты. Определены концентрации тяжелых металлов в реках Раковке, Комаровке, Раздольной и установлена цитогенетическая (мутагенная и рекомбиногенная) активность воды из водотоков г. Уссурийска в весенние (май) и осенние (октябрь) периоды 2014- 2018 гг. Выявлено, что пробы воды, содержащие высокие концентрации Pb и Cd, вызывают увеличение частоты возникновения одиночных пятен у светло-зеленых растений сои в 10–40 раз по сравнению с контролем.

Shishlyannikova T.A., Lipko I.A., Shtykova Y.R., Fedorova G.A., Belyh O.I.

SCREENING OF NACTIN-PRODUCING ACTINOMYCES STRAINS ISOLATED FROM LAKE BAIKAL

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
tatiano@mail.ru

We carried out screening of nactin-producing Actinomyces strains isolated from various ecological nishes of Lake Baikal. Our findings revealed that 27% strains produce nactins. In this work a method for selective extraction and with the subsequent analysis of samples with HPLC-MS allows to quickly and reliably identify nactin-producing strains and the composition of nactin derivatives in analyzed extracts.

Шишлянникова Т.А., Липко И.А., Штыкова Ю.Р., Фёдорова Г.А., Белых О.И.

СКРИНИНГ НАКТИН-ПРОДУЦИРУЮЩИХ ШТАММОВ АКТИНОМИЦЕТ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
tatiano@mail.ru

Актиномицеты широко распространены во всех экологических нишах озера Байкал – в воде, в осадках и в ассоциации с различными водными организмами. В природных условиях важной функцией микроорганизмов является продуцирование соединений, активирующих или подавляющих жизнедеятельность других микроорганизмов, растений и животных. Секреция антибиотиков – это проявление антагонизма между видами микроорганизмов, а также стратегия выживания микроорганизмов в бактериальных ассоциациях.

Нами были исследованы 26 штаммов актиномицет, выделенных из различных экотопов озера Байкал (вода с различных глубин, губки, донные осадки, обрастания льда). Культуры были выращены на среде СР1 в течение 10 суток для выявления потенциальных продуцентов антибиотиков группы нактинов. Культуральную жидкость вместе с клетками экстрагировали этилацетатом (25%, v/v), затем полученный экстракт упаривали досуха и растворяли в гексане. Ранее нами было показано, что гескан является лучшим селективным растворителем для нактинов. Идентификации нактинов была выполнена с помощью метода ВЭЖХ-МС (Agilent LC(1200)/MSD(6210)).

На основе полученных данных, нами показано, что 27% исследуемых штаммов актиномицетов вырабатывают смесь нактинов. При этом пять штаммов-продуцентов нактинов были выделены из водной толщи озера, один штамм был выделен из губки *L. baicalensis* и один из осадка Байкала. Профиль нактинов, вырабатываемых байкальскими актиномицетами, представлен семью соединениями-гомологами: нонактин, монактин, динактин, тринактин, тетранактин, маротетралид С, макротетралид В, макротетралид, причем преобладают в смеси динактин и тринактин. Таким образом, различные экотопы оз. Байкал содержат актиномицеты, способные к выработке нактинов. Нактины проявляют широкий диапазон активности, от антимикробной до инсектицидной, акарицидной, коцидиостатической и антигельминтной. Также нами было показано, что природная смесь антибиотиков группы нактинов активна только в отношении Грамм-положительных бактерий природных штаммов. Способность штамма к выработке нактинов может служить преимуществом в борьбе за выживание в микробных сообществах.

Представленный метод селективной экстракции с последующим анализом ВЭЖХ-МС позволяет быстро и надежно выявлять штаммы-продуценты нактинов и состав смеси антибиотиков группы нактинов.

Shitova M.V.[1], Nikiforova F.I.[2], Rubtsova G.A.[1], Afanasyev K.I.[1], Malinina T.V.[1], Prokhorovskaya V.D.[1], Rakitskaya T.A.[1], Zhivotovskiy L.A.[1]

POPULATION GENETIC PATTERN OF CHUM SALMON *(ONCORHYNCHUS KETA)* IN THE NORTHERN PART OF ITS HABITAT

[1]Vavilov Institute of General Genetics RAS, Gubkina str. 3, Moscow, Russia
[2]Moscow State Institute of International Relations, Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, 76, Prospect Vernadskogo Moscow, Russia
shitova-m@rambler.ru

The work objective was to assess genetic diversity and population genetic pattern of chum salmon in the northern part of the habitat.

Chum salmon has the most expanded habitat amongst all the salmons of the North Pacific Region. In the North Asian part of the habitat, chum spawns in tributaries of the Arctic Ocean including the Lena River. The South Asian part of its habitat expands to the rivers of the Korean Peninsula. Here we study population genetic pattern and genetic diversity of chum in the northern part of its habitat inhabited by this species much later than the southern one. The data are compared with those obtained in the southern part of the chum habitat.

We analysed 12 series (576 samples) of chum in 10 microsatellite loci from six localities (Anadyr, Belaya, Velikaya, Kanchalan, Tumanskaya and Khatyrka rivers).

The genetic diversity of the series is compatible with the diversity of the samples from the northern part of the habitat (Magadan, Kamchatka).

The average number of the alleles in all regions is approximately eight; the mean predicted heterozygosity varies about 66%. The discrepancies in mean predicted heterozygosities amongst the Kamchatka – Magadan – Chukotka regions are not credible. This can bear evidence of an almost equal genetic diversity in chum of this area.

The genetic differentiation degree of the Chukotka series averages 0.05% (bootstrap intervals lie in the range 0.25-0.34%), the negative lower value of the bootstrap interval suggests an unreliability of the value. This can bear evidence both of a poor heterogeneity of the Chukotka chum populations and of an insufficient resolution ability of the 10 microsatellite loci set in identifying so small differentiation values.

The Chukotka series differ from the Magadan ones; the differentiation degree between the Chukotka and Magadan population is 1% [bootstrap interval lie in the range 0.37-1.6%, the value is credible].

They also differ from the Kamchatka chum – the differentiation degree is 1.15% [bootstrap interval lie in the range 0.7-1.6%, the value is credible].

The results show that the Chukotka chum is weakly diversified form the genetic point of view, but the pattern of the Chukotka stock reliably differs from the patterns of the Magadan and Kamchatka stock. This

allows an individual identification of Chukotka chum and gives a possibility to distinguish it from chum of other areas. The genetic diversity of the Chukotka chum is compatible with the diversity of other populations in the northern part of the habitat thus bearing evidence of a stability of genetic patterns of chum in this area.

The work is done within the State Assignment №112-2018-0021 with support of the Program of the Presidium of RAS №41 “Biodiversity of Natural Systems and Biological Resources of Russia” (sampling), and the RFBR grant №15-29-02421 (DNA analysis of biological samples).

Шитова М.В.[1], Никифоров А.И.[2], Рубцова Г.А.[1], Афанасьев К.И.[1], Малинина Т.В.[1], Прохоровская В.Д.[1], Ракицкая Т.А.[1], Животовский Л.А.[1]

ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КЕТЫ (*ONCORHYNCHUS KETA*) СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ АРЕАЛА

[1]Институт Общей Генетики им. Н.И. Вавилова РАН, РФ, Москва, ул. Губкина, д. 3
[2]Московский государственный институт международных отношений МИД России, РФ, Москва, проспект Вернадского, д. 76
shitova-m@rambler.ru

Цель работы: оценка генетического разнообразия и популяционно-генетической структуры кеты северной части ареала.

Среди всех лососевых, обитающих в северной Пацифике, кета является видом с наиболее широким ареалом обитания. На азиатской части ареала кета заходит на нерест в реки Северного Ледовитого океана, доходя до р. Лена. На южной границе ареала – распространена до рек Кореи. В данном исследовании рассматривается северная часть ареала кеты, на которой данный вид расселился гораздо позже, чем в южной части. В связи с этим представляется интересным изучить популяционно-генетическую структуру и генетическое разнообразие кеты из северной части ареала и сравнить полученные данные с аналогичными показателями в южной части её ареала.

В работе было проанализировано 12 выборок (576 образцов) кеты по 10 микросателлитным локусам из шести локальностей (р. Анадырь, р. Белая, р. Великая, р. Канчалан, р. Туманская, р. Хатырка).

Генетическое разнообразие Чукотских выборок сравнимо с разнообразием других выборок северной части ареала (Магадан, Камчатка). Среднее число аллелей во всех регионах примерно равно 8, а средняя ожидаемая гетерозиготность варьирует около 66%. Различия в средних ожидаемых гетерозиготностях между регионами Камчатка – Магадан – Чукотка, не достоверны, что говорит о примерно одинаковом уровне генетического разнообразия в популяциях этого района ареала кеты. Степень генетической дифференциации Чукотских выборок в среднем равна 0,05% (бутстрэпп-интервал в зависимости от выбранных наборов локусов может варьировать от – 0,25 до 0,34%), отрицательное значение нижней границы бутстрэпп-интервала говорит о недостоверности этого значения. Данная ситуация может свидетельствовать о слабой гетерогенности популяций Чукотки и недостаточной разрешающей способности набора из 10-ти микросателлитных локусов для выявления таких маленьких значений дифференциации. Чукотские выборки отличаются от Магаданских выборок – степень дифференциации между Чукотскими и Магаданскими популяциями 1% [бутстрэпп-интервал от 0,37 до 1,6% – значение достоверно]. Также, они отличаются от камчатских популяций – степень дифференциации 1,15% [бутстрэпп-интервал от 0,7 до 1,6% – значение достоверно]. Результаты анализа показали, что кета рек Чукотки имеет слабую генетическую подразделеность, но комплекс Чукотских стад достоверно отличается от комплекса Магаданских и Камчатских стад, что дает основу для индивидуальной идентификации особей кеты рек Чукотки и возможность отличать ее от кеты других регионов. Генетическое разнообразие чукотской кеты сравнимо с разнообразием других популяций северной части ареала, что говорит о стабильности генетических характеристик кеты этого региона.

Работа выполнена по теме государственного задания №112-2018-0021 при поддержке программы Президиума РАН №41 «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России» (сбор материала) и гранта РФФИ №15-29-02421 (ДНК-анализ биологических образцов).

Shkiria M.[1, 2], Tereshkin S.[2], Davidenko Y.[1, 2, 3], Petrischev M.[4, 5]

THE USE OF THE COMPLEX ELECTROMAGNETIC SOUNDINGS FOR SEARCH OF DEPOSITS OF HYDROCARBONS IN LANDFALL WET SECTION OF THE SHIELD

[1]IRNRTU, 83, Lermontov St, 664074 Irkutsk, Russian Federation
[2]LLC «Gelios», Russia, 664074, Irkutsk, Lermontova street, 83a, office 207
[3]Institute Of The Earth’s Crust, Russia 664033, Lermontova St., 128, Irkutsk
[4]VEGA Geophysics Ltd, Russia, Saint-Petersburg, 192012, Obukhov Defense St, 120b, office 427
[5]Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, the Ionosphere and Radio Wave Propagation Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, 199034, University embankment St, 5
geophys@geo.istu.edu

In March 2017, experimental and methodological work was carried out on Lake Baikal in order to test the equipment in conditions as close as possible to the conditions of work in the transit zone of the shelf In modem conditions, the search for hydrocarbons in the shallow-water transit zone is most important, where shooting technologies are not realizable when the vessel moves.

Шкиря М.С.[1, 2], Терёшкин С.А.[2], Давыденко Ю.А.[1, 2, 3], Петрищев М.С.[4, 5]

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ ДЛЯ ПОИСКА ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ШЕЛЬФА

[1]ИРНИТУ, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83
[2]ООО «Гелиос», 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83а, оф. 207
[3]Институт земной коры СО РАН, 664033 г. Иркутск, ул. Лермонтова д. 128
[4]ООО «ВЕГА», Санкт-Петербург, 192012, а/я 17, пр. Обуховской Обороны, д. 120-Б, бизнес-центр «Новотроицкий», офис 427
[5]СПбФ ИЗМИРАН, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д.5, Лит. Б. п/я 10
geophys@geo.istu.edu

Площадь континентального шельфа России составляет около 5 млн км^2 – это пятая часть площади шельфа Мирового океана. Около 70% его площади перспективны с точки зрения полезных ископаемых, в первую очередь нефти. За все время изучения российского шельфа пробурено свыше 250 морских скважин, однако изученность его остается крайне низкой. Она примерно в двадцать раз ниже изученности шельфа Норвегии и в 10 раз ниже – американской части Чукотского моря. При этом, стратегией развития геологической отрасли ставится задача по повышению изученности территории РФ, её континентального шельфа и акваторий внутренних морей до 50% к 2020 году.

На российском шельфе лидирующую роль в проведении морских электроразведочных работ занимает ДНМЭ, эффективно работающий на глубинах моря от 5 до 1000 км, но в транзитной части шельфа эта технология при движении судна слабо реализуема и затратна. В отличии от технологии ДНМЭ технология ЭМЗ-ВП отлично подходит для работ в транзитной части шельфа за счет зафиксированной генераторной линии, позволяя, тем самым, проводить площадные работы с высокой экономической эффективностью.

Комплексный подход с применением стартстопных технологий МТЗ и ЭМЗ-ВП позволит расширить возможность выполнения работ при глубинах моря от 0-2 км и более уверенно выделять залежи, расположенные на глубинах до 5-7 км и более.

В марте 2017 г. проводились опытно-методические работы на оз. Байкал в районе поселка Большое Голоустное. Актуальность работ, заключается в применении новой технологии для решения задачи поиска залежей углеводородов в прибрежной мелководной зоне. Целью работ являлась разработка технологии регистрации и совместной обработки данных с контролируемым и естественным источниками электромагнитных полей.

Для решения поставленной задачи, выполнялись исследования возбуждения и регистрации переходных процессов, а также временных рядов измерительной установкой линия-линия в эталонной среде с известным удельным электрическим сопротивлением (УЭС). Выполнялись испытания установок линия-линия с использованием коммутаторов ВП-1000м и ЭРГ-120 и приемного АПЭК «Марс», а также проводились испытания двух магнитотеллурических станций «ВЕГА».

Одной из задач, которая ставилась в рамках данного исследования – это получить опыт работы технологией магнитотеллурических зондирований (МТЗ) с контролируемым источником. Заземление приемных линий, осуществлялось свинцовыми неполяризующимися электродами, которые заземлялись в пробуренные во льду лунки. После первичной обработки данных электромагнитных зондирований была выполнена их инверсия в рамках одномерных и трехмерных моделей с учетом поляризуемости. Так для первичной обработки данных МТЗ использовалась программа EMProcessor, кривые зондирования были загружены в программу ZondMT2D для последующей инверсии. При этом в качестве стартовой модели использовались результаты одномерной инверсии данных ЭМЗ-ВП.

По результатам работ выполнен сравнительный анализ технических характеристик коммутаторов ЭРГ-120 и ВП-1000м. Сопоставление обработанных кривых с коммутаторов, записанных от соосной установки линия-линия, показало, что сходимость модельной и наблюденной кривых в среднем по профилю имеет одинаковое значение. По результатам инверсии данных МТЗ сопротивление байкальской воды составило 270 Ом*м, что несколько выше значений, подученных по результатам инверсии ВЭЗ – двуслойной модели с УЭС 180 и 240 Ом*м.

Была составлена общая геоэлектрическая модель, которая использовалась для решения обратной задачи. Данные ЭМЗ-ВП использовались в качестве опорных значений модели верхней части разреза при интерпретации кривых МТЗ. По результатам моделирования был получен общий геоэлектрический разрез, представляющий собой шестислойную среду. Модель, построенная по данным МТЗ имеет приемлемую сходимость с моделью ЭМЗ-ВП и не противоречит общей геологической ситуации.

По результатам проведения опытно-методических работ можно сделать вывод, что тестирование технологий МТЗ и ЭМЗ-ВП оказалось успешным. В результате опытов установлено, что для выделения аномалий ВП на глубине от 300 до 700 м от уровня поверхности моря, длина питающего диполя должна составлять не менее 1000 м. Комплексный подход с применением технологий МТЗ и ЭМЗ-ВП позволит расширить возможность выполнения работ при глубинах моря от 0-2 км и более уверенно выделять залежи, расположенные на глубинах до 5-7 км и более. Результаты, полученные в результате работ, выполненных по технологии ЭМЗ-ВП с применением установки линия-линия, говорят об эффективности применения данной технологии для поисковых работ на шельфе в комплексе с МТЗ.

Shorina N.V.[1, 2], Klimov S.I.[1], Haipova A.H.[2]

DYNAMICS OF IRON DISTRIBUTION IN THE BOREAL ARCTIC RIVER SEVERNAYA DVINA

[1]Federal Center for Integrated Arctic Research RAS (FCIArctic RAS)
[2]Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
nvshorina@yandex.ru

Analysis of the iron content over a 30-year period based on the average annual values of the section of the river in the district of Ust-Pinega (left bank) revealed the following correlations with C_{org} (R = 0.37, n = 290, p≤0.05), the water color (R=0.52, n=225, p≤0.05), Si (R=0.53, n=290, p≤0.05) and P (R=0.61, n=290; p≤0.05). The significance level for the Mann-Kendall test was 0.96. Such a relationship with the above indicators was established in the analysis of data on the right bank. The significance level for the Mann-Kendall test was 0.99.

Analysis of data on the station near the railway bridge (right bank) showed the significance level of the trend for the Mann-Kendall test of 0.79. Also, the Fe bond was established with the water color (R=0.51, n=244, p≤0.05) and COD (R=0.41; n=251; p≤0.05). In June and August, respectively, the relationship between iron and silicon is shown (R=0.48, n=30, p≤0.05, R=0.48, n=34, p≤0.05) and water flow rate (R=0.68, n=30, p≤0.05, R=0.60, n=34, p≤0.05). Analysis of the data on iron content in the river water in the seasonal aspect over a 30-year period showed a tendency to increase its concentration in the winter, summer and spring periods. Fe concentrations in the Severnaya Dvina River on the basis of our data on the right bank for 2013-2016 correlated with C_{org} (R=0.53, n=20, p≤0.05), the water color (R=0.64, n=25, p≤0.05), and P (R=-0.56, n=25, p≤0.05), both in the spatial and temporal distribution. A significant correlation between C_{org} and the water color was also noted (R=0.84, n=20, p≤0.05).

The relationship between the chemical and hydrological variables of the catchment is shown, which confirms the general trend of increasing iron and color of waters in northern boreal regions, for example, in rivers and river estuaries in Northern Europe and North America.

The study was carried out with the financial support of the FAO Russia within the framework of the project №0409-2015-0140 and the UrB RAS Program №18-9-5-29.

Шорина Н.В.[1, 2], Климов С.И.[1], Каипова А.Х.[2]

ДИНАМИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА В БОРЕАЛЬНОЙ АРКТИЧЕСКОЙ РЕКЕ СЕВЕРНОЙ ДВИНЕ

[1]Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова РАН, Архангельск, Набережная Сев. Двины, 23
[2]Северный Арктический федеральный университет имени М.В. Ломоносова
nvshorina@yandex.ru

Железо (Fe) играет важную роль в глобальных биогеохимических циклах P, C, S, способствуя постоянному увеличению цветности пресных вод, а наблюдающиеся тенденции роста концентраций Fe могут значительно повлиять на водные экосистемы. Для лучшего понимания общих закономерностей глобальных биогеохимических циклов, в т.ч. и железа, наблюдения следует проводить, изучая закономерности циклов на региональном и локальном уровнях конкретных природных зон.

На примере бореальной арктической реки Северной Двины, проведен анализ пространственно-временной динамики распределения железа. Для анализа выбраны участки реки района железнодорожного моста и д. Усть-Пинега. Анализ выполнялся на основе собственных данных и данных Гидрометслужбы за период с 1985-2017 гг. Оценка изменения содержания железа проводилась по среднегодовым значениям, кроме того временные тренды строились сезонно по месяцам. Статистическую обработку данных проводили в STATISTICA 10. Значимость тренда находили с помощью непараметрического корреляционного анализа по методу Mann-Kendalla.

Анализ содержания железа за 30-летний период по среднегодовым значениям участка реки в р-не д. Усть-Пинеги (левый берег) выявил следующие корреляционные зависимости с Сорг (R=0,37; n=290, p≤0,05), показателем цветности (R=0,52; n=225, p≤0,05), Si (R=0,53; n=290, p≤0,05) и P (R =0,61; n=290, p≤0,05). Уровень значимости по тесту Mann-Kendalla составил 0,96. Подобная взаимосвязь с вышеперечисленными показателями была установлена при анализе данных по правому берегу. Уровень значимости по тесту Манна-Кендалла составил 0,99.

Анализ данных по станции вблизи железнодорожного моста (правый берег) показал уровень значимости тренда по тесту Mann-Kendalla 0,79. Также была установлена связь Fe с показателями цветности (R=0,51; n=244; p≤0,05) и ХПК (R=0,41; n=251; p≤0,05). В июне и августе, соответственно, показана взаимосвязь железа с кремнием (R=0,48; n=30; p≤0,05; R=0,48; n=34; p≤0,05) и расходом воды (R=0,68; n=30; p≤0,05; R=0,60; n=34; p≤0,05). Анализ данных по содержанию железа в воде реки в сезонном аспекте за 30-летний период показал тенденцию увеличения его концентрации в зимний, летний и весенний периоды.

Концентрации Fe в реке Северной Двине на основе наших данных по правому берегу за 2013-2016 гг. коррелируют с $C_{орг}$ (R=0,53; n=20, p≤0,05), цветностью (R=0,64, n=25, p≤0,05), и P (R =-0,56 n=25; p≤0,05), как в пространственном, так и временном распределении. Также отмечена значимая корреляционная зависимость $C_{орг}$ и показателя цветности (R=0,84; n=20, p≤0,05).

Показаны взаимосвязи между химическими и гидрологическими переменными водосбора, что подтверждает общую тенденцию увеличения железа и цветности вод в северных бореальных областях, например, в реках и речных устьях Северной Европы и Северной Америки.

Исследование выполнено при финансовой поддержке ФАНО России в рамках темы (проекта) №0409-2015-0140 и Программы УрО РАН №18-9-5-29.

Shtykova Yu.R., Gladkikh A.S., Mironova L.V., Ponomareva A.S., Balakhonov S.V., Sukhanova E.V., Podlesnaya G.V., Zimens E.A, Potapov S.A., Suslova M.Yu., Tikhonova I.V., Belykh O.I.

MALDI-TOF-MS ANALYSIS IN ACCELERATED IDENTIFICATION OF OPPORTUNISTIC BACTERIA IN DIFFERENT ECOTOPES OF THE COASTAL ZONE OF LAKE BAIKAL

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
Irkutsk antiplague research institute of Rospotrebnadzor, Irkutsk, Trilissera, 78
tulupova@lin.irk.ru

The aim of this study was to identify bacteria isolated from the surface and bottom layers of water, sponges and epilithic biofilms in the coastal regions of the lake Baikal using MALDI-TOF-MS analysis. As a result, 10 genera of opportunistic bacteria were identified. The species of bacteria, such as *Escherichia coli, Citrobacter braakii, Hafnia alvei, Leclercia adecarboxylata, Pseudomonas aeruginosa, Enterococcus faecium*, have been identified with a high degree of security. The species *Leclercia adecarboxylata* was found in the ecosystem of Lake Baikal for the first time.

Штыкова Ю.Р., Гладких А.С., Миронова Л.В., Пономарева А.С., Балахонов С.В., Суханова Е.В., Подлесная Г.В, Зименс Е.А, Потапов С.А., Суслова М.Ю., Тихонова И.В., Белых О.И.

MALDI-TOF-MS АНАЛИЗ В УСКОРЕННОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ УСЛОВНО-ПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОТОПАХ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
ФКУЗ Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора, г. Иркутск, ул. Трилиссера, 78
tulupova@lin.irk.ru

В поверхностных водоемах различают автохтонную (собственную) и аллохтонную (привнесенную) микрофлору. Среди бактерий аллохтонной микрофлоры наиболее распространены бактерии кишечной группы, которые принято считать условно патогенными. Они способны не только длительно автономно выживать в субстратах внешней среды – воде и почве, но и накапливаться в них. Кроме того, бактерии семейства *Enterobacteriaceae* считаются общепризнанными индикаторными микроорганизмами при оценке качества воды. В последние годы в прибрежных водах оз. Байкал складывается неблагоприятная санитарная обстановка, обусловленная высокой антропогенной нагрузкой (туризм, судоходство, сброс некачественно очищенных сточных вод). Несмотря на олиготрофные условия и низкую температуру в озере, бактерии кишечной группы регулярно обнаруживали в акватории озера (Kravtsova et al., 2014; Timoshkin et al., 2016; Штыкова и др., 2016). Условно-патогенные микроорганизмы могут представлять эпидемиологическую опасность для туристов и населения.

Цель работы – идентификация бактерий, выделенных из поверхностного и придонного слоев воды, губок и эпилитических биопленок в прибрежных районах оз. Байкал, на основании белковых профилей с использованием масс-спектрометрического анализа.

Пробы отбирали в летний период 2017 г. в литорали средней и южной котловины озера – проливы Малое Море и Ольхонские Ворота, пос. Большое Голоустное и пос. Большие Коты. Культивирование проводили при 37°С в течение 24 часов на дифференциально-диагностических питательных средах для выделения бактерий семейства *Enterobacteriaceae* и рода *Enterococcus*. Выросшие колонии были изолированы в чистые культуры и собраны в коллекцию. Для идентификации выбрано 42 изолята.

В результате проведенного исследования идентифицировали 98% культур. С высокой степенью достоверности (score value 2.3 и более) идентифицированы до вида *Escherichia coli, Citrobacter braakii, Hafnia alvei, Leclercia adecarboxylata, Pseudomonas aeruginosa, Enterococcus faecium*; с вероятной идентификацией вида, но достоверной идентификацией рода (score value 2.0 – 2.3) выявлены рода *Aeromonas* (*A. eucrenophila, A. media, A. caviae, A. bestiarum*), *Enterobacter* (*E. aerogenes, E. amnigenus*), *Enterococcus* (*E. mundtii, E. hirae*), *Stenotrophomonas* (*S. maltophilia*), *Citrobacter* (*C. braakii*). С более низкой степенью достоверности (score value 1.7 – 1.9) определены рода *Aeromonas, Delftia, Stenotrophomonas* и *Citrobacter*. Среди всех идентифицированных культур, выделенных из воды, биопленок и губок 44% были представлены родом *Aeromonas* и 31% – семейством *Enterobacteriaceae*. Бактерии родов *Enterococcus, Delftia* и *Pseudomonas* идентифицировали среди культур, выделенных из поверхностного слоя воды; представителей рода *Stenotrophomonas* обнаружили среди изолятов из придонного слоя. Полученные культуры можно рассматривать как аллохтонные микроорганизмы, так как представители идентифицированных видов и родов входят в состав условно-патогенной микробиоты человека и теплокровных животных. Известно, что данные группы бактерий встречались в воде, эпилитических биопленках и донных осадках акваторий озер и рек, в том числе оз. Байкал (Намсараев, Земская, 2000; Панасюк и др., 2002; Balzer et al., 2010; Timoshkin et al., 2016). Таким образом, с помощью MALDI-TOF-MS анализа идентифицировали 10 родов и 6 видов условно-патогенных бактерий, из которых вид *Leclercia adecarboxylata* в экосистеме оз. Байкал обнаружен впервые. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение персистентных свойств полученных культур.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме 0345-2018-0003 (АААА-А16-116122110061-6) «Микробные и вирусные сообщества в биопленках …» и проекта 18-34-00513 мол_а «Метагеномная характеристика вирусного сообщества в оз. Байкал».

Shtykova Yu.R., Krasnopeev A.Yu., Potapov S.A., Sitnikova T.Ya., Belykh O.I.

METAGENOMIC ANALYSIS OF THE BACTERIAL COMMUNITY OF THE DIGESTIVE SYSTEM OF ENDEMIC BAIKAL GASTROPODS *BENEDICTIA BAICALENSIS*

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
tulupova@lin.irk.ru

The aim of this study was to investigate the diversity of bacteria in the digestive system of endemic Baikal gastropods *B. baicalensis* using metagenomic analysis. As a result, 6 bacterial fila were identified: Firmicutes (24-76%), Proteobacteria (0.3-7%), Verrucomicrobia (0.05-0.14%), Actinobacteria (0.01-0.03%), Tenericutes (0.001-0.02%) and Cyanobacteria (0-0.01%). The cluster of unclassified bacteria was 75% of the total volume of the sequences.

Штыкова Ю.Р., Краснопеев А.Ю., Потапов С.А., Ситникова Т.Я., Белых О.И.

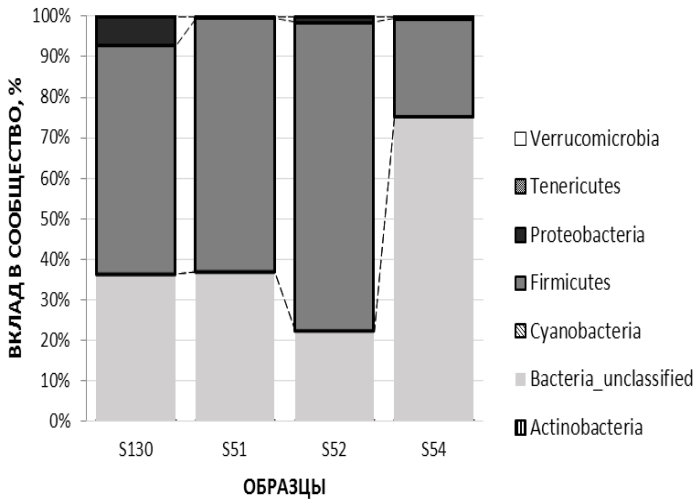
МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА ЭНДЕМИЧНЫХ БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ *BENEDICTIA BAICALENSIS* ОЗЕРА БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
tulupova@lin.irk.ru

Микроорганизмы кишечника гидробионтов играют большую роль в их жизнедеятельности. Структура микробного консорциума пищеварительного тракта хорошо изучена у многих морских беспозвоночных животных (Chaston, Goodrich-Blair, 2010; Богатыренко, Бузолева, 2016) и лишь у трех видов пресноводных брюхоногих моллюсков семейства *Planorbidae* (Van Horn et al., 2012). Брюхоногие моллюски одни из постоянных и многочисленных компонентов биоценоза озера Байкал. Ранее, используя методы культивирования, молекулярно-генетического анализа и электронной микроскопии, нами показано, что бактериальное сообщество кишечника эндемичных байкальских брюхоногих моллюсков *B. baicalensis* представлено родами *Pseudomonas, Acinetobacter, Alcaligenes, Flavobacterium, Enterobacter, Escherichia, Citrobacter, Klebsiella, Bacillus, Staphylococcus, Micrococcus, Mesorhizobium, Deefgea*, семейством Spirochaetaceae и неидентифицированными бактериями филума Tenericutes (Тулупова и др., 2011; Sitnikova et al., 2012). Целью данной работы является изучение структуры микробного сообщества моллюсков *B. baicalensis* с помощью методов высокопроизводительного секвенирования фрагментов гена 16S рРНК.

Моллюски были собраны в октябре 2017 г. из зоны глубин 15-20 м каменисто-песчаных грунтов возле пос. Большие Коты юго-западного побережья оз. Байкал. В асептических условиях из моллюсков извлекали содержимое пищеварительного тракта. Выделение ДНК проводили фенол-хлороформным методом. Амплификация V3-V4 региона гена 16S рРНК осуществлялась при помощи универсальных бактериальных праймеров (Evrogen). Секвенирование библиотек проведено на платформе Illumina MiSeq (Evrogen). Анализ результатов секвенирования был проведён в соответствии с ранее опубликованной методикой (Краснопеев и др., 2016) при помощи вычислительных ресурсов ЦКП «Иркутский суперкомпьютерный центр СО РАН». Максимальная длина полученных последовательностей составила 470 нуклеотидов, средняя длина 464 п. н., химерные последовательности, сингл- и даблтоны и последовательности короче 300 нуклеотидов были исключены из анализа.

В результате проведенного метагеномного секвенирования в составе микробиома пищеварительного тракта моллюсков *B. baicalensis* выявлено 6 бактериальных фил: Firmicutes (24-76%), Proteobacteria (0,3-7%), Verrucomicrobia (0,05-0,14%), Actinobacteria (0,01-0,03%), Tenericutes (0,001-0,02%) и Cyanobacteria (0-0,01%). Следует отметить кластер неклассифицированных бактерий на долю которого приходилось до 75% от общего количества последовательностей (рисунок). Таксономическая идентификация этой группы в настоящее время не возможна, т.к. ближайшие гомологи, согласно GenBank, являются некультивируемыми. Данные бактерии могут представлять собственную (резидентную) микробиоту пищеварительного тракта моллюсков, которая обитает в их кишечнике постоянно и состоит моллюскомхозяином в мутуалистических отношениях. Примером резидентных бактерий в пищеварительном тракте моллюсков являются анаэробные бактерии группы спирохет, специфично ассоциированные с кристаллическим столбиком растительно- и детритоядных моллюсков (Margulis, Hinkle, 2006). Ранее нами показано, что спирохеты присутствуют в кристаллическом столбике у 12 видов пресноводных брюхоногих моллюсков, в том числе у *B. baicalensis* (Sitnikova et al., 2012).



Дальнейшие исследования будут направлены на более подробное изучение состава микробиоты пищеварительного тракта гастропод *B. baicalensis* методами молекулярной биологии и электронной микроскопии.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме 0345-2018-0003 (АААА-А16-116122110061-6) «Микробные и вирусные сообщества в биопленках …».

Shul'ga T.Ya., Suslin V.V.

SIMULATION OF SUSPENDED MATTER IN THE SEA OF AZOV IN A HYDRODYNAMIC MODEL WITH ASSIMILATION SATELLITE DATA

FSBSI Marine Hydrophysical Institute RAS, Kapitanskaya, 2, 299011, Sevastopol, Russia
shulgaty@mail.ru, slava.suslin@mhi-ras.ru

A significant disadvantage of using satellite data to study suspended matter content in the Sea of Azov is the presence of gaps in available satellite data due to common problems associated with ocean color images (e.g. cloud cover). Sharing the results of numerical simulation and remote sensing, provides a more accurate reproduction of the state of seawater. The work represents the results of hydrodynamic simulations of the evolution of suspended solids in the proposed method, the assimilation of satellite information and based on the use of *POM* (Princeton Ocean Model). New results on the distribution of biopsy indices *index*34=$R_{RS}(531)/R_{RS}(488)$) and $b_{bp}(555)$ in the sea of Azov for the period 2013–2014 were obtained using improved assimilation methods. One of them is the attraction of additional satellite data. Used in reservoir simulation satellite image *Aqua-MODIS* in the case of a partial or complete absence of the images are supplemented with data from the *Terra-MODIS*. Another modification of the assimilation algorithm was the assignment to the model of information on the distribution of suspended matter in the surface layer and depth.

Satellite data *MODIS L2* (oceancolor.gsfc.nasa.gov) processed based on certain criteria. They determine the presence of a suspension (e.g. mineral suspension, and also a suspension of biological origin) and a dissolved organic substance. Hydrodynamic modeling and integration of transport and diffusion equations are performed using a three-dimensional hydrodynamic model *POM*. As the atmospheric forcing data used model *SKIRON* (forecast.uoa.gr) for the period 2013–2014. The assimilation of satellite information is based on the theory of optimal Kalman filtration. The stages of numerical experiments include: preliminary processing of satellite data to prepare information for assimilation in the model and calculation of the content of the suspension on the model in conjunction with the assimilation procedure.

The distribution of biopsy indices (*index*34 and $b_{bp}(555)$) in the Sea of Azov for the period 2013-2014 is analyzed from the available two year arrays of generalized satellite data(*Aqua-* and *Terra–MODIS*) and according to the simulation data.it is It is shown that during the period under review the highest concentrations are observed throughout the region from May to June, the lowest in March and December. Comparing the total value of the contents of the parameters *index*34 and $b_{bp}(555)$ note that in the simulation data more fully reflect the content of suspended matter in sea water. Numerical simulations carried out with the use of satellite observations is a more accurate tool for studying the evolution of the suspension. Its results make it possible to provide a summary of the suspended matter content by filling in the gaps in the data due to the lack of satellite images and/or cloud coverage.

The work was carried out within the framework of the state task on the theme №0827-2018-0002, also with the support of RFBR grant №17-05-00113.

Шульга Т.Я., Суслин В.В.

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗВЕШЕННОГО ВЕЩЕСТВА В АЗОВСКОМ МОРЕ ПО ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ С УСВОЕНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

ФГБУН Морской гидрофизический институт РАН, ул. Капитанская, 2, 299011, Севастополь, Россия
shulgaty@mail.ru, slava.suslin@mhi-ras.ru

Существенным недостатком использования спутниковых данных для исследования содержания взвешенного вещества в Азовском море является наличие пропусков в имеющихся спутниковых данных, обусловленными общими проблемами, связанными с цветными изображениями океана (например, облачный покров). Совместное использование результатов численного моделирования и дистанционного зондирования, обеспечивает более точные воспроизведение состояния морской воды. Работа представляет результаты гидродинамического моделирования эволюции взвеси, в рамках предлагаемого метода усвоения спутниковой информации и на основе использования *POM* (*Princeton Ocean Model*). Новые результаты о распределении биоптических индексов *index*34=$R_{RS}(531)/R_{RS}(488)$) и $b_{bp}(555)$ в Азовском море за период 2013–2014 гг. получены с использованием усовершенствованных методов ассимиляции. Одним из них является привлечение дополнительных спутниковых данных. Используемые в гидродинамическом моделировании спутниковые изображения *Aqua-MODIS* в случае частичного или полного отсутствия изображений дополняются данными спутника *Terra-MODIS*. Другой модификацией алгоритма усвоения явилось задание в модель информации о распределении взвешенного вещества в поверхностном слое и по глубине.

Спутниковые данные *MODIS L2* (oceancolor.gsfc.nasa.gov) предварительно обработаны на основании определенных критериев. Они определяют наличие взвеси (например, минеральной взвеси, и также взвеси биологического происхождения) и растворённого органического вещества. Гидродинамическое моделирование и интегрирование уравнений переноса и диффузии выполнены с использованием трехмерной гидродинамической модели *POM*. В качестве атмосферного форсинга использованы данные модели *SKIRON* (forecast.uoa.gr) за период 2013–2014 гг. Усвоение спутниковой информации выполнено на основании на теории оптимальной фильтрации Калмана. Этапы численных экспериментов включают: предварительную обработку спутниковых данных для подготовки информации к усвоению в модели и вычисление содержания взвеси по модели совместно с процедурой усвоения.

Из имеющихся двухлетних массивов обобщенных спутниковых данных (*Aqua-* и *Terra-MODIS*) и по данным моделирования проведен анализ распределение биоптических индексов (*index*34 и $b_{bp}(555)$ в Азовском море за период 2013–2014 гг. Показано, что в рассматриваемый период наибольшие концентрации по всему региону наблюдаются с мая по июнь, наименьшие – в марте и декабре. Сравнивая

суммарные значения содержания параметров *index*34 и b_{bp}(555) отметим, что в данные моделирования наиболее полно отражают содержание взвеси в морской воде. Численное моделирование, выполненное с привлечением спутниковых наблюдений является более точным инструментом исследования эволюции взвеси. Его результаты делают возможным предоставление суммарного содержания взвешенного вещества, заполняя пропуски в данных из-за отсутствия спутниковых изображений и/или облачного покрытия.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме №0827-2018-0002 «Развитие методов оперативной океанологии на основе междисциплинарных исследований процессов формирования и эволюции морской среды и математического моделирования с привлечением данных дистанционных и контактных измерений», а также при поддержке РФФИ грант №17-05-00113.

Sidorova T.V., Smirnov V.V., Fedotov A.P., Kirilchik S.V., Teterina V.I., Sukhanova L.V.

IS THE OMUL OF THE UPPER KICHERA LAKES A RELIC OF THE GLACIAL EPOCH IN THE BASIN OF LAKE BAIKAL?

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
tuyana_be@mail.ru

Lake Kulinda is one in a group of the dammed lakes in the upper reach of the Kichera River, a tributary of Lake Baikal. These small lakes are located at a distance of 80 km to the north of Lake Baikal and are of glacial-tectonic origin (Bazarov, 1986). One more population of Baikal omul was found here (Molozhnikov & Smirnov, 1976). It was discribed later as an isolated and local due to morphological differences . In addition, omul from Lake Baikal migrates to Kichera River for spawning but cannot enter dammed lakes because of river rapids (Smirnov et al, 1987). Molecular-phylogenetic reconstructions confirmed the presence of reproductive isolation. MtDNA analysis revealed the fixed differenses of Lake Kulinda population from that of Kichera River. Microsatellite analysis indicates the one-way gen flow from Lake Kulida to Lake Baikal. It seems that the analysed local population is an isolated relic of an ancestral form of Baikal omul, preserved here since the time when the relief of the Kichera riverbed was more flat. This work was supported by RFBR and the Government of the Irkutsk region, projects No 17-44-388081 r_a and No 17-44-388106 r_a, within the framework of the project of the Government of the Irkutsk region "Obtaining high-tech aquaculture of whitefish ..." (Forum Baikal-2020) and the state task No. 0345-2016-0005 (AAAA-A16-116122110068-5).

Silow E.A., Krashchuk L.S., Pislegina E.V., Rusanovskaya O.O., Shimaraeva S.V., Timofeyev M.A.

THE PRESENT STATE OF THE LAKE BAIKAL PLANKTON ACCORDING TO LONG-TERM MONITORING OBSERVATIONS

Irkutsk State University, Institute of Biology, Lenin str. 3, Irkutsk, 664025, Russia
eugenesilow@gmail.com

Since February 1945, scientists at the Institute of Biology of Irkutsk State University have sampled plankton at weekly intervals, year-round, through all seasons, except for brief periods in early winter and spring when the ice is too treacherous for sampling. Most sampling was performed at a single site near the southern end of the lake. Regular, weekly, year-round sample taking is done at the pelagic stationary station No. 1 (“Point #1”). It’s located in Southern Baikal, across from the village Bolshy’e Koty (51°52'48" N, 105°05'02"E, 2.7 km from the shore, above a depth of 800 m).

There are the results of Lake Baikal long-term plankton monitoring. The annual mean values were derived as the average of the weighted means for the 0–50 m water layer for the given year.

Lake Baikal pelagic is relatively simple, especially comparing with benthic one (Kozhov, 1961, 1963; Kozhova, Izmest’yeva, 1998; Baikalogy, 2012). Microscopic algae exposed to sunlight are blooming, consuming nutrients under ice from February to May. Normally there are blooms of both endemic *Aulacoseira baicalensis, A. skvortzowii, Cyclotella baicalensis, Stephanodiscus meyerii* (Bacillariophyta), *Gymnodinium baikalense, Peridinium baicalense* (Dinophyta), *Synechocystis limnetica* (Cyanophyta), as well as non-endemic *Synedra ulna, S. acus* (Bacillariophyta), *Gymnodinium coeruleum* (Dinophyta), *Dinobryon cylindricum* (Chrysophyta) and others. They are consumed by zooplankton, developing in mass - *Epischura baikalensis*, Baikal endemic under-ice rotifers (*Synchaeta pachypoda, Synchaeta pachypoida, Synchaeta prominula, Notholca grandis, Notholca intermedia*), and non-endemic year-round rotifers (*Keratella quadrata, Keratella cochlearis, Kellicottia longispina, Filinia terminalis*).

This zooplankton is eaten by *Macrohectopus branickii*, which, together with epischura, is consumed by fish (mainly by *Comephorus*). Here the highest trophic levels are included – *Coregonus migratorius* (grazing on epischura, macrohectopus and fish larvae) and Baikal seal eating *Comephorus*. The wastes are precipitated below photic zone to hypolimnion. Here they are mineralized by bacteria returning nutrients to dissolved form. Ice is melted, water mixing has place and the process is repeated once more.

During July-October nutrients are consumed by non-endemic Chlorophyta (*Monoraphidium irregulare* and others), Chrysophyta (*Chrysochromulina parva, Dinobryon sociale, Dinobryon cylindricum* and others), Cryptophyta (*Rhodomonas pusilla*), Bacillariophyta (*Koliella longiseta, Asterionella formosa* and others) and endemic *Cyclotella minuta* and *Synechocystis limnetica* algae. This blooming phytoplankton is eaten by mass developing zooplankton, consisting of endemic *E. baikalensis*, non-endemic *Cyclops kolensis*, Cladocera, rotifers (*K. quadrata, K. cochlearis, K. longispina, F. terminalis, Conochilus unicornis, Synchaeta stylata, Synchaeta grandis, Asplanchna priodonta, Asplanchna herricki, Collotheca mutabilis* and others). The rest of

food web is the same as during spring. Season is finished by autumn mixing and establishment of new ice-cover. These processes determine the quality of water and the life of the lake.

There are water temperature changes observed during period of observations: increase of surface temperature (0.24 per decade), increase of 50 m depth temperature (0.10 per decade), increase of 0-50 m layer weighted average temperature (0.13 per decade).

Summarizing the long-term dynamics of principal species of phytoplankton from each (under-ice and open-water) complexes we can note the trends (both positive for summer complex and negative for under-ice one) are clearly evident.

Analysis of the zooplankton number dynamics demonstrates no tendencies for change of total number of zooplankton, possibly attributable to the stable number of dominant zooplankton species, *E. baikalensis*, representing up to 99% of the total zooplankton number and biomass and *C. kolensis* (up to 50%). Analysis of the number of both Cladoceran species observed in open Lake Baikal (*Daphnia longispina*, *Bosmina longirostris*) indicates a trend of increasing numbers, as well as for summer complex non-endemic rotifers (30 species). There are evident decreases of number for endemic rotifers (7 species of under-ice dwellers) as well as for non-endemic year-round rotifers (4 species).

These trends may be the reason of changes observed in plankton community of the lake: under-ice season decrease of number of large cell endemic algae, endemic and non-endemic rotifers, as well as summer-autumn increase of number of small cell non-endemic algae, non-endemic rotifers and cladocers.

It is emphasized that the predicted consequences of chemical pollution of Lake Baikal, and possible plankton shifts attributable to climate change, are practically identical and completely coincide with observations.

This study was supported by Ministry of Education and science of RF (6.1387.2017/ПЧ) and Baikal Fund.

Sinyukovich V.N.[1], Latysheva I.V.[2], Makukhin V.L.[1]

AIR CIRCULATION AND CURRENT LOW-FLOW PERIOD IN THE BAIKAL CATCHMENT AREA

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
sin@lin.irk.ru

Year to year water level fluctuations in large lakes and reservoirs are indicators of regional hydrological effects of the global climate change. The low-flow period in the Baikal catchment area started in 1996, and it became especially well pronounced during the last years. Each year since 2015, it goes below the minimum regulatory level (456 m above Pacific Ocean level), thus escalating hydropower, water supply, navigation problems and some social issues.

The climate change prevails anthropogenic factors in the changeover of the runoff structure in the Baikal catchment area due to lack of reservoirs and negligible use of the river runoff in the economy. The data of previous low-flow periods in the area (Shimaraev, Starygina, 2010) show that zonal air mass transfer becomes less intensive in summertime. Precipitation in this period is mainly activated by mobile cyclogenesis alongside the polar branch of high-altitude frontal zone over Mongolia, southern areas of Irkutsk and Trans Baikal Regional (Loschenko, 2015).

We found that the river runoff to Baikal negatively correlated with surface pressure and geopotential of the middle troposphere change over Mongolia, southern areas of the Irkutsk and Trans Baikal Regional where the southern cyclones are formed. The present-day low-flow period (1996-2017) is also marked by weakening of humidity regime of the areas dominated by Atlantic and Pacific air masses (compared to 1950-1995), and by intensification of activity of the Indian monsoon.

The regional air circulation plays a major role in forming the river runoff to Lake Baikal, especially during extremely low or high flow periods. As it can be seen from the weather charts, the synoptic setup in August 1973 when the monthly runoff to the lake was the highest for all monitoring time (20.7 km^3) differed not only in frequent emergence of southern cyclones, but also in their persistence due to blocking anticyclones in Trans Baikal Region and the Russian Far East. Negative anomalies of pressure (4-6GPa) and geopotential (20-30 dam) clearly show development of mobile cyclogenesis over Mongolia during that time.

In contrast, the very low runoff to the Lake (4.98 km^3) in August 2015 was accompanied by pressure increase (positive anomalies were up to 4-6 GPa, geopotential 40-60 dam) in the south of East Siberia, Mongolia and Trans Baikal Region.

The current (since 1996) low-flow period is characterized by weakening of high pressure ridge over the Ural mountains and rising of geopotential altitudes in the area of formation of the southern cyclones, which determine the main income of humidity to Baikal region during the warm season. The temperature and aridity growth in summertime during these low-flow years correlates with persistent positive anomalies in the geopotential field in the area of formation of the southern cyclones as well as with weakening of the high altitude cold advection governing the evolution of the mobile cyclogenesis over Lake Baikal.

All this gives evidence that the low river runoff to Lake Baikal is driven by a change of wave processes over Eurasia in summertime characterized by displacement of blocking processes eastward and persistence of dry and warm air masses over Mongolia and Baikal Region.

Синюкович В.Н.[1], Латышева И.В.[2], Макухин В.Л.[1]

СОВРЕМЕННОЕ МАЛОВОДЬЕ В БАССЕЙНЕ ОЗ. БАЙКАЛ И ЦИРКУЛЯЦИЯ АТМОСФЕРЫ

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
sin@lin.irk.ru

Межгодовые вариации уровня воды крупных озер и водохранилищ служат индикаторомиг региональных гидрологических последствий изменений климата. Маловодье в бассейне оз. Байкал, продолжающееся с 1996 г., проявилось особенно остро в последние годы и с 2015 г. сопровождается ежегодным снижением уровня озера на отметки ниже нормативного минимума (456 м ТО), обостряя проблемы гидроэнергетики, водоснабжения, судоходства и некоторых социальных аспектов.

Перестройка стокоформирующих процессов в бассейне Байкала, в силу незначительных масштабов использования речного стока в народном хозяйстве и отсутствия водохранилищ, мало меняется под действием антропогенных факторов и больше связана с нестабильностью климата. Опыт изучения условий наступления маловодных периодов в регионе (Шимараев, Старыгина, 2010) указывает на снижение в летнее время интенсивности процессов зонального переноса воздушных масс. Осадкообразование в это время здесь тесно связано с активизацией подвижного циклогенеза вдоль полярной ветви высотной фронтальной зоны на территории Монголии, в южных районах Иркутской области и Забайкалья (Лощенко, 2015).

Нами выявлена отрицательная связь приточности в Байкал с изменениями давления у поверхности Земли и геопотенциала средней тропосферы на территории Монголии, юга Прибайкалья и Забайкалья, где происходит образование южных циклонов. Для текущего маловодья (1996-2017 гг.) также характерно ослабление связи увлажненности территории атлантическими и тихоокеанскими индексами (в сравнении с 1950-1995 гг.) и усиление - с индексом активности индийского муссона.

Участие региональных форм атмосферной циркуляции в формирование притока в оз. Байкал заметнее проявляется в экстремально маловодные или многоводные периоды. Анализ синоптических карт показывает, что в августе 1973 г., когда месячный приток воды в озеро был максимальным за весь период наблюдений (20,7 км^3), синоптическая ситуация отличалась не только частыми выходами южных циклонов, но и их длительным стационированием при развитии блокирующих антициклонов над Забайкальем и Дальним Востоком. Развитие подвижного циклогенеза над Монголией в этот период отчетливо видно по отрицательным аномалиям и давления (4-6 гПа) и геопотенциала (20-30 дкм).

Напротив, крайне низкий приток в озеро (4,98 км^3) в августе 2015 г. наблюдался на фоне роста давления на территории юга Восточной Сибири, Монголии и Забайкалья, где положительные аномалии давления достигали 4-6 гПа, а в поле геопотенциала 40-60 дкм.

В течение текущего маловодного периода, продолжающегося с 1996 г., происходит ослабление высотного гребня над Уралом и повышение геопотенциальных высот в районе образования южных циклонов, с которыми связан основной приток влаги в Байкальский регион в теплое время года. Рост температуры и сухости воздуха в летние месяцы в эти маловодные годы согласуется с сохраняющимися длительное время положительными аномалиями в поле геопотенциала в районе формирования южных циклонов, а также с ослаблением адвекции холода на высотах, определяющей развитие подвижного циклогенеза над Байкалом.

Все это свидетельствует об определенной перестройке волновых процессов на территории Евразии в летнее время, характеризующейся смещением блокирующих процессов на восток и формированием продолжительных периодов сохранения сухих и теплых воздушных масс над Монголией и Байкальским регионом, определяющих низкий сток байкальских рек.

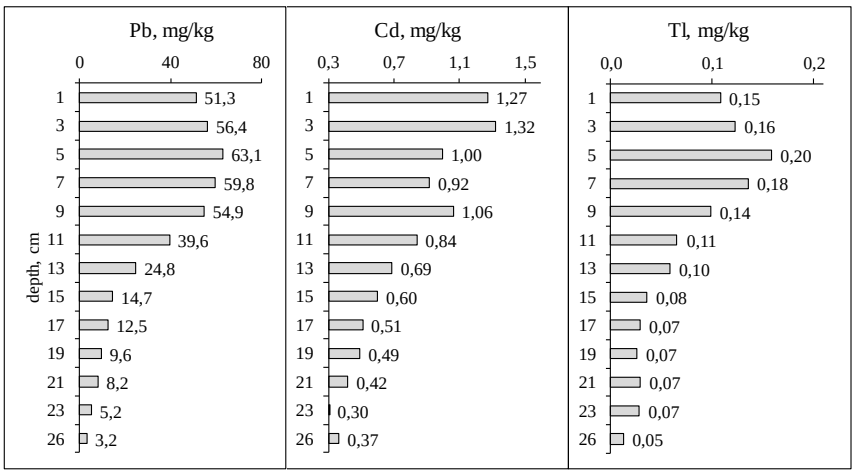
Slukovskyii Z.I., Novitsky D.G., Medvedev A.S.

CONTENT OF HEAVY METALS IN SEDIMENTS OF SMALL AND LARGE WATERBODIES OF KARELIA AS THE INDICATOR OF LONG-RANGE ATMOSPHERIC TRANSPORT OF POLLUTANTS

Institute of Geology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Science, Petrozavodsk, Pushkinskaya Str., 11, 185910
slukovskii_z@igkrc.ru

Heavy metals (HM) are ones of most basic geochemical agents of anthropogenic influence on various ecosystems. These pollutants can migrate from their sources to a long distance and accumulate in components of environment, for example, in bottom sediments of waterbodies. Herewith sediments aren't endpoint of metals transfer in biosphere, considering close connection of sediments and organisms lived there. Thus, analysis of input and accumulation of HM into lake sediments is most important task of monitoring of waterbodies conditions. This problem is especially actual for Republic of Karelia, where more than 61 thousand lakes are located, including great water bodies like Ladoga Lake and Onego Lake.

It is known that the long-range air mass transport of HM is one of lead factors of metal input into nature objects (including water objects) of Russia northern territories (Dauvalter, 2006; Vinogradova, Ivanova, 2011). Pb, Cd and Tl are the most dangerous elements for ecosystems (McConnell, Edwards, 2008). The charts show vertical distribution of these metals in sediments of small lake positioned in the south part of Karelia. The main source of input of HM into the lake sediments is most likely long-range atmospheric transport of polluted aerosols. However local sources of pollution like factories and transport can influence to the chemical composition of lakes sediments near urban areas of Karelia (Slukovskii et al., 2017).



The distribution of Pb, Cd and Tl in surface bottom sediments of Dennoe Lake (Karelia)

The reported study was funded by RFBR according to the research project №18-05-00897.

Слуковский З.И., Новицкий Д.Г., Медведев А.С.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СОВРЕМЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МАЛЫХ И КРУПНЫХ ВОДОЕМОВ КАРЕЛИИ КАК ИНДИКАТОР АТМОСФЕРНОГО ПЕРЕНОСА ПОЛЮТАНТОВ

Институт геологии – обособленное структурное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11, 185910
slukovskii_z@igkrc.ru

Тяжелые металлы (ТМ) являются одними из главных геохимических агентов антропогенного влияния на различные природные системы. Эти загрязнители могут мигрировать от источников на дальние расстояния и накапливаться в различных компонентах окружающей среды, например, в донных отложениях (ДО) водных объектов. При этом ДО не являются конечным пунктом перемещения металлов в биосфере, учитывая тесную связь ДО с живыми организмами, населяющими их. Таким образом, анализ поступления и аккумуляции ТМ в ДО – важнейшая задача в экологическом мониторинге водных систем. Особенно эта проблема актуальна для Республики Карелии – региона, насчитывающего около 61 тыс. озер, включая такие крупные водоемы как Онежское и Ладожское озера.

Известно, что атмосферный перенос ТМ служит одним из ведущих факторов их поступления в природные, в том числе водные, объекты северных регионов России (Даувальтер, 2006; Виноградова, Иванова, 2011). Наибольшую опасность представляют такие металлы, как Pb, Cd и Tl (McConnell, Edwards, 2008). На рисунке представлены графики распределения указанных ТМ в ДО малого озера, расположенного в южной части Карелии. Основным источником поступления металлов, вероятно, служит атмосферных перенос загрязнителей. При этом вблизи городских районов источниками поступления ТМ в ДО могут служить локальные выбросы загрязняющих веществ, в том числе Pb, Cd, Tl, от промышленных предприятий и транспорта (Слуковский и др., 2017).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ проект №18-05-00897.

Smeshlivaya N., Semenchenko S., Prilipko N.

THE SURVIVAL RATE IN EMBRYOGENESIS OF WHITE FISH HYBRIDS

FGUP Gosrybcenter, 33 Odesskaya st., Tyumen 625023
nsmeshlivaya@mail.ru, semsm07@yandex.ru

Trans-species hybridization of white fish is a widespread phenomenon across the entire range of Coregonidae. Potential effective participation of hybrids of the first and subsequent generations in further reproduction in different combinations with parental and hybrid forms remains unclear to date. The aim of this work is to assess the prospects of embryonic and larval development of whitefish hybrid individuals obtained through various crossing options, including hybrids of the second generation. Collection of sexual products and insemination of eggs was carried out at the fish-breeding point located on the Lyapin river in the basin of the Northern Sosva river in October 2015 and 2017. We have conducted crossing of pure species of *Coregonus peled*, *C. lavaretus pidschian* and their hybrids of natural origin, and *C. peled* and *C. nasus*. The results of incubation showed that most of the embryos in all crossing options of *C. peled*, *C. lavaretus pidschian* and natural hybrid of these species (including the second generation) successfully complete embryogenesis.

Thus, reproductive function of *C. peled* and *C. lavaretus pidschian* of natural origin hybrid is maintained. The issue of potential sustainable self-reproduction of *C. peled* and *C. nasus* hybrid remains open. In general, the results of the study confirm the importance of natural inter-species hybridization of whitefish as a microevolution factor in populations.

Смешливая Н.В., Семенченко С. М., Прилипко Н.И.

К ВОПРОСУ О ВЫЖИВАЕМОСТИ ГИБРИДОВ СИГОВЫХ РЫБ В ЭМБРИОГЕНЕЗЕ

ФГБНУ «Госрыбцентр», Россия, 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
nsmeshlivaya@mail.ru, semsm07@yandex.ru

Межвидовая гибридизация сиговых рыб – широко распространённое явление в пределах всего ареала семейства Coregonidae (Павлов, 1984, Козьмин, 2017). В частности, в Обь-Иртышском бассейне регулярно отмечаются естественные гибриды пеляди и пыжьяна, пеляди и чира, пеляди и тугуна. В озерах южной части бассейна в качестве объекта пастбищной аквакультуры с середины 1960-х годов массово выращивается гибрид пеляди и чира (пелчир). Не исключено попадание таких гибридных форм в центры естественного размножения сиговых и последующего скрещивания с «дикими» рыбами. В этой связи для понимания микроэволюции популяций сиговых важно понимать последствия естественной и искусственной гибридизации сиговых рыб. Отсутствие генетических барьеров для межвидовой гибридизации сиговых рыб не вызывает сомнения. Возможность эффективного участия в дальнейшем размножении гибридов первого и последующих поколений в различном сочетании с родительскими и гибридными формами до настоящего времени остается не выясненной.

Целью данной работы является оценить перспективы развития гибридных особей сиговых рыб во втором поколении в разных вариантах скрещивания.

Отбор половых продуктов и осеменение икры проводили на рыбоводном пункте «Рахтынья», расположенном на р. Ляпин в бассейне р. Северной Сосьвы (ХМАО) в октябре 2015 и 2017 гг. Для оценки выживаемости икры естественного гибрида пеляди и чира было проведено скрещивание одной самки и одного самца в 2015 и 2017 гг. Для оценки выживаемости икры естественного гибрида пеляди и пыжьяна, родительских форм при разных вариантах скрещивания в 2017 г. было проведено две серии опытов. В каждой серии для скрещивания использовали икру от трёх самок и трёх самцов пеляди, пыжьяна и естественного гибрида пеляди и пыжьяна. В результате скрещивания были получено потомство чистых видов пеляди и пыжьяна, гибридов первого поколения пеляди и пыжьяна, пыжьяна и пеляди, возвратных гибридов, а также гибридов пеляди и пыжьяна второго поколения. Инкубация икры в оба года исследования проходила в лаборатории ФГБНУ «Госрыбцентр» (г. Тюмень) в чашках Петри при температуре 0,9°С.

Результаты исследования показали, что оплодотворяемость икры на стадии среднеклеточной морулы при всех вариантах скрещивания в 2015 и 2017 гг. была высокой – от 95 до 100 %.

Динамика элиминации икры при всех вариантах скрещивания была аналогична. Максимальная смертность эмбрионов наблюдалась на IV и V этапах развития – гаструляции и органогенезе.

За инкубационный период выживаемость икры естественного гибрида пеляди и чира в 2015 г. составила 75%. Однако, в 2017 г. несмотря на 100% оплодотворяемость икры все эмбрионы гибрида погибли до начала выклева.

Выживаемость икры пеляди, пыжьяна и их естественного гибрида в двух сериях значительно отличалась, в первой серии выживаемость икры в большинстве опытов была выше, чем во второй. В первой серии выживаемость икры гибрида в трёх вариантах скрещивания варьировала от 88,0 до 93,8% и была выше, чем выживаемость икры пыжьяна, но ниже, чем пеляди. Выживаемость икры гибрида во второй серии была существенно хуже и колебалась от 51,3% при возвратном скрещивании гибрида с пелядью до 64,4% при условии скрещивания гибрид х гибрид. В первой серии выживаемость эмбрионов гибридов первого поколения была ниже, чем у эмбрионов гибрида второго поколения и эмбрионов, полученных при возвратном скрещивании гибрида с пыжьяном. Во второй серии эмбрионы гибридов первого поколения выживали лучше. Выживаемость возвратных гибридов колебалась от 51,3% при скрещивании гибрида с пелядью во второй серии до 94,5% при скрещивании пеляди с гибридом в первой. Выживаемость икры чистых видов также была различна. В частности, за период инкубации в первой серии выжило 96,0% эмбрионов пеляди, во второй – 85,4%. Выживаемость икры пыжьяна существенно ниже и составляла в первой и второй сериях 67,6 и 75,2% соответственно.

Таблица. Выживаемость икры пеляди, пыжьяна и их естественного гибрида за период инкубации при различных вариантах скрещивания в первой и второй сериях опытов

Пол		Самка					
		Пелядь		Пыжьян		Гибрид	
		I серия	II серия	I серия	II серия	I серия	II серия
Самец	Пелядь	96,0	85,4	80,1	84,0	93,8	51,3
	Пыжьян	76,8	93,5	67,6	75,2	85,1	61,6
	Гибрид	94,5	78,4	75,4	55,9	88,0	64,4

Вероятно, различия выживаемости икры в эмбриогенезе обусловлены не только сочетанием видов при скрещивании, но и физиологическим состоянием производителей и их половых продуктов. Тем не менее, выживаемость икры пеляди при различных вариантах скрещивания была всегда выше, чем пыжьяна и гибридов. Максимальная доля эмбрионов, вылупившихся с аномалиями, была свойственна пыжьяну и естественному гибриду пеляди и пыжьяна второго поколения во второй серии и составляла 2,5 и 4,1% соответственно. При остальных вариантах скрещивания доля эмбрионов с аномалиями от общего количества вылупившихся эмбрионов не превышала 1,8%. После вылупления все

эмбрионы, не имеющие аномалий в развитии, перешли на внешнее питание. За период выращивания все личинки достигли этапа заполнения плавательного пузыря. В опытах погибло не более 2% личинок по техническим причинам. Таким образом, выживаемость естественных гибридов сиговых рыб в эмбриогенезе может быть на уровне чистых видов. На выживаемость икры влияет не только вариант гибридизации, но и индивидуальные особенности производителей.

Solovyev M.M.[1, 2], Kashinskaya E.N.[1], Golovaneva O.V.[1, 3], Bochkarev N.A.[1], Rogozhin E.A.[4], Gisbert E.[5]

COMPARATIVE ANALYSIS OF DIGESTIVE ENZYMES OF SYMPATRIC PAIR OF WHITEFISHES FROM TELETSKOYE LAKE (ALTAI REGION, RUSSIA)

[1]Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS, Novosibirsk, Russia
[2]Tomsk State University, Tomsk, Russia
[3]The Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia
[4]Shemyakin-Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry RAS, Moscow, Russia
[5]Institute of Agrifood Research and Technology, Tarragona, San Carlos de la Rapita, Spain

Coregonus lavaretus – is a widely spread species of whitefishes in the north hemisphere that may form different sympatric pairs in lakes. One of such pair inhabits in Lake Teletskoye that is formed by *Coregonus lavaretus pidschian* (zoobentivorous) and *Coregonus pravdinellus* (zooplanktivorous) with less\more than 30 gill rakers on the first brachial arch respectively. The aim of the study was to compare various different biochemical parameters of digestive enzymes of studied whitefishes.

Fish were caught in Lake Teletskoye (51°79′N; 87°26′E) by nets. Fish were dissected and their guts extracted and frozen in liquid nitrogen until their analysis. The activities of α-amylase, lipase, non-specific esterase, total alkaline proteases, trypsin, chymotrypsin, carboxypeptidase A and B, aminopeptidase and alkaline phosphatase and the number of alkaline protease bands on SDS-PAGE electrophoresis with casein as a substrate were assayed. Physiological pH values in fish gut using pH-microelectrode and pH optimums for studied enzymes were also determined as well.

The activity of all studied enzymes had the similar trends along all parts of intestine of whitefishes, but the level of activities depended on the species considered. For the most part of pancreatic enzymes the level of activity was higher in the intestine of *C.l. pidschian*. The values in gut, pH optimums of studied enzymes, and number of bands of alkaline proteases in the intestine between fish were similar.

This work was supported by the Russian Science Foundation, project №17-74-10071.

Соловьев М.М.[1, 2], Кашинская Е.Н.[1], Голованева О.В.[1, 3], Бочкарев Н.А.[1], Рогожин Е.А.[4], Жизберт Э.[5]

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ СИМПАТРИЧЕСКОЙ ПАРЫ СИГОВ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА (АЛТАЙСКИЙ РЕГИОН, РОССИЯ)

[1]Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, Россия
[2]Томский государственный университет, Томск, Россия
[3]Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия
[4]Институт биоорганической химии им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова, Москва, Россия
[5]Institute of Agrifood Research and Technology, Таррагона, Сант Карлес де ла Рапита, Испания

Coregonus lavaretus – широко распространенный в северном полушарии вид, образующий в озёрах симпатрические популяции. Одна из таких пар обитает в Телецком озере: малотычинковый (менее 30 тычинок на первой жаберной дуге) сиг-пыжьян *Coregonus lavaretus pidschian* (бентофаг) и многотычинковый (в среднем 34 тычинки) сиг Правдина *Coregonus pravdinellus* (планктофаг).

Цель работы – провести сравнительный анализ некоторых биохимических параметров пищеварительных ферментов телецкого сига и сига Правдина.

Сбор материала проводили на озере Телецкое (51°79′N; 87°26′E) в сентябре 2012 и 2017 гг. Сигов отлавливали ставными жаберными сетями (размер ячеи 20-25 мм). Живых особей рыб в пластиковых контейнерах с водой доставляли в лабораторию, где проводили их вскрытие и извлечение желудочно-кишечного тракта. С помощью микроэлектрода измеряли физиологические значения pH в полости пищеварительного тракта, затем ткани замораживали в жидком азоте для последующего анализа. Активности основных групп пищеварительных ферментов определяли в желудке (пепсин) и трех отделах кишечника с пилорическими придатками (альфа-амилаза, карбоксипептидаза А и В, липаза, трипсин, химотрипсин, N-аминопептидаза, щелочная фосфотаза и неспецифические эстеразы). В тех же отделах кишечника методом электрофореза в ПААГ с использованием казеина в качестве субстрата определяли количество изоформ/изоферментов щелочных протеаз. Также определена последовательность N-концевых аминокислот для трипсина и химотрипсина путем автоматического секвенирования по Эдману (по 15 аминокислотных остатков).

Активность пепсина между сигами достоверно не отличалась. Установлено, что у исследуемых сигов отсутствовали различия в распределении ферментативной активности по отделам кишечника. Однако уровень активности для большей части ферментов был достоверно выше у сига телецкого по сравнению с сигом Правдина во всех отделах пищеварительного тракта, за исключением заднего. Исследуемые сиги также не различались по составу щелочных протеаз в кишечнике, и в среднем, количество изоформ/изоферментов составило 8-9. Оптимум pH значительно варьировал между различными группами пищеварительных ферментов, но в большинстве случаев соответствовал физиологическим

значениям pH пищеварительного тракта. Различий в pH оптимумах между сигами практически не наблюдалось. Были идентифицированы аминокислотные последовательности трипсин- и химотрипсинподобных протеаз. Таким образом, на данном этапе работы можно заключить, что основные биохимические отличия по пищеварительным ферментам между сигом Правдина (планктофаг) и сигом телецким (бентофаг) заключаются в уровне их активности.

Работа поддержана Российским Научным Фондом, проект №17-74-10071.

Sorokovikova L.M., Onishchuk N.A., Bashenkhayeva N.V., Sakirko M.V., Tomberg I.V., Pogodaeva T.V., Sezko N.P., Marinaite I.I., Zhuchenko N.A.

CHEMICAL COMPOSITION AND WATER QUALITY OF THE BOGUCHANSK RESERVOIR IN THE FIRST YEARS OF FILLING

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
lara@lin.irk.ru

The composition of the waters of the Ust-Ilimsk reservoir substantially determine the chemical composition of the waters of the Boguchansky reservoir. The water is slightly alkaline, low-mineralized and belongs to the bicarbonate class of the calcium group. The content of dissolved oxygen in the transit part is mainly favorable for the development of hydrobionts, whereas in bays high concentrations of hydrogen sulfide confine the development of ichthyofauna. Concentrations of nutrients, organic substances and petroleum products in water are low. Only copper showed an excess of maximum permissible concentration (MPC) for fishery waters observed. In comparison with Bratsk and Ust-Ilimsk reservoirs, the water quality of the Boguchansk reservoir in the first years of filling is higher, which is primarily due to its higher water exchange. The content of chemical components in the transit part of the reservoir complies with the MPC standards for water bodies of non-centralized water supply and fishery purposes. The low-flow bays and flooded wetlands are an exception, since hydrogen sulphide in the absence of oxygen are recorded there.

Bottom sediments of the reservoir belong to the category of permissible pollution soils for the content of heavy metals, mercury and oil products. The reference values of the studied components do not exceed the MPC levels and are close to the clark values for the Earth crust according to A.E. Fersman.

Сороковикова Л.М., Онищук Н.А., Башенхаева Н.В., Сакирко М.В., Томберг И.В., Погодаева Т.В., Сезько Н.П., Маринайте И.И., Жученко Н.А.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КАЧЕСТВО ВОДЫ БОГУЧАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ПЕРВЫЕ ГОДЫ НАПОЛНЕНИЯ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
lara@lin.irk.ru

Богучанское водохранилище четвертое в ангарском каскаде. Заполнение его началось осенью 2012 г. Водохранилище характеризуется высокой проточностью, водообмен 2,5, протяженность водохранилища 375 км. Зона подпора распространяется до створа Усть-Илимской ГЭС. Гидрохимические исследования на акватории водохранилища выполнены в июле 2016 г. и марте 2017 г. на 15 створах. Питание водохранилища и химический состав его вод в значительной степени определяются поступлением вод из Усть-Илимского водохранилища. Как и в других водохранилищах на р. Ангаре вода в Богучанском маломинерализованная, гидрокарбонатного класса, группы кальция. Сумма ионов в воде в основном изменялась в пределах 135-154 мг/дм^3 и была близка к прогнозной 136±10 мг/дм^3 (Домышева и др., 2010). В летний период на водохранилище формируется прямая температурная стратификация, разница температур в зоне скачка составляла 7°С. В зимний период наблюдается обратная температурная стратификация, в поверхностном слое температура не превышала 0,2°С, в придонном – 3,5°С. Воды в Богучанском водохранилище слабощелочные, величина pH изменялась летом от 7,31 до 8,79, зимой – от 7,37 до 7,87. Концентрация растворенного кислорода изменялась в основном от 5,1 до 9,8 мг/дм^3, минимальные значения отмечены на приплотинном участке у дна. На отдельных прибрежных станциях и в заливах в воде отмечен сероводород, его концентрации летом изменялись от следовых количеств (<2 мкг/дм^3) до 14,8 мкг/дм^3. Зимой в заливах рек Кова, Парта и Ката концентрации сероводорода в придонном слое колебались от 391 до 705 мкг/дм^3. По содержанию растворенных газов в транзитной части водохранилища воды в основном благоприятны для жизнедеятельности гидробионтов.

Формирование режима биогенных элементов и органических веществ в воде также определяется их поступлением из Усть-Илимского водохранилища, уровнем развития фитопланктона, поступлением из затопленных почв и растительности. Концентрации биогенных элементов в воде водохранилища изменялись в пределах: аммонийного азота 0-0,046 мг NH4+/дм^3, нитритного азота – 0,001-0,005 мг NO2-/дм^3, нитратного азота – 0,003-0,700 мг NO3-/дм^3, фосфатного фосфора – 0,001-0,110 мг PO43-/дм^3, кремния – 0,39-1,2 мг Si/дм^3. Наименьшее их содержание отмечено летом в трофогенном горизонте, при массовом развитии фитопланктона (Усольцева, Титова, 2017), максимальные – зимой в придонном на приплотинном участке. Общее содержание органических веществ (ХПК) в воде водохранилища в июле изменялось от 5,9 до 12,5 мг О/дм^3, повышаясь на отдельных береговых станциях у дна до 16,6-19,1 мг О/дм^3. В зимний период содержание органических веществ в воде уменьшилось до 3,2-6,3 мг О/дм^3 и только на приплотинном участке на центральной станции составляло 11,1 мг О/дм^3. Содержание легкогидролизуемого органического вещества в водохранилище низкое. Величина БПК5 изменялась летом от 1,08 до 2,16 мг О2/дм^3, снижаясь зимой – до 0,5-1,5 мг О2/дм^3. По содержанию биогенных элементов и органических веществ Богучанское водохранилище соответствует нормам ПДК для водоемов нецентрализованного водоснабжения и рыбохозяйственного назначения (Вода. СанПиН …, 2004).

В первые годы формирования водохранилища регистрировалось повышение концентраций отдельных элементов (алюминий, стронций, барий, марганец) на границе вода–донные отложения, где биогеохимические процессы идут более активно. Анализ показал, что из 132 в 55 пробах воды содержание меди превышало ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. Наиболее высокие концентрации тяжелых металлов отмечены в заливах водохранилища. Например, в воде Ковинского залива концентрации марганца превысили ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения в июле в 45 раз, в августе – в 247 раз, содержание меди в июле превышало ПДК в 43 раза.

Концентрации нефтепродуктов в воде Богучанского водохранилища изменялись от <0,005 до 0,047 мг/дм^3. Для водоемов рыбохозяйственного назначения концентрации нефтепродуктов воде не должны превышать 0,05 мг/дм^3. В воде Богучанского водохранилища превышение ПДК нефтепродуктов отмечено только в летний период в поверхностном горизонте на одной центральной станции (створ 14), на других станциях и в подледный период концентрации нефтепродуктов не превышали норм ПДК.

Донные отложения Богучанского водохранилища представляют собой или затопленные среднесуглинистые дерново-подзолистые и подзолистые почвы (по берегам), или алевритовый аллювий и затопленные луговые почвы (в центральных точках створов 1-15). Среднее содержание органического вещества варьирует в интервале 3-9%, Al_2O_3 – 6-16% и Fe_2O_3 –2-10%. Содержание органических загрязнителей изменяется в пределах: нефтепродуктов – 44-279 мг/кг, АПАВ – 0,5-3,8 мг/кг, фенолов летучих – 0,05-0,12 мг/кг. Содержание тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb, Cd, Sr, Mo, Ni, Co, Cr), мышьяка, ртути близко к кларковым значениям для земной коры по А.Е. Ферсману. Значения суммарного показателя загрязнения донных отложений тяжёлыми металлами, рассчитанного по методическим указаниям для почв, соответствуют категории допустимого загрязнения (Zc< 16).

Sorokovikova L.M., Tomberg I.V., Sinyukovich V.N., Ivanov V.G.

SILICA INPUT WITH WATERS OF THE SELENGA RIVER AND ITS TRANSFORMATION IN THE WATER AREA OF THE SELENGA SHOAL

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
lara@lin.irk.ru

In Lake Baikal like in many other aquatic ecosystems, diatoms are the basic producers of organic matter whose development is dependent on the content of silica in the water. The river flow is the main contributor of silica into Lake Baikal, over 50% with the Selenga River water.

We presented the results of hydrological and hydrochemical studies performed in the Selenga River and Selenga Shoal in 2001-2017. That period was the longest (1996-2017) low water level period during the whole history of hydrometeorological observations on the Selenga River. Average annual flow of the Selenga River near the settlement Kabansk was 910 m^3/s. From the beginning of this century, its maximal values have not exceeded 906 m^3/s. In 2015, the river flow reduced to its historical minimum – 471 m^3/s. The reduction of total humidity within the catchment area of the Selenga River and its water flow caused the increase of silica concentration by 0.5-1.4 mg/L in the river depending on the season. The rise of absolute silica concentrations in the river did not compensate its outflow into the lake, as the silica outflow is determined from the river water level with correlation coefficient 0.90. In 2001-2017, the silica outflow with the Selenga water decreased reaching 66.5% of its average annual flow (114,000 tons). The lowest silica outflow (about 56,000 t) was recorded in 2015. For 17 years beginning from this century, approximately 650,000 t of silica did not enter Lake Baikal with the Selenga water. It means that there was no silica discharge by the river for 5-6 years. The reduction of the silica input causes the decrease of its reserves in the water column of the lake, which have been recorded before (Shimaraev, Domysheva, 2004).

The limited input of silica into the Selenga Shoal for a long period of time gradually decreased its concentrations in the lake water. In the recent years (2013-2017), the concentrations of silica varied within the range of 0.31-034 mg/L in winter and 0.06-0.21 mg/L in summer. The results obtained show that there is silica deficit for the growth of diatoms. The diatoms do not develop if the silica content in the water is below 0.1 mg/L (Gashkina et al., 2012).

The decrease of silica concentrations in the Selenga Shoal was accompanied by the increase of anthropogenic impact and elevated input of nitrogen and phosphorus. By the beginning of the 20th century (Sorokovikova et al., 2000), the input of nutrients into the lake with the river waters significantly increased compared to that in the 1950-1960s. For example, the discharge of nitrate nitrogen and phosphate phosphorus with the Selenga water into the lake increased by 57 and 42%, respectively. The surplus input of nutrients favored the development of algae in Lake Baikal, consumption of silica and removal of its significant amount from the cycle. Similar picture was observed in the North American and other lakes (Schelske et al., 1986; Conley et al., 1993). Such situation has caused further increase of the trophic level in the aquatic ecosystems and development of phytoplankton characteristic of eutrophic environments.

In the recent years, the structure of the phosphorus input into the lake has changed: the input of inorganic phosphorus decreased, whereas that of organic phosphorus increased. In 2010-2016, average outflow of total phosphorus made up 1,770 t/yr, whereas that of inorganic phosphorus was 206 t/yr or only 34% of the value in the 1990s.

The work was supported by the State Grant LIN SB RAS 0345-2016-0008.

Сороковикова Л.М., Томберг И.В., Синюкович В.Н., Иванов В.Г.

ПОСТУПЛЕНИЕ КРЕМНИЯ С ВОДАМИ Р. СЕЛЕНГИ И ЕГО ТРАНСФОРМАЦИЯ НА АКВАТОРИИ СЕЛЕНГИНСКОГО МЕЛКОВОДЬЯ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
lara@lin.irk.ru

В Байкале, как и во многих других водных экосистемах, основным продуцентом органического вещества являются диатомовые водоросли, развитие которых в значительной степени определяется содержанием в воде кремния. Основная часть кремния поступает в Байкал с речным стоком, при этом более 50% с водами р. Селенги.

Гидрологические и гидрохимические исследования р. Селенги и Селенгинского мелководья выполнены в 2001-2017 гг. Этот период является маловодным и самым продолжительным (1996-2017 гг.) за всю историю гидрометрических наблюдений на р. Селенге. Среднемноголетний сток Селенги у с. Кабанск составляет 910 $м^3/с$, при этом с начала века его максимальные значения не превышали 906 $м^3/с$, а в 2015 г. сток уменьшился до исторического минимума 471 $м^3/с$. Снижение общей увлажненности водосборной территории р. Селенги и ее водного стока обусловили повышение концентраций кремния в реке в зависимости от сезона на 0,5-1,4 мг/л. Повышение абсолютных концентраций кремния в реке не компенсировало снижение его выноса в озеро, т.к. вынос кремния определяется водностью реки и характеризуется коэффициентом корреляции не менее 0.90. В течение 2001-2017 гг. вынос кремния р. Селенгой снизился и в среднем составил 66.5% от среднемноголетнего его стока114 тыс. т. Самый низкий сток кремния отмечен в 2015 г. около 56 тыс. т. За 17 лет с начала текущего столетия в Байкал с селенгинскими водами не поступило около 650 тыс. т кремния, что равнозначно полному отсутствию его выноса рекой в течение пяти-шести лет. Снижение поступления кремния обусловливает уменьшение его запасов в водной толще озера, уже регистрируемых ранее (Шимараев, Домышева, 2004).

Ограниченное поступление кремния на Селенгинское мелководье в течение длительного периода обусловило постепенное снижение его концентраций в озерной воде. В последние годы (2013-2017 гг.) содержание кремния зимой изменялось в пределах 0.31-0.34 мг/л, летом - 0.06-0.21 мг/л. Полученные результаты свидетельствуют о дефиците кремния для развития диатомовых водорослей в озере. При концентрациях кремния в воде ниже 0,1 мг/л диатомовые не развиваются (Гашкина и др., 2012).

Снижение концентраций кремния на Селенгинском мелководье формировалось на фоне повышения антропогенной нагрузки и увеличения поступления азота и фосфора. К началу 20 века (Sorokovikova et al., 2000) в сравнении с 1950-1960-ми гг. сток биогенных элементов в Байкал с речными водами значительно увеличился. Только с водами р. Селенги вынос нитратного азота увеличился на 57%, фосфатного фосфора – на 42%. Избыточное поступление питательных веществ способствовало развитию водорослей в Байкале, потреблению кремния и выводу значительной его части из круговорота в донные отложения. Аналогичная картина наблюдалась на Североамериканских и других озерах (Schelske et al., 1986; Conley et al., 1993), что способствовало дальнейшему повышенню трофности водоемов и развитию фитопланктона, характерного для эвтрофных водоемов.

В последние годы произошли изменения в структуре поступления фосфора в озеро – снизился сток минерального, увеличился – органического. Средний вынос Селенгой общего фосфора за 2010-2016 гг. составил 1770 т/год. Вынос же $Р_{мин}$ за рассматриваемый период в среднем составил 206 т/год, или только 34 % от соответствующего показателя 1990-х гг.

Исследования выполнены в рамках госзадания ЛИН СО РАН (тема №0345-2016-0008).

Stepanova V.B.

MACROZOOBENTHOS OF YAMAL LAKES IN THE BUILDING AREA OF THE SEA PORT.

FSBSI “Gosrybcenter”
ecology@gosrc.ru

The article presents data on quantitative and qualitative development of zoobenthos from Yamal peninsula lakes, affected by anthropogenic influences. There are significant changes in species diversity, abundance and biomass of macrozoobenthos in the quarries.

Степанова В.Б.

МАКРОЗООБЕНТОС ОЗЕР ЯМАЛА В РАЙОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА МОРСКОГО ПОРТА

ФГБНУ «Госрыбцентр», 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, д. 33
ecology@gosrc.ru

На восточном побережье полуострова Ямал осуществляется грандиозный проект по строительству и эксплуатации завода по сжижению природного газа (Ямал СПГ) и морского порта Сабетта. В связи с этим водные экосистемы тюменского Заполярья испытывают многофакторное негативное воздействие. Гидротехнические работы могут привести к гибели донных организмов в результате повышения мутности воды и осаждения взвешенных веществ. Цель работы – показать, какие изменения происходят в донных сообществах озер и стариц северо-восточного Ямала после превращения их в карьеры.

В августе-сентябре 2014 г. были проведены гидробиологические исследования на озерах, старицах и карьерах, расположенных в пределах 71º06′55″-71º17′36″ с. ш. и 71º37′42″-72º17′57″в. д. и относящихся к водосборному бассейну Обской губы Карского моря. Пробы зообентоса отбирались в озе-

ре Явхэвто и трех безымянных озерах, глубины в которых составляли от 0,5 до 3,5 м, температура воды – 3,5-4,1°С, грунты были представлены песком и илом с примесью детрита. В донной фауне озер обнаружены круглые и малощетинковые черви, листоногие раки подотряда Conchostraca, водяные клещи и личинки амфибиотических насекомых отрядов Trichoptera и Diptera. Наиболее разнообразно были представлены личинки хирономид – 19 видов. В озерах отмечено от 5 до 15 таксонов, наибольшей частотой встречаемости характеризовались личинки хирономид трибы Tanitarsini (75%), родов *Psectrocladius*, *Trissocladius*, *Procladius*, а также олигохеты (63%). Плотность донных беспозвоночных составляла от 400 до 2840 экз./м², доминировали личинки хирономид (80-98%), среди которых наиболее многочисленными были личинки родов *Orthocladius* (до 2200 экз./м²), *Chironomus* (до 1420 экз./м²), *Tanytarsus* (до 1160 экз./м²). Биомасса хирономид составляла от 0,22 до 2,12 г/м², они чаще всего доминировали в бентофауне, лишь на одной станции преобладали олигохеты (60%). В озере Явхэвто на глубине 0,5 м были обнаружены два вида конхострак, которые доминировали по биомассе (76%).

Обследованные старицы были более мелководны, чем озера (0,4-0,8 м). Температура воды составляла 4,7-6,3ºС, грунты представлены илом и песком с примесью детрита. Зообентос стариц сходен с таковым озер (0,62 по Серенсену) и представлен нематодами, олигохетами, двустворчатыми моллюсками, водяными клещами и личинками амфибиотических насекомых – жесткокрылых и двукрылых. Наибольшее видовое разнообразие отмечено у хирономид – 18 видов. В разных старицах обнаружено от 4 до 16 таксонов донных организмов, во всех старицах встречались олигохеты, личинки хирономид родов *Psectrocladius* и *Procladius*. Плотность донных беспозвоночных составляла от 460 до 11000 экз./м², преобладали личинки хирономид (85-99%), среди которых наиболее многочисленными были личинки рода *Chironomus* (до 5180 экз./м²), *Sergentia coracina* (Zett.) (до 4900 экз./м²), *Lipiniella arenicola* Shilova (до 2920 экз./м²). Биомасса хирономид составляла от 0,01 до 44,91 г/м², доминировали те же виды, что и по численности. В старице, где зообентос был беден качественно, как по численности, так и по биомассе преобладали олигохеты (89-99%). По количественным показателям макрозообентос стариц превосходил таковой озер.

Обследованные нами карьеры – это озера, в которых проводились или проводятся гидротехнические работы, в том числе с использованными земснарядов. Зообентос карьеров, как качественно, так и количественно беднее зообентоса озер и стариц. В двух карьерах в донной фауне обнаружено всего по три вида беспозвоночных (олигохеты и личинки хирономид), численностью 20-80 экз./м², их биомасса не достигала 1 г/м². В бентофауне других карьеров отмечено от 6 до 11 таксонов, в том числе 11 видов и родов хирономид. Плотность донных организмов составляла 20-740 экз./м², причем в карьерах, где количественные показатели зообентоса были низкими, преобладали личинки хирономид (50-100%), более высокие величины численности и биомассы отмечены в водоемах, где в бентосе доминировали олигохеты.

В результате гидротехнических работ на водоемах Ямала происходит снижение видового разнообразия макрозообентоса и его количественных показателей. В озерах и старицах, не затронутых подобной деятельностью, средние значения индекса видового разнообразия Шеннона лежат в пределах от 1,79 до 1,86 (максимальное значение – 3), в то время как в карьерах средняя величина этого показателя была меньше единицы, а на трех станциях индекс Шеннона был равен нулю. Средние значения численности и биомассы донных организмов в карьерах были в 3-30 раз ниже, чем в озерах и старицах.

Stepanova O.G.[1], Trunova V.A.[2], Vorobyeva S.S.[1], Osipov E.Yu.[1], Melgunov M.S.[3], Petrovskii S.K.[1], Krapivina S.M.[1], Zheleznyakova T.O.[1], Enushchenko I.V.[1], Vershinin K.E.[1], Parhomchuk E.V.[4], Rastigeev S.A.[5], Petrozhitsky A.V.[4], Fedotov A.P.[1]

PALEOCLIMATE RECORDS OF THE HOLOCENE INFERRED FROM PROGLACIAL LAKE BOTTOM SEDIMENTS OF EAST SIBERIA

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry SB RAS, Novosibirsk, Russia
[3]Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia
[4]Novosibirsk State University, Laboratory of radiocarbon methods of analyses, Novosibirsk, Russia
[5]Budker Institute of Nuclear Physics SB RAS, Novosibirsk, Russia

Currently, glacier area in the south part of East Siberia is not extensive. In most causes, these glaciers are less than 1 km^2 (Margold, Jansson, 2011; Stokes et al., 2013; Osipov, Osipova, 2014; Kitov et al., 2015). However, alpine relief and other geomorphological evidences such as terminal moraines, fossil shorelines and deltas of glacial lakes indicate extensive glaciation of the area in the past (Back, Strecker, 1998; Osipov et al., 2003).

The goal of this study is to reconstruct a glacier response to climate changes during the Holocene based on high-resolution geochemical proxies inferred from the East Siberian proglacial lakes of the East Sayan Ridge, the Baikalsky Ridge and the Kodar Ridge.

Dating of the sediments cores and fluvio-glacial deposits was based on ^{210}Pb and ^{137}Cs chronology for the upper sediment layers, and radiocarbon (14C) calibration performed by AMS built by Budker Institute of Nuclear Physics, Novosibirsk, Russia.

According obtained 14C data, forming of Tompuda moraine (Northern Baikal) was two studies. The first study begun from Belling-Allered and ended to 11.8-12.4 ka BP. The second study of deglaciation was 9-11 ka BP. In general, Pleistocene glaciers of the East Sayan Ridge, the Baikalsky Ridge and the Kodar Ridge were melted to the early Holocene. The modern glaciers most likely formed during the Little Ice Age.

The intensity of the supply of surface water into proglacial lakes has primarily depended upon a rate melting of glaciers and summer air temperature. The distribution of Rb, Zr, Nb, Y and Th will be closely associated with the clastic material and can be related with a rate melting of glaciers. The elemental composition of bottom sediments were

investigated by two methods: X-ray fluorescence spectrometry and inductively coupled plasma mass spectrometry. X-ray fluorescence spectrometry was undertaken to provide quantitative information on 20 trace elements (from K to U) and a time resolution in "year-season" (Stepanova et al., 2015; Trunova et al., 2015).

We defined three periods of significant increased glacier flow/melting during the last 210 years. The first period (ca. 1800-1890), the supply of suspended material by meltwater into proglacial lakes of the East Sayan Ridge was not intense until 1850 and into proglacial lakes of the Kodar Ridge did until 1875. However, a rate of the supply of meltwater into proglacial lakes of the Baikalsky Ridge was high during the Little Ice Age and decreased at a transition from the Little Ice Age to the Recent Warming. During the second period (ca.1890-1940) the regional glacier water balance were most likely positive. The third period (ca. 1940-the present), the malting rates of glaciers located on the Baikalsky Ridge and the Kodar Ridge were moderate, in contrast to the East Sayan Ridge demonstrated the highest ratio of melting and changes in outlines during this period.

This study was supported by the Program of the Federal Agency of Scientific Organizations under #0345–2016–0006 (AAAA-A16-116122110063-0), RFBR-17-29-05016, RFBR-16-05-00342.

Strakhovenko V.D.[1], Subetto D.A.[2], Ovdina E.A.[1], Danilenko I.V.[1], Belkina N.A.[2], Efremenko N.A.[2], Maslov A.V.[1, 3]

MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL STUDIES OF LATE HOLOCENE BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE ONEGA

[1]V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy RAS, Novosibirs, Russia
[2]Northern Water Problems Institute of the KarRC RAS, Petrozavodsk, Russia
[3]A.N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS Ekaterinburg, Russia
strahova@igm.nsc.ru

In the article there are results of mineralogical-geochemical composition and structure researches of Upper Holocene bottom sediments of Onega lake are been received by the usage of modern analytical methods (for the first time ever with scanning electron microscopy and ICP-MS). The mineral composition of bottom sediments in Lake Onega demonstrates the general terrigenous composition of minerals received by the lake with a river drain and aerosols. Among the authigenic minerals amorphous silicon dioxide, Fe-illite and Fe-chlorite prevail which are the main concentrators of iron. In composition of bottom sediments also own mineral phases of Fe and Mn are established (amorphous and crystal goethite; the birnessite, pirokhroit, pyrolusite and rhodochrosite, vivianite, siderite). The presence of two types of bottom sediment columns has been distinguished with the layer stratification in them determined by diagenesis processes flowing in them in two different variants depending on physical-chemical sedimentation features: with or without the production of Fe-Mn crusts. In a structure of an ore layer there are thin pro-layers from manganese microconcretions (birnessite, pyrolusite), below which in a layer sharply prevails is allocated goethite with various morphology and degree of crystallinity. Multielement diagram of rare-earth elements distribution in these types of columns are different, significantly different in sign and magnitude Ce anomalies, especially in the bottom sediments of the Petrozavodsk Bay. These differences are associated with differences in redox conditions at the boundary of the "water-sediment" during their formation and, possibly, with the presence of gas–fluids in the bottom deposits of the Petrozavodsk Bay, isolated according to geophysical studies.

Investigations were made with financial support from RSF project №16-17-10076 (field works, analytical researches) and RSF project №18-17-00176 (analytical studies of chemical composition of water and variable parameters).

Страховенко В.Д.[1], Субетто Д.А.[2], Овдина Е.А.[1], Даниленко И.В.[1], Белкина Н.А.[2], Ефременко Н.А.[2], Маслов А.В.[1, 3]

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПОЗДНЕГО ГОЛОЦЕНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

[1]Институт геологии и минералогии Сибирского отделения РАН, 630090 Новосибирск, проспект академика Коптюга, 3;
[2]Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН 185030 Петрозаводск, проспект Александра Невского, 50;
[3]Институт геологии и геохимии Уральского отделения РАН 620016 Екатеринбург, ул. Вонсовского, 15
strahova@igm.nsc.ru

Исследования минералого-геохимического состава и строения позднеголоценовых донных отложений Онежского озера получены с использованием современных аналитических методов (впервые методом сканирующей электронной микроскопии и ICP-MS). Минеральный состав осаждающегося в Онежском озере вещества свидетельствует, что его донные отложения в целом наследуют состав аллохтонного материала, поступающего в озеро с речным стоком и аэрозолями. Среди аутигенных минералов преобладают опал, халцедон скелетов диатомей, железистые слоистые силикаты, являющиеся основными концентраторами железа в донных илах. В составе донных осадков установлены собственные минеральные фазы Fe и Mn (аморфный и кристаллический гётит, бёрнессит, пирохроит, пиролюзит, вивианит, родохрозит, сидерит). Установлено наличие в Онежском озере двух типов колонок донных отложений, стратификацию слоев в которых определяют процессы диагенеза, протекающие в двух вариантах в зависимости от физико-химических условий осадконакопления, в результате которых либо формируются железо-марганцевые корки, либо нет. В строении рудного слоя выделяется тонкий прослой из марганцевых микроконкреций (бёрнессит, пиролюзит), ниже которого в корке резко преобладает гётит. Спектры распределения редкоземельных элементов в указанных типах колонок различны,

существенно отличающиеся по знаку и величине Се аномалии, особенно в донных отложениях Петрозаводской губы. Эти отличия связаны с различиями окислительно-восстановительных условий на границе раздела «вода-осадок» во время их формирования и, возможно, с наличием газофлюидов в донных отложениях Петрозаводской губы, выделенных по данным геофизических исследований.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РНФ №16-17-10076 (полевые работы, аналитические исследования) и гранта РНФ №18-17-00176 (аналитические работы по химическому составу воды и переменных параметров).

Sukhanova E.V., Zimens E.A., Belykh O.I.

SEARCHING FOR MICROBIAL PRODUCERS OF BIOACTIVE METABOLITES FROM EPILITHIC BIOFILMS OF LAKE BAIKAL

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
sukhanova@lin.irk.ru

The aim of the work is to search producers of secondary bioactive metabolites from epilithic biofilms of Lake Baikal using genetic and microbiological method.

A collection of heterotrophic bacteria consisting of 167 strains was obtained from microbial communities of biofilms formed on solid substrates in the littoral zone of Lake Baikal. To assess their biotechnological potential, bacteria were screened for the presence of PKS and NRPS genes. PCR analysis detected PKS genes in 41 strains (25%) and NRPS genes in 73 (43%) strains. The occurrence of PKS genes in members of the phylum Firmicutes (the genera *Bacillus* and *Paenibacillus*) was 34% and NRPS genes were found in 78%. In Proteobacteria, PKS and NRPS genes were found in 20% and 32% and in 22% and 22% of Actinobacteria, respectively. For further analysis of PKS and NRPS genes, we selected six *Bacillus* and *Paenibacillus* strains with antagonistic activity, which underwent phylogenetic analysis of 16S rRNA genes. The identification of PKS and NRPS genes in the investigated strains indicated among the homologues the genes involved in the biosynthesis of antibiotics (bacillaene, difficidine, erythromycin, bacitracin, tridecaptin, and fusaricidin), biosurfactants (iturin, bacillomycin, plipastatin, fengycin, and surfactin) and antitumor agents (epothilone, calyculin, and briostatin). Thus, as a result of the conducted search it is shown that the most active producers of secondary metabolites are strains of *Bacillus* and *Paenibacillus* may be of practical interest for biotechnological purposes.

Суханова Е.В., Зименс Е.А., Белых О.И.

ПОИСК МИКРОБНЫХ ПРОДУЦЕНТОВ БИОАКТИВНЫХ МЕТАБОЛИТОВ ИЗ ЭПИЛИТИЧЕСКИХ БИОПЛЕНОК ОЗЕРА БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
sukhanova@lin.irk.ru

Микроорганизмы из различных экологических ниш являются важнейшим ресурсом антибиотических веществ и других биоактивных метаболитов. Известно, что широкий ряд вторичных метаболитов бактериального происхождения синтезируется мультидоменными ферментными «мегасинтазами»: поликетидсинтазами (PKS), синтетазами нерибосомных пептидов (NRPS) и их гибридными комплексами NRPS/PKS (Staunton, Wilkinson, 2001). В геномах бактерий *Serratia, Pseudomonas, Rheinheimera* и *Flavobacterium*, выделенных из эпилитических биопленок озера Байкал, показано разнообразие генов PKS, которые ответственны за синтез антибиотиков и цитостатиков (Суханова и др., 2017). Ранее нами выявлено наличие антимикробной активности в отношении тест-культур у штаммов *Bacillus* и *Paenibacillus*, изолированных из биопленок (Зименс и др., 2014).

Цель работы – провести поиск продуцентов вторичных биоактивных метаболитов из эпилитических биопленок озера Байкал, с помощью генетического и микробиологического метода.

Антагонистическая активность отмечена у 31 штамма из 41. Среди них выявлено 10 штаммов: *Bacillus* spp. 2B, 110-09, 112-09; *Paenibacillus* sp. 37-09; *Pseudomonas* spp. 8-09, 19-09, 62-09, 63-09; *Kocuria* sp. 143-09; *Rhodococcus* sp. 155-09, обладающих высоким антагонизмом по отношению к тест-культурам, в том числе к метициллин-резистентному *S. aureus* MRSA. Для 7 штаммов показана способность подавлять рост тест-культур, относящихся к разным таксономическим группам (множественная антагонистическая активность). Интересно отметить, что для *Bacillus* sp. 2B и *Rhodococcus* sp. 155-09 показаны максимальные зоны лизиса от 7 до 12 мм. Кроме того, штамм *Bacillus* sp. 2B был определен как антагонист с множественной антимикробной активностью, который подавлял рост 6 тест-культур из 7.

Скрининг 167 штаммов на наличие генов NRPS показал положительный ПЦР сигнал у 73 штаммов, принадлежащих к 11 родам: *Bacillus, Paenibacillus, Staphylococcus, Pseudomonas, Aeromonas, Serratia, Rhodococcus, Kocuria, Microbacterium, Streptomyces* и *Flavobacterium*. Общий процент штаммов, содержащих гены NRPS, составил 43%. Высокий процент этих генов обнаружен у рода *Pseudomonas* (57). В то же время встречаемость генов NRPS у представителей филы Firmicutes (*Bacillus* и *Paenibacillus*) достигла 78% от общего числа штаммов этой группы. Эти гены были обнаружены в 32% для филы Proteobacteria и Actinobacteria - 22%.

Скрининг генов PKS определил их наличие в геномах 41 штамма гетеротрофных бактерий, принадлежащих к 14 родам: *Bacillus, Paenibacillus, Pseudomonas, Aeromonas, Serratia, Rhizobium, Devosia, Yersinia, Iodobacter, Kocuria, Pseudoclavibacter, Microbacterium, Brachybacterium* и *Flavobacterium*. Общий процент штаммов с генами PKS составил 25%. Встречаемость генов PKS у представителей филы Firmicutes (*Bacillus, Paenibacillus*) составила 34%, у Proteobacteria - 20% и Actinobacteria – 22%.

Проведена идентификация генов NRPS у 23 штаммов различных родов бактерий: *Bacillus* spp.

(12 шт.), *Paenibacillus* spp. и *Pseudomonas* spp. (по 4 шт.), *Serratia* sp. 1A, *Brevundimonas* sp. K31и и *Rhodococcus* sp. 155-09. Для штаммов *Brevundimonas* sp. K31и, *Serratia* sp. 1A и *Bacillus* sp. 149-09 среди полученных последовательностей не идентифицированы гены NRPS. Интересно отметить, что для последовательностей генов NRPS из актинобактерии штамма *Rhodococcus* sp. 155-09 получена низкая гомология (41–67%), при этом ближайшие родственники были определены из *Streptomyces* sp. NBRC 110611 и *Frankia alni* ACN14a. Для *Bacillus* и *Paenibacillus* среди ближайших родственников, определены гены, кодирующие синтез пептидных и липопетидных антибиотиков (бацитрацин, бациллорин, фузарицидин и тридекаптин фенгицин, бацилломицин, плипастатин, сурфактин и итурин). Последовательности генов NRPS, полученные из штаммов рода *Pseudomonas* spp. имели высокую гомологию с ближайшими родственниками, среди которых были определены гены, кодирующие синтез антибиотика (грамицидин) и сидерофора (пиовердин).

Для шести штаммов родов *Bacillus* и *Paenibacillus* проведена идентификация генов PKS. При клонировании и секвенировании продуктов амплификации получено 43 последовательности, гомологичных на 96–100% зарегистрированным в GenBank. Среди гомологов обнаружены гены биосинтеза антибиотиков (бациллаена, диффицидина, эритромицина, сорангицина, батумина, плипастатина) и противоопухолевых агентов (эпотилона, каликулина и бриостатина). Таким образом, в результате проведенного поиска показано, что наиболее активными продуцентами вторичных метаболитов являются штаммы *Bacillus* и *Paenibacillus* могут представлять практический интерес в биотехнологических целях.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме №0345-2016-0003 (АААА-А16-116122110061-6) “Микробные и вирусные сообщества в биопленках …” и при финансовой поддержке РФФИ проект №18-34-00443.

Suslin V.V.[1], Belykh O.I.[2], Sherstyankin P.P.[2], Glyzina O.Yu.[2], Churilova T.Ya.[3]

SOUTHERN BAIKAL: JOINT ANALYSIS OF SATELLITE DATA IN VISUAL SPECTRAL RANGE AND *IN SITU* CHLOROPHYLL *A* MEASUREMENTS

[1]Marine Hydrophysical Institute RAS, 2 Kapitanskay str., Sevastopol 299011, Russia
[2]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[3]Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, 2 Nakhimov Ave., Sevastopol, 299011, Russia
slava.suslin@mhi-ras.ru

In current work, the relationships between ocean color level-2 products of *SeaWiFS-OrbView2* and *MODIS-Aqua* instruments and *in situ* measured chlorophyll *a* concentrations were investigated for the southern part of Lake Baikal during 2004-2006. As it was expected in waters with a high content of colored dissolved organic matter, the satellite standard product overestimated in situ chlorophyll a in most cases. Two clusters were designated. The first one corresponded to May-July (first half) and was characterized by relatively low values of backscattering coefficients in the upper layer of water. The second cluster (from second half of July to the end of October or first half of November) was characterized by high values of backscattering coefficient in the upper layer of water, which might be related to the river Selenga influence. For both clusters, empirical equations describing links between chlorophyll *a* concentration and ratios of the normalized water-leaving radiances at the wavelengths within domain 480-560 nm were received. It should be noted, that for both clusters the relationship between two different ratios of normalized water-leaving radiances had similar type (slope) for both *SeaWiFS-OrbView2* and *MODIS-Aqua* products. Obtained relationship is likely to be related to different values of specific phytoplankton absorption coefficient in spectral domain of 550-560 nm. It was shown, that values of absorption coefficient by the colored dissolved organic matter in sum with non-algal particles were higher than values of this parameter obtained in the Black Sea. The received in work relationships can be considered as a first step on a way to monitoring bio-optical properties of the upper layer of the Baikal waters with use of satellite measurements in a visible domain. The obtained results could be considered as first step in development of the system of ecological monitoring based on satellite data in visible domain. At the same time, it is evident that investigation of variability in light absorption by all in-water optically active matter – by phytoplankton, non-algal particles and colored dissolved organic matter.

The work presented in this report was carried out in the framework of RF state task according to plan of scientific research of the AO. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research (theme №АААА-А18-118020790229-7) and of the Marine Hydrophysical Institute (theme №АААА-А18-118020890112-1). The work was partially supported by RFBR (project №17-05-00113\18).

Суслин В.В.[1], Белых О.И.[2], Шерстянкин П.П.[2], Глызина О.Ю.[2], Чурилова Т.Я.[3]

ЮЖНЫЙ БАЙКАЛ: СОВМЕСТНЫЙ АНАЛИЗ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ В ВИДИМОМ ДИАПАЗОНЕ СПЕКТРА И *IN SITU* ИЗМЕРЕНИЙ ХЛОРОФИЛЛА А

[1]Морской гидрофизический институт РАН, 2 Капитанская ул., Севастополь 299011, Россия
[2]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[3]Институт морских биологических исследований им. Ковалевского РАН, 2 пл. Нахимова, Севастополь 299011, Россия
slava.suslin@mhi-ras.ru

В работе исследовались связи между спутниковыми продуктами второго уровня (*SeaWiFS* & *MODIS-Aqua*) и *in situ* измерениями концентрации хлорофилла *a*, полученные для южной части озера Байкал с 2004 по 2006 гг. Как и следовало ожидать, для вод богатых растворенной органикой, спутниковый стандартный продукт в большинстве случаев завышал данные *in situ* наблюдений. Нам удалось выделить

два кластера. Первый, приблизительно относился к периоду времени май – первая половина июля и характеризовался относительно низким значением коэффициента обратного рассеяния света в верхнем слое воды. Второй, начинался со второй половины июля и заканчивался в конце октября или первой половине ноября и характеризовался, как правило, высоким значением коэффициента обратного рассеянием света в верхнем слое воды (влияние вод р. Селенга). Для обоих кластеров получены эмпирические формулы, описывающие связи между концентрацией хлорофилла *a* и отношениями нормализованной яркости света, выходящей из-под поверхности воды, для спектрального интервала длин волн 480-560 (далее индексы). Для обоих кластеров отмечен один и тот же наклон в пространстве двух индексов как по данным *SeaWiFS*, так и по данным *MODIS-Aqua*. Наличие обратной связи между индексами возможно связано с разными величинами удельного (нормированного на содержание хлорофилла а) показателя поглощения фитопланктона в спектральном интервале 550-560 нм. Показано, что показатели поглощения света окрашенным растворённым органическим веществом в сумме с неживым взвешенным веществом превышают величины аналогичного показателя, полученные для Чёрного моря. Полученные результаты можно рассматривать в качестве первого шага в направлении развития системы экологического мониторинга с использованием спутниковых данных в видимом диапазоне спектра. Вместе с тем очевидна необходимость исследования пространственно-временной изменчивости поглощения света всеми оптически активными компонентами среды – фитопланктоном, взвешенным и растворённым органическим веществом.

Работа выполнена по темам государственного задания «Структурно-функциональная организация, продуктивность и устойчивость морских пелагических экосистем» (гос. рег. №АААА-А18-118020790229-7), «Развитие региональных алгоритмов восстановления биооптических характеристик Черного моря» (в объединённом проекте "Развитие методов и средств оперативной океанологии для исследований изменчивости полей Черного моря") (гос. рег. №АААА-А18-118020890112-1) и частично при поддержке РФФИ, грант №17-05-00113\18).

Suslayev V.I., Zhuravlev V.A., Korovin E.Yu., Tretiakov A.S., Suslayev V.V., Pavlova A.A.

MICROWAVE ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF WATER OBJECTS OF WESTERN SIBERIA

Tomsk state university
susl@mail.tsu.ru

West Siberia is one of world climate-forming regions on account of presence of Vasugan swamp and Ob-Irtish pond with huge water reserves. Monitoring of geochemical conditions, for example electro conductivity, of rivers, lakes, and streams allows determine the direction of climate changing vector. Electro conductivity of water environment represents physicochemical processes of water and bedrock interaction, characterizes ecological condition of natural and artificial water bodies, allows determine the living conditions of river inhabitants. Lakes and streams water formed by permafrost melting can be distinguished from water of precipitation. Reliability of estimation of climate changing determines by size of area under study. Necessary value requires application of remote sensing method of aerospace and unmanned aerial vehicles.

Information about electro physical characteristics of water bodies of region under study is useful for decryption of remote sensing results. This information can be obtained by laboratory and field research. At the present work electro physical characteristics of set of number of water bodies of West Siberia for meridional direction from Lake Teletskoye to village Hanimey of Yamal-Nenets Autonomous District are presented. Results (complex permittivity) were obtained using equipment of “Center for Radio Measurements of TSU” (ckp.tsu.ru/about/directions/radiophysics/). Samples were investigated by measuring of microwave electro conductivity of water by mobile hardware made by staff of Laboratory for Radiophysical and Optical Methods of Environmental Research (Centre for research into biota, climate, and landscape (BIOCLIMLAND)) and “Aquasensor Ltd”. Electro conductivity of rivers and streams differ by an order of magnitude. Interdisciplinary researches, including geochemical, biological, neo geographic, are ought to be done to identify causes of this difference.

The research was carried out within the state assignment of scientific investigations (agreement №14.578.21.0205) of Russian Ministry of Education and Science (unique identifier of agreement: RFMEFI57816X0205).

Сусляев В.И., Журавлев В.А., Коровин Е.Ю., Третьяков А.С., Сусляев В.В., Павлова А.А.

СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Томский государственный университет
susl@mail.tsu.ru

Регион Западной Сибири относится к климатообразующим областям за счет расположения на его территории Васюганского болота и Обь-Иртышского бассейна, которые обладают огромными водными запасами. Мониторинг геохимического состояния, в частности электропроводимости, рек, ручьев и озер позволяет определить направление вектора изменения климата. Электропроводимость водной среды отражает физико-химические процессы взаимодействия с подстилающими породами, характеризует экологическое состояние природных и искусственных водных объектов, позволяет отслеживать комфортность условий жизнедеятельности речных обитателей. Сравнением электропроводности различают воду в озерах и ручьях, которые образовались из растаявшей мерзлоты либо из атмосферных осадков. Достоверность оценки климатических изменений определяется размерами исследуемой пло-

щади, необходимую величину которой невозможно достичь без применения дистанционных методов зондирования аэрокосмическими или беспилотными летательными аппаратами.

Для дешифрования результатов зондирования, полученных микроволновыми методами, требуется информация об электрофизических характеристиках водных объектах исследуемого региона, которая может быть получена в результате лабораторных или полевых исследований. В данной работе приводятся электрофизические характеристики ряда водных объектов Западной Сибири в меридиональном направлении от Телецкого озера до поселка Ханымей Ямало-Ненецкого автономного округа. Результаты получены измерением спектров комплексной диэлектрической проницаемости в ЦКП «Центр радиоизмерений ТГУ» (ckp.tsu.ru/about/directions/radiophysics/) на образцах, отобранных из водных объектов и прямыми измерениями микроволновой электропроводимости воды мобильными аппаратными средствами, разработанными сотрудниками лаборатории радиофизических и оптических методов исследования окружающей среды, входящей в Центр превосходства Томского государственного университета «Биота. Климат. Ландшафт», и ООО «Аквасенсор». Результаты показывают, что электропроводность рек и ручьев различаются более, чем на порядок. Даже у близко расположенных объектов проводимость может отличаться в разы. Для выявления причин такого различия необходимо проводить междисциплинарные исследования, включая геохимические, биологические, неогеографические.

Проект поддержан ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы». Соглашение о предоставлении субсидии №14.578.21.0205.

Suslova M.Yu.[1], Tsydypova S.B.[2], Grebenshchikova V.I.[2]

CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL COMPOSITION OF WATER SOURCE OF ANGARA IN 2017

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Institute of Geochemistry Vinogradova SB RAS, Irkutsk, Russia
suslova@lin.irk.ru

Information on change of macrocomponent composition and on the number of bacteria of water of a source of the Angara River (a drain of Baikal) obtained during 2017 is provided. Selection and the analysis of tests were carried out at the same time on a water intake to the item Listvyanka and nearby in a coastal part of Angara. Conclusions are drawn on the possible reasons of change of chemical composition of water and also on similarity and difference of water in a coastal part and from a source water intake. Information of water of a source of the Angara River (a drain of Baikal) obtained during 2017-2018 is provided.

Суслова М.Ю.[1], Цыдыпова С.Б.[2], Гребенщикова В.И.[2]

ХИМИЧЕСКИЙ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ В ИСТОКЕ АНГАРЫ В 2017 Г.

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия
suslova@lin.irk.ru

Река Ангара является единственным стоком озера Байкал. По ее химическому составу можно судить об общем состоянии озера Байкал, который интересен всем исследователям.

Геохимикам и химикам Байкал и Ангара интересны тем, что на протяжении длительного изучения воды было установлено постоянство ее состава. В связи с этим имеющиеся литературные данные и собственная информация о химическом составе воды позволяют говорить о 70-летних природных вариациях ее состава и необходимости дальнейших наблюдений в мониторинговом режиме для решения различных вопросов (Гребенщикова и др., 2018).

Объектом многолетних исследований Института геохимии СО РАН являлась река Ангара в месте ее истока, расположенного в 70 км от Иркутска, вблизи пос. Листвянка. С августа 2017 года начат отбор проб для микробиологического анализа воды сотрудниками ЛИН СО РАН. Отбор проб поверхностной воды в истоке реки проводили на удалении 1 м от берега напротив Шаман-Камня, на глубине 0,4-0,5 м и одновременно рядом на водозаборе, в который вода истока поступает с глубины 6 м. На водозаборе в 2011 г. установлена ультрафиолетовая защита.

Исследовался химический (макро- и микрокомпонентный) и микробиологический составы воды. Микробиологический анализ представлен санитарно-микробиологическими группами (общее микробное число (ОМЧ), общие колиформные бактреии (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), колифаги, энтерококки (МУК 4.2.1018-01, МУК 4.2.1884-04)); так же определяли численность органотрофов, олиготрофов, психрофилов, протеолитиков, амилолитиков и фосфор растворяющих микроорганизмов (Горбенко, 1992; Родина, 1965; Нетрусов, 2005).

Обзор полученных ежемесячных данных по ионному составу воды истока Ангары в 2017 г. показал отчетливо выраженные закономерности в изменении ее состава. В 2017 году в районе истока отмечались необычно высокие вариации температуры воздуха: от – 30 до + 30°С. Поверхностная вода истока прогрелась раньше, чем придонная, поступающая из Байкала. Однако осенью и зимой придонная вода из водозабора оставалась более теплой.

Уже давно известно, что вода Байкала и истока относится к слабоминерализованному гидрокарбонатно-кальциевому типу, что подтверждается и в 2017 году. Предельный минимум величины pH зафиксирован в июле, а максимум – в мае. Содержание кислорода в воде истока и Байкала в 2017 г. из-

менялось от 8 до 14 мг/л. Минимальное значение отмечалось в жарком июле, когда наиболее была активизирована фито-зоопланктонная жизнь в водоеме истока Ангары.

Суммарная концентрация растворенных солей в воде в среднем составляет около 96-100 мг/л. В течение последних 20 лет минимальное содержание отмечалось в прошедшем июле 2017 г. – 87 мг/л, максимальное 112 мг/л – в мае 2012 г. Однозначно можно сказать, что повышенная минерализация в 2017 г. характерна для весны и осени. Соответственно изменяется содержание гидрокарбонат-иона и значение pH.

Азотистые соединения в воде истока наиболее резко реагируют на изменение температуры. В весенне-летнее время, когда начинается вегетационный период для фито- и зоопланктона содержания нитрита, нитрата и катиона аммония относительно низкие. С наступлением холодов содержания нитратов резко увеличиваются. Стоит отметить увеличение содержаний нитрат-иона в сентябре 2017 г. и затем уменьшение при похолодании. Предположительно это может быть связано с увеличением объема сточных вод в пос. Листвянка в связи с огромным количеством туристов на Байкале в летом 2017 г.

В распределении содержаний Cl-иона в течение 2017 г. отмечается 2 повышения – весной и более контрастное – осенью. Возможно, это также обусловлено увеличением туристической нагрузки на воду Байкала и соответственно на исток Ангары.

Качество воды водозабора и береговой части истока реки Ангара отличаются. Пробы, отобранные на водозаборе, соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.1175-02 для нецентрализованного водоснабжения. Результаты анализа показали отсутствие кишечной микрофлоры и количество общего микробного числа колеблется от 0 до 75 КОЕ/мл.

В поверхностной воде истока Ангары обнаружены бактерии групп кишечной микрофлоры с максимальными значениями в августе, где ОКБ составили 88 КОЕ/100 мл, ТКБ 12 КОЕ/100 мл и энтерококков 1 КОЕ/100 мл, также ОКБ детектировали в октябре и декабре в количестве 2-3 КОЕ/100 мл, соответственно, что не соответствует нормам для питьевых вод. Численность органотрофных микроорганизмов в летне-осенний период с августа по октябрь колебалась от 73 до 60 КОЕ/мл, а в ноябре-декабре от 2 до 16 КОЕ/мл. Численность психрофильных микроорганизмов в среднем 1,5 раза выше органотрофов. Отличительной чертой вод истока является наличие микроскопических плесневых грибов, которые относятся к активным деструкторам.

Выявлено, что микробиологический состав воды истока реки Ангара претерпевает незначительные изменения, обусловленные сезонами года и соответственно меняющейся температурой воды и антропогенной нагрузкой. При этом воду истока реки Ангара в качестве питьевой использовать нельзя, но по требованиям для поверхностных вод она полностью соответствует нормативам.

Необходимо проведение дальнейших мониторинговых исследований химического и микробиологического состава воды в истоке Ангары и на Байкале.

Исследование выполнено в рамках государственного задания по теме №0345-2016-0003) (АААА-А16-116122110061-6) и поддержано грантом РФФИ №17-29-05022 офи_м.

Sutorikhin I.A., Kolomeytsev A.A., Litvinenko S.A., Frolenkov I.M.

HYDROOPTICAL PARAMETERS OF LAKE TELETSKOYE IN THE SUMMER AND WINTER PERIODS 2017-2018

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, 656038, Barnaul, Molodezhnaya St., 1.
sia@iwep.ru

To study the hydrooptical characteristics of Lake Teletskoye water are single works (Lepneva, 1937, Selegaley, 2011), while the transparency of water is one of the most important factors determining underwater illumination and the depth of the photographic layer of which studies are necessary for clarifying the processes of photosynthesis, as well as for solving environmental monitoring problems water ecosystems (Shifrin, 1983). It is also interesting that the Teletskoye Lake is dynamic due to the formation of a lake thermal bar with two periods of complete convective mixing to maximum depths (May-July and October-December) (Pushistov, 2016).

Based on the data of field measurements of the spectral transmittance of water from the Teletskoye Lake at various depths in August 2017 and March 2018, the values of the primary hydrooptical characteristic-the spectral attenuation of light in the range 400-800 nm are presented. Samples of water in the summer were selected using bathometers from the side of the ship-laboratory. In winter time – by drilling holes and the same bathometers. Measurements of the transmittance of water were carried out using a spectrophotometer PE-5400UF. The chlorophyll “a” concentrations and the temperature stratification of water in depth were also determined. The obtained results showed the range of variation of the spectral index of light attenuation at different depths and places of the lake water area during the summer and winter temperature stratification. Based on the results obtained, an assessment of the impact of anthropogenic factors of coastal areas on the lake ecosystem was made.

Суторихин И.А., Коломейцев А.А., Литвиненко С.А., Фроленков И.М.

ГИДРООПТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА В ЛЕТНИЙ И ЗИМНИЙ ПЕРИОДЫ 2017-2018 ГГ.

Институт водных и экологических проблем СО РАН, 656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1
sia@iwep.ru

К изучению гидрооптических характеристик воды Телецкого озера относятся единичные работы (Лепнева, 1937; Селегей, 2011), в то время как прозрачность воды является одним из важнейших факторов, определяющих подводную освещённость и глубину фотического слоя, исследования которых необходимы для выяснения процессов фотосинтеза, а также для решения задач экологического

мониторинга водных экосистем (Шифрин, 1983). Интересен и тот факт, что Телецкое озеро – динамическое вследствие формирования озерного термического бара с двумя периодами полного конвективного перемешивания до максимальных глубин (май-июль и октябрь – декабрь) (Пушистов, 2016).

На основе данные натурных измерений коэффициентов спектрального пропускания воды Телецкого озера на различных глубинах в августе 2017 и марте 2018 гг. представлены значения первичной гидрооптической характеристики – спектрального показателя ослабления света в диапазоне 400-800 нм. Пробы воды в летнее время отбирались с помощью батометров с борта теплохода-лаборатории. В зимнее время – путем бурения лунок и тех же батометров. Измерения коэффициента пропускания воды проводились на спектрофотометре ПЭ-5400УФ. Так же определялись концентрации хлорофилла «а» и температурная стратификация воды по глубине. Полученные результаты показали диапазон изменения спектрального показателя ослабления света водой на разных глубинах и местах акватории озера в период летней и зимней температурной стратификации. На основании полученных результатов сделана оценка влияния антропогенных факторов прибрежных территорий на экосистему озера.

Sutyrina E.N.

LONG-TERM VARIATION OF ICE-THERMAL CONDITIONS OF LAKE HOVSGOL ACCORDING TO SATELLITE DATA

Irkutsk State University, Faculty of Geography, 664003, Irkutsk, K. Marx st., 1
ensut78@gmail.com

Hovsgol is a high-mountain lake located in the north of Mongolia between the coordinates – Latitude: 50°25'N – 51°37'N; Longitude: 100°09'E – 100°48'E and about 200 km south-west from Lake Baikal at an altitude of 1645 m above sea level and almost 1190 m above the level of Lake Baikal. Under conditions of modern climate change and increasing anthropogenic pressure on the water body, it is necessary to update the information about characteristic of ice-and-thermal regime of Lake Hovsgol. The surface water temperature and the characteristics of the ice regime are significant parameters of the state of the lake ecosystem and important indicators that allow us to identify climate change. Dimensions of Lake Hovsgol with the water area of 2.76 thousand km² make it reasonable to use the satellite remote sensing data to study the characteristics of its ice-thermal regime.

Thus, the purpose of this study was to study the features of long-term variation in ice-thermal parameters of Lake Hovsgol using the AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) data for 1998-2017.

The paper describes the developed approach for assessing and mapping the stages of melting and destruction of the snow-ice cover of Lake Hovsgol in the spring and methods for estimating the lake surface water temperature during an ice-free period according to the AVHRR data. A series of the ice situation maps and lake surface water temperature maps in 1998-2017 were compiled during the investigation. Based on the obtained cartographic materials, the specificity of ice disappearance on Lake Hovsgol were studied and it was found that the range of the terms of complete ice disappearance was 21 days, changing from June 5 to June 26 for a long period. The influence of several atmospheric circulation processes, like Arctic Oscillation, Siberian Anticyclone, Southern Oscillation etc., on the ice conditions of Lake Hovsgol was shown.

Based on the obtained water surface temperature fields, the inter-annual and intra-annual variability in Lake Hovsgol surface water temperature distribution has been studied and it was revealed that the greatest inter-annual variability of its surface temperature exists in August, when the greatest warming of the given reservoir surface was usually observed. A significant inter-annual variability of the maximum values of water surface temperature in the open parts of Lake Hovsgol was shown. The contribution of a number of significant factors, among which were the previous weather conditions and the timing of ice disappearance, to the formation of temperature fields on the surface of Lake Hovsgol was estimated.

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, №17-29-05045.

Сутырина Е.Н.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕДОВО-ТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОЗ. ХУБСУГУЛ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», географический факультет, 664003,
г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
ensut78@gmail.com

Хубсугул – высокогорное озеро, расположенное на севере Монголии между 50°25´ и 51°37´ с.ш. и между 100°09´ и 100°48´ в.д. примерно в 200 км к юго-западу от озера Байкал на высоте 1645 м над у.м. и почти на 1190 м над уровнем Байкала. В условиях современного изменения климата и возрастающей антропогенной нагрузки на водоём необходима актуализация информация о параметрах ледово-термических режима озера Хубсугул. Температура поверхности воды и характеристики ледового режима являются значимыми параметрами состояния экосистемы озера и важными индикаторами, позволяющими выявить климатические изменения. Размеры оз. Хубсугул с площадью акватории в 2,76 тыс. км² делают обоснованным использование для изучения характеристик его ледово-термического режима данных дистанционного спутникового зондирования.

Таким образом, целью данного исследования являлось изучение особенностей многолетних изменений параметров ледово-термического режима озера Хубсугул с применением данных радиометра AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) за 1998-2017 гг.

В статье даётся описание разработанной методики оценки и картирования стадий стаивания и разрушения снежно-ледяного покрова на озере Хубсугул в весенний период и методики оценки температуры

поверхности воды озера в безледоставный период по данным AVHRR. В рамках исследования составлены серии карт-схем ледовой обстановки и распределения температуры на поверхности озера в 1998-2017 гг. По полученным материалам была изучена специфика очищения ото льда озера Хубсугул и было установлено, что разброс сроков полного очищения составляет 21 день, меняясь с 5 июня по 26 июня за многолетний период. При этом показано влияние сразу нескольких атмосферных циркуляционных процессов на ледовые условия оз. Хубсугул: Арктического колебания, Сибирского антициклона, Южного колебания и др.

По полученным полям температуры поверхности воды изучена внутригодовая и межгодовая изменчивость в распределении температуры поверхности озера Хубсугул и выявлено, что наибольшая межгодовая изменчивость температуры на его поверхности наблюдается в августе, который в целом характеризуется наибольшим прогревом поверхности данного водоёма. Показано значительная межгодовая изменчивость максимальных значений температуры поверхности воды в открытых частях озера Хубсугул. Дана оценка вклада ряда значимых факторов в формирование температурных полей на поверхности озера Хубсугул: предшествующих погодных условий и сроков очищения водоёма ото льда.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект №17-29-05045.

Tabakova M.A., Ryadinskaya N.I.

THE HEPATIC TRIAD OF THE BAIKAL SEAL

Department of Anatomy, Physiology and Microbiology, Faculty of Biotechnology and Veterinary Medicine,
A.A. Ezhevsky Irkutsk State Agrarian University, Irkutsk region, settl. Molodezhniy
mary.1311@mail.ru, ryadinskaya.nina@mail.ru

The liver of the Baikal seal in the abdominal cavity adjoins the diaphragm with a blunt edge through which the hepatic sinus passes and is located in the frontal plane in the region of the xiphoid process in the right and left hypochondria of the epigastrium and the right lining of the mesohastrium, with a sharp edge protruding beyond the costal arch, liver. The portal vein and the hepatic artery, entering the gates of the liver, branch out the right and left trunks. From the right to the right lateral lobe are 3 branches and 1 in the tailed process. From the left trunk, 3 branches branch into the right medial lobe of the liver; in the square - 4, in the left medial - 2; in the body of the caudate lobe - 1 and in the left lateral lobe - 1, branched in the lobe by 2. The wall of the hepatic tirada is represented by three membranes: the intima of the interlobular vein and artery is represented by the endothelium, and the interlobular bile duct - by the single-layer prismatic epithelium; medial interlobular veins - single circularly located glaucoma cells, interlobular artery - obliquely or circularly oriented smooth muscle cells, and interlobular bile duct - obliquely or circularly oriented smooth muscle cells; adventitia - a loose fibrous connective tissue.

Табакова М.А., Рядинская Н.И.

ПЕЧЕНОЧНАЯ ТРИАДА БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского,
Иркутская область, пос. Молодежный
mary.1311@mail.ru, ryadinskaya.nina@mail.ru

Работа выполнена на кафедре анатомии, физиологии и микробиологии ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского». Объект - байкальская нерпа, добытая в Кабанском районе Республики Бурятия в рамках Программы НИР, утвержденной в Росрыболовстве РФ на 2015 год. Материалом – печень байкальской нерпы от неполовозрелых особей возрастом от 1 года до 3 лет (n=9).

Вскрытие – по методу Шора Г.В. (1971). Топографию и форму печени определяли препарированием. Фотографирование на фотоаппарат «Nikon Coolpix L830». Окрашивали срезы (5-7 мкм) гематоксилин с эозином. Для морфометрии стенки триады использовали бинокулярный микроскоп марки Levenbuk 625 Biological, цифровую камеру S510 NG5MPIXEL и программу Scope Photo.

Печень у байкальской нерпы крупная пищеварительная застенная железа, прямоугольной формы, которая имеет выраженную дольчатость и разделяется междолевыми вырезками на 6 долей: правую латеральную и медиальную, квадратную, левую медиальную и латеральную, хвостатую. В брюшной полости тупым краем печень прилегает к диафрагме, по которому проходит печеночный синус. Располагаясь во фронтальной плоскости в области мечевидного отростка в правом и левом подреберьях эпигастия и правом подвздохе мезогастрия, печень в норме острым краем выступает за реберную дугу. На уровне линии между средней и правой латеральной долей на висцеральной поверхности располагаются ворота печени, куда вступают воротная вена и печеночная артерия, и выходит желчный проток, образующие триаду печени.

Воротная вена и печеночная артерия, заходя в ворота печени, разветвляются правый и левый стволы. От правого ствола отходят по рассыпному типу три ветви в правую латеральную долю и одна, идущая в хвостатый отросток хвостатой доли. От левого ствола или от места соединения правого и левого стволов отходят три ветви, идущие в правую медиальную долю печени. Левый ствол отдает четыре ветви, идущие в квадратную долю печени. В левую медиальную доли отходят две ветви. В левую латеральную долю от левого ствола отходит один мощный ствол, который затем разделяется на два ствола, один из которых направляется к тупому краю печени и в среднюю часть. Вторая ветвь идет к острому краю печени. Сама хвостатая доля получает кровоснабжение от левого ствола. Аналогичный ход имеют желчевыводящие протоки, оканчивающиеся в желчном пузыре, располагающимся у байкальской нерпы между правой медиальной и квадратной долями на висцеральной поверхности.

В паренхиме каждой доли ветви распределяются по рассыпному или смешанному типу на 2, 3 или 5 различных по диаметру ветвей. Воротная вена, печеночная артерия и желчевыводящий проток

образует более мелкие вены, которые формируют сегмент, имеющий обособленный приток венозной и артериальной крови, а также собирающий желчь из паренхимы печени.

Известно, что структурно-функциональной единицей является печеночная долька. По периферии дольки располагается печеночная тирада, состоящая из междольковой вены, междольковой артерии и междолькового желчного протока.

Стенки триады представлены тремя оболочками. Интима междольковой вены и артерии представлена эндотелием и имеет небольшую складчатость, медия междольковой вены – единичными циркулярно расположенными гладкомышечными клетками, а междольковой артерии построена из гладкомышечной ткани, пучки которой идут по спирали. Слизистая оболочка междолькового желчного протока выстлана однослойным призматическим эпителием. Мышечная оболочка включает косо или циркулярно ориентированные гладкомышечные клетки. Наружная оболочка или адвентиция сосудов триады состоит из рыхлой волокнистой соединительной ткани, в которой коллагеновые волокна и сети эластических волокон вытянуты в циркулярном направлении.

Стенка междольковой вены очень тонкая (lim 6,38… 12,69 мкм). Междольковая артерия имеет незначительный диаметр и просвет по сравнению с междольковой веной печени. При измерении стенки печеночной артерии были установлены следующие лимиты lim 5,28…9,32 мкм, а междолькового желчного протока lim 5,8…9,53 мкм.

Tanabe Yu.[1, 2], Kokubun N.[1, 2], Hayashi K.[3], Fujitake N.[4], Kida M.[4], Kudoh S.[1, 2]

SEASONAL CHANGE OF PHOTOSYNTHESIS OF PHYTOBENTHIC COMMUNITIES IN ANTARCTIC LAKES

[1]National Institute of Polar Research, Japan
[2]SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies), Japan
[3]Institute for Agro-Environmental Sciences, NARO, Japan
[4]Kobe University, Japan
ukko@nipr.ac.jp

The most luxuriant vegetation is found in freshwater lakebeds as thick phytobenthic mats in East Antarctica. Photosynthetic activities of phytobenthic mats are measured well in many lakes on Antarctica during summer, whereas little is known about it for a period from autumn to spring. We collected phytobenthic mat samples from Lake West Ongul (69°01′S, 39°33′E) in Sôya Coast, East Antactica once or twice per month throughout the year except June, and from nine freshwater lakes (69°14′S-69°30′S, 39°33′E-39°47′E) in Sôya Coast, East Antactica in both summer and early-spring during 2017-2018, of which two lakes were a target of continuous monitoring of PAR (photosynthetically active radiation) and temperatures underwater by installing mooring systems. Then, we measured photosynthetic characteristics using a chlorophyll fluorescence instrument (Phyto-PAM, Walz) as soon as possible after arrival in the base, and rest of the samples were frozen in the dark at -20°C for analyzing the pigments composition as an index of light-utilization and photo-community composition. The photosynthetic activities peaked in early spring, then decreased toward summer although phototrophs can most get light energy in a year.

Teryaeva I.Yu., Surkov DA, Romanenko G.A.

BIODIVERSITY OF PARASITOFAUNA IN THE RIVERHEAD OF THE OB (ALTAI TERRITORY)

Altai branch of FGBICU “Gosrybtsentr”, Barnaul, st. Proletarskaya, 113
artemiaprgn@mail.ru

In the Altai Territory, *Leuciscus idus* (Linnaeus, 1758), *Abramis brama* (Linnaeus, 1758), *Stizostedion lucioperca* (Linnaeus, 1758), *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758), *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758, *Esox luci*us Linnaeus, 1758, *Lota lota* Linnaeus, 1758 from the p. Ob with ducts within the boundaries of Kamensk and Pervomaisky regions, where 17 species of parasites were found: protozoa – one, monogenea – one, cestode – one, trematode – eleven, crustaceans – one, nematodes – one kind of parasites. The causative agents of the opisthorchiasis in this period were found only in the sample of the ulcer caught on the river. Ob in the boundaries of the Pervomaisky district of the Altai Territory. Infection of the ulcer in the river. Ob in the boundaries of the Kamensky district metacercaria Opisthorchis felineus is not marked. Also among registered parasites, subcutaneous and muscular Posthodiplostomum cuticola predominated in carp. The epizootic situation as a whole can be considered relatively safe.

Теряева И.Ю., Сурков Д.А., Романенко Г.А.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ПАРАЗИТОФАУНЫ В ВЕРХОВЬЯХ РЕКИ ОБЬ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Алтайский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр», г. Барнаул, ул. Пролетарская, 113
artemiaprgn@mail.ru

Охрана и рациональное использование природных ресурсов невозможно без детального изучения различных биоценозов, сформировавшихся на территории Алтайского края.

Гельминты как компоненты биоценозов могут играть серьезную роль в их динамике и тем самым иметь большое хозяйственное значение. Паразитируя у различных хозяев как дефинитивных, так и промежуточных, гельминты могут определять численность и распределение на территории не только этих хозяев, но и другие виды как позвоночных, и беспозвоночных, связанных с этими хозяевами трофическими или иными связями.

Рыбохозяйственный водный фонд Алтайского края располагается в различных ландшафтно-географических зонах и отличается разнообразной типологией, включая в себя верховье Оби – участок от слияния рек Бия и Катунь до зоны выклинивания подпора Новосибирского водохранилища, с основными притоками (рр. Песчаная, Чарыш, Алей,Чумыш) и пойменными водоемами. В современной ихтиофауне наиболее распространены представители семейства карповых (40,5%), среди них основным объектом промысла является: лещ *Abramis brama* (Linnaeus, 1758), плотва *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), серебряный карась *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758), обыкновенная щука *Esox lucius* Linnaeus, 1758, язь *Leuciscus idus* (Linnaeus, 1758), обыкновенный судак *Stizostedion lucioperca* (Linnaeus, 1758), речной окунь *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758, елец *Leuciscus leuciscus* (Linnaeus, 1758). В Верхней Оби по литературным данным отмечено около 209 видов паразитов. Целью нашей работы явилось оценка состояния паразитофауны рыб в верховьях р. Обь в современных экологических условиях.

В Алтайском крае исследовали язя, леща, обыкновенного судака, серебрянного карася, плотву, речного окуня, обыкновенную щуку, налима *Lota lota* Linnaeus, 1758 из р. Обь с протоками в границах Каменского и Первомайского районов, где обнаружили 17 видов паразитов: простейших – один, моногенеи - один, цестод – один, трематод – одиннадцать, ракообразные – один, нематод – один вид паразитов. Водные объекты на территории Алтайского края входят в число зон, где зарегистрирован природный очаг болезни, опасной для здоровья человека, описторхоза. По нашим данным за период исследований с 2010 по 2017 гг. было подвергнуто паразитологическому анализу 3 вида рыб на наличие метацеркариев описторхоза *Opisthorchis felineus, Metorchis bilis* в карповых рыбах (плотва, язь, лещ). Возбудители описторхоза за данный период были обнаружены только в пробе язя, отловленного на р. Обь в границах Первомайского района Алтайского края Исследование мышц язя из р. Обь в границах Первомайского района, показало высокую зараженность рыб метацеркариями *O. felineus* – зараженность составляла 82,5%, максимальная интенсивность инвазии – 36 экз. в верхней средней части тела ниже спинного плавника, индекс обилия – 17,0. Зараженность язя в р. Обь в границах Каменского района личинками кошачьей двуустки не отмечена. Также среди зарегистрированных паразитов, у карповых преобладал подкожный и мышечный *Posthodiplostomum cuticola*, портящий товарный вид и привлекающий внимание потребителей. Зараженность составляла 50,0%, максимальная интенсивность инвазии – 100 экз. на поверхности тела, жабрах и плавниках, индекс обилия – 15,0.

Таким образом, в результате исследований, был выявлен современный состав фауны паразитов рыб, обитающих в верховьях р. Обь в границах Алтайского края. Эпизоотическая ситуация в целом может считаться относительно благополучной, вместе с тем следует учитывать то, что в экстремальных условиях, в том числе в результате воздействия антропогенных факторов, резистентность рыб к паразитам резко снижается.

Tikhonova I.V., Zabortseva T.I., Evstropyeva O.V., Tsvetkova A.V., Sorokovikova E.G., Gevorgyan G., Potapov S.A. Ivacheva M.A., Krasnopeev A.Yu., Belykh O.I.

COMBINED APPROACH WITH AN EMPHASIS ON TOXIC CYANOBACTERIA FOR ESTIMATION OF ECOLOGICAL STATE OF THE MUHOR BAY (LAKE BAIKAL, RUSSIA)

iren@lin.irk.ru

The data of the taxonomic, molecular biological and biochemical expertise demonstrate, an unfavorable ecological situation in the Muhur Bay of Lake Baikal because of cyanobacteria, blooming in the plankton of the Mukhur Bay. Cyanobacteria *D. lemmermanni* is microcystin-producing; the concentration of microcystins in August, 2016 was slightly lower than the guideline value for recreational waters.

Тихонова И.В.[1], Заборцева Т.И.[3], Евстропьева О.В.[3], Цветкова А.В.[4], Сороковикова Е.Г.[1], Геворгян Г.[2], Потапов С.А.[1], Ивачева М.А.[1], Краснопеев А.Ю.[1], Белых О.И.[1]

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗАЛИВА МУХОР ОЗЕРА БАЙКАЛ (С АКЦЕНТОМ НА ТОКСИЧНЫХ ЦИАНОБАКТЕРИИ) ВО ВРЕМЯ ИНТЕНСИВНОГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Научный Центр Зоологии и Гидроэкологии Национальной Академии наук Республики Армения, Ереван, Армения
[3]Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия
[4]Фонд поддержки прикладных экологических разработок и исследований «Озеро Байкал», Москва, Россия
iren@lin.irk.ru

Залив Мухур является самым мелководным и теплым заливом озера Байкал. Его акватория составляет более 15 кв. км, а прилегающая к нему территория национального парка характеризуется низким индексом изменчивости погоды, что делает эти земли ценным рекреационным ресурсом, и как следствие, коммерческим объектом. Прибайкальский национальный парк создан для охраны природы западного побережья озера Байкал постановлением Совета Министров РСФСР от 13.02.1986 г. №71 на базе лесоохотничьего хозяйства «Байкал» (170 тыс. га), земель государственного лесного фонда (136 тыс. га) и земель сельскохозяйственных предприятий (112 тыс. га). Однако сейчас на кадастровой карте видны изъятия территорий из границ Прибайкальского национального парка. На застроенных землях ведется активная туристическая и сельскохозяйственная деятельность, которая приводит к неорганизованному поверхностному и грунтовому стоку в озеро и увеличению поступления минерального азота и фосфора в воды озера. Известно, что при

увеличении трофического статуса водоемов происходит существенная перестройка фитопланктонных комплексов, цианобактерии начинают доминировать в планктоне, меняя своими метаболитами «химический ландшафт» (Beversdorf et al., 2018; Dias et al., 2018). Наиболее распространенными биоактивными метаболитами цианобактерий токсического воздействия являются микроцистины, которые в зависимости от концентрации вызывают отравления различной степени тяжести: от тошноты и дерматита до тяжелой обструкции сосудов печени и гиповолемического шока.

Целью работы стало определение уровня развития цианобактерий в водах залива Мухур озера Байкал для оценки опасности для здоровья человека, а также выяснения последствий принятых решений об изъятии и активной застройке земель, являющейся территорией водосбора. Пробы воды были отобраны в «высокий» туристический сезон на Байкале в августе 2016 г. в центре залива и в прибрежной территории одной из самых посещаемых туристами бухт – Зуун-Хагун. Благоприятные погодные условия в это время привели к прогреву водной акватории, прилегающей к пляжу, до 19-22°С, температура воды в центре залива была около 19°С. Концентрация хлорофилла **а** в бухте Зуун-Хагун составила 4,88 мкг/л, что выше значений в открытой части залива Мухур (2,85 мкг/л); наблюдаемая концентрация соответствовала мезотрофному статусу вод согласно классификации Винберга. Общая численность цианобактерий достигала 1,44 млн. кл./л, доминировали виды рода *Dolichospermum* (в среднем 1,27 млн. кл./л). Продуцентом микроцистинов, по данным генетического анализа, является *D.lemmermannii* – распространенный вид в пресных водоемах северного полушария, в оз. Байкал развивается во всех участках озера в летний период (Поповская, Белых, 2002). Концентрация микроцистинов в фитопланктоне залива Зуун-Хагун составляла 0,66-3,39 мкг/г сухого веса. Концентрация микроцистина в водной толще центральной точки залива Мухур была 0,837 мкг/л.

Исследование вод залива Мухур Малого Моря показало присутствие комплекса видов цианобактерий, способных продуцировать гепатотоксичные соединения, опасные для здоровья человека и животных. Массовое развитие токсичных цианобактерий и наличие токсинов демонстрирует ухудшение качества воды в исследуемом районе озера, что может привести к отравлению местного населения и отдыхающих. Всемирной организацией здравоохранения установлены предельно допустимые значения содержания микроцистинов и для питьевой воды – 1 мкг/л, а в воде для купания и рекреационного использования – 2–4 мкг/л (Chorus, Bartram, 1999). Наши данные свидетельствуют о приближении концентрации цианотоксина – микроцистина к пороговому значению. Таким образом, ввиду отсутствия экологического менеджмента во время принятия решений по освоению байкальских территорий, наблюдается неблагоприятная картина в местах массового отдыха туристов. Институциональные недоработки, в том числе нормативно-правового, организационно-финансового характера, в частности, в Иркутской области, замедляют реальное инфраструктурное обустройство территории центральной экологической зоны оз. Байкал, адекватное статусу природного объекта международного значения, что весьма негативно отражается на конкретной территории побережья и залива Мухур. Для исправления допущенной властями ситуации необходимо проведение экологического аудита хозяйственной деятельности на территориях, прилегающих к заливу. Главным шагом должно быть сокращение источников биогенных веществ в водосборной зоне.

Работа выполнена в рамках темы госзадания ЛИН СО РАН №0345-2018-0003, а также при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-54-05005 Арм_а и проекта MES RA 18RF-075.

Titova L.A., Usoltseva M.V.

SEASONAL DYNAMICS OF BAIKAL PHYTOPLANKTON IN 2017

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
titova_873@mail.ru, usmarina@inbox.ru

The taxonomic structure of the Baikal pelagic phytoplankton in the spring, summer and autumn 2017 was determined. A total of 46 species were found, consisting of 6 systematic divisions: Bacillariophyta – 13, Chrysophyta – 12; Chlorophyta – 8; Dinophyta – 5; Cyanoprokaryota – 5 and Cryptophyta – 3. It was shown that in the spring, along with *S. acus* subsp. *radians*, in the mass the golden algae of the *Dinobryon* developed, which characterized this year as “synedra-dinobryon”. In the summer-autumn period, green algae of the *Monoraphidium* prevailed. An analysis of the obtained data showed that the quantitative values of phytoplankton in all periods of observation fit into the amplitude of seasonal and long-term fluctuations.

Титова Л.А, Усольцева М.В.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ФИТОПЛАНКТОНА ПЕЛАГИАЛИ ОЗ. БАЙКАЛ В 2017 Г.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
titova_873@mail.ru, usmarina@inbox.ru

В 2017 г. были продолжены наблюдения за экологическим состоянием *пелагиали оз. Байкал.* Для количественного и качественного анализа использовались пробы фитопланктона из верхнего 25-метрового слоя воды, отобранные во время кругобайкальских экспедиций в мае-июне, июле и сентябре.

В результате проведенных исследований определена особенность таксономической структуры фитопланктона по всей акватории оз. Байкала в весенний, летний и осенний периоды наблюдений. Всего было обнаружено 46 таксонов, состоящих в 6 систематических отделах, из которых: *Bacillariophyta* (диатомовые) – 13, *Chrysophyta* (золотистые) – 12; *Chlorophyta* (зеленые) – 8; *Dinophyta* – 5*; Cyanoprokaryota* (синезеленые) – 5 и *Cryptophyta* (криптофитовые) – 3.

Основной состав весеннего комплекса водорослей был сформирован диатомеями *Synedra acus* subsp *radians* (Kützing) Skabitchevsky, *Nitzschia graciliformis* Lange-Bertalot et Simonsen emend. Genkal et Popovskaya, золотистыми *Dinobryon cylindricum* Imhof и зелеными водорослями рода *Monoraphidium*. В небольших количествах развивались динофитовые виды *Gymnodinium baicalense* N.L. Antipova, *Gyrodinium helveticum* Penard и *Glenodinium apiculatum* Zacharias. Значение мелких фракций водорослей было не велико, в первую очередь к ним относились *Chrysosphaerella brevispina* Korshikov, *Stephanodiscus minutulus* (Kützing) Cleve et Möller и *Rhodomonas pusilla* (H. Bachm.) Javorn. Показатели численности весеннего фитопланктона пелагиали оз. Байкал варьировали от 68 до 1389 тыс. кл./л, по биомассе от 169 до 1997 мг/м^3. Уровень развития весеннего фитопланктона в открытой части озера соответствовал среднемноголетним данным и характеризовался как высоко-среднепродуктивный год.

Видовой состав фитопланктона в летний период был представлен зелеными водорослями *Monoraphidium arcuatum* (Korshikov) Hindák, *M. contortum* (Thuret) Komàrková-Legnerová, *M. griffithii* (Berkeley) Komárková-Legnerová и золотистыми *Chrysochromulina parva* (Lackey), *Chrysosphaerella longispina* Lauterborn, *Mallomonas alpina* Pascher et Ruttnerin Pascher, *M. acaroides ploesslii* Perty, *Spiniferomonas trioralis* E. Takahashi, *Dinobryon cylindricum* и *Dinobryon divergens* O.E. Imhof. Среди диатомей в небольшом количестве встречались *Synedra acus*, *N. graciliformis*, *Cyclotella baicalensis* Skvortzov et Meyer, *Cyclotella minuta* (Skvortzov) Antipova и мелкоцентричная *Cyclostephanos dubius* (Hustedt) Roundin Theriot et al. Основу биомассы составляли динофитовые виды *G. helveticum* и *Gl. apiculatum*. Численность летнего фитопланктона варьировала от 11 до 590 тыс. кл./л, а биомасса от 20 до 444 мг/м^3.

В таксономический список осеннего фитопланктона входили доминирующие зеленые водоросли рода *Monoraphidium (M. arcuatum*, *M. contortum*, *M. griffithii*). Группу золотистых представляли водоросли рода *Dinobryon (D. bavaricum* Imhof, *D. cylindricum, D. divergens*), *Chrysosphaerella coronacircumspina* Wujek et Kristiansenin Wujek, Gretz et M.G. Wujek, *M. acaroides*, *M. tonsurata* Teiling, *S. trioralis*. Представителями диатомовых водорослей являлись *Asterionella formosa* Hassall, *Aulacoseira islandica* (O.Müller) Simonsen, *C. baicalensis*, *C. minuta*, *N. graciliformis* и *S. acus* subsp *radians*. Так же в составе фитопланктона в небольших количествах были зафиксированы мелкоцентричные диатомеи *Stephanodiscus invisitatus* Hohn et Hellermann, *Stephanodiscus minutulus* (Kützing) Cleve et Möller и *C. dubius*. К представителям динофитовых водорослей относились крупноклеточные *G. helveticum*, *Gl. apiculatum* и *Ceratium hirundinella* (O.F.Müller) Dujardin. Криптофитовые были представлены монадными водорослями рода *Rhodomonas и Cryptomonas*. Среди синезеленых водорослей были отмечены *Microcystis pulverea* (H.C.Wood) Forti, *Dolichospermum flosaquae* (Brébissonex Bornet et Flahault) P.Wacklin, L. Hoffmann et J. Komárek, *D. lemmermannii* (Richter) P.Wacklin, L.Hoffmann et J. Komárek, и *D. scheremetieviae* (Elenkin) Wacklin, L.Hoffmann et Komárek. Количественные показатели осеннего фитопланктона варьировали в небольшом диапазоне, значения изменялись от 15 до 193 тыс. кл./л, а биомасса от 41,5 до 183 мг/м^3. Необходимо отметить, что максимальные концентрации фитопланктона были зафиксированы в весенний сезон. В отличие от предыдущего периода наблюдений 2007-2011 гг. (Поповская и др., 2015) в 2017 году, наряду с диатомовыми, активно развивались золотистые водоросли рода *Dinobryon*, что охарактеризовало этот год как «синедрово-динобриевый». Летом и ранней осенью значения численности и биомассы фитопланктона были значительно ниже. В состав доминирующего комплекса в это время входили зеленые водоросли рода *Monoraphidium*. Таким образом, анализ полученных данных показал, что количественные значения фитопланктона во все периоды наблюдений укладывались в амплитуду сезонных и многолетних колебаний.

Работа выполнена в рамках проекта №0345-2016-0001 на базе Объединенного Центра ультрамикроанализа ЛИН СО РАН.

Titova L.A., Usoltseva M.V.

SPRING PHYTOPLANKTON OF PELAGIC ZONE OF BAIKAL LAKE IN 2013-2016

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

A comparative analysis of the species structure, spatial distribution and quantitative indices of the spring phytoplankton of the Baikal pelagic zone in 2013-2016 was carried out. It was shown that, dominant species of phytoplankton were *N. graciliformis*, *St. meyeri*, *S. acus* subsp. *radians*, *D. cylindricum* and representatives of *Monoraphidium*. According to the previously accepted classification (Popovskaya, 1977), the quantitative indicators of phytoplankton in most stations of the Southern and Middle Baikal characterize 2013-2016 as high-mid-productive, and in the northern Baikal as medium-low-productive. In general, the level of development of phytoplankton was commensurate with the mean long-term values.

Титова Л.А, Усольцева М.В.

ВЕСЕННИЙ ФИТОПЛАНКТОН ПЕЛАГИАЛИ ОЗ. БАЙКАЛ 2013-2016 ГОДЫ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

Одним из значимых биотических компонентов в оз. Байкал является фитопланктон, принимающий активное участие в создании первичного органического вещества, от которого зависит формирование всей трофической структуры в водоеме. Контроль и оценка качества экологического состояния водных экосистем осуществляются на основе анализа видового состава водорослей, которые являются весьма чувствительными организмами – биоиндикаторами, отражающими биологическое состояние озера в целом.

Были продолжены исследования за состоянием весеннего фитопланктона 2013-2016 гг. по всей акватории озера Байкал. Материалом для исследования послужили пробы фитопланктона из верхнего

25-метрового слоя воды, отобранные во время кругобайкальских экспедиций в конце мая – начале июня. Проведен сравнительный анализ видовой структуры, пространственного распределения и количественных показателей весеннего фитопланктона пелагиали Байкала 2013-2016 гг.

Показано, что весной 2013 г. фитопланктон в Южном Байкале был распределен неравномерно и носил смешанный характер. Состав доминирующих видов создавался диатомовыми *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen, *Nitzschia graciliformis* Lange-Bertalot et Simonsen emend. Genkal et Popovskaya, *Stephanodiscus meyeri* Genkal et Popovskaya и зелеными водорослями рода *Monoraphidium.* Значения численности фитопланктона изменялись от 23-326 тыс. кл./л, а биомасса от 82 до 805 мг/м^3. Видовой состав в средней котловине озера был практически однороден и представлял собой комплекс доминантов *Synedra acus* subsp *radians* (Kützing) Skabitchevsky (51%) и *Monoraphidium griffithii* (Berkeley) Komárková-Legnerová (43%). Количественные показатели варьировали от 117-338 тыс. кл./л, а биомасса от 204 до 850 мг/м^3. Основной фон видового состава водорослей в Северном Байкале был представлен *N. graciliformis*, концентрация которой доходила до 1259 тыс. кл./л, что составляло 65% от общего количества фитопланктона. К содоминантам отнесены представители рода *Monoraphidium.* Общая численность фитопланктона варьировала в пределах от 33-395 тыс. кл./л, а биомасса от 25 до 272 мг/м^3. По данным анализа 2014 г. в Южном, Среднем и большей части Северного Байкала весенний фитопланктон был представлен доминирующим видом *S. acus* subsp. *radians*, на долю которого приходилось до 90% от общей численности и 85% от общей биомассы фитопланктона. Следует отметить, что количественные показатели этого вида были самыми высокими за период наблюдений. В южной котловине значения численности варьировали в широком диапазоне от 238 до 1828 тыс. кл./л, а биомасса 433 до 3396 мг/м^3. В средней части озера количественные колебания были менее выражены, общая численность изменялась от 713 до 1054 тыс. кл./л, а биомасса от 1371 до 2091 мг/м^3. Уровень развития фитопланктона в Северном Байкале по сравнению с южной и средней котловинами озера был намного ниже. Показатели численности изменялись от 34 до 840 тыс. кл./л, а биомасса от 60 до 1491 мг/м^3. В составе фитопланктона доминировали диатомовые водоросли *S. acus* subsp. *radians* и *A. baicalensis.*

Видовая структура весеннего фитопланктона 2015 г. в основном имела однородный характер и была идентична составу водорослей Южного и Среднего Байкала 2014 г.

В Южном, Среднем и на некоторых станциях Северного Байкала в видовом составе, как по численности, так и по биомассе доминировала *S. acus* subsp. *radians*, на долю которой по всей акватории озера приходилось до 95% от общего числа водорослей. Содоминирующим видом в Южном Байкале отмечали золотистую водоросль *Dinobryon cylindricum* (10-40%). Общая численность изменялась от 133 до 917 тыс. кл./л, а биомасса от 190 до 1745 мг/м^3. В средней котловине фитопланктон был однороден. Наряду с интенсивным развитием *S. acus* subsp. *radians* в пробах отмечались небольшие примеси *D. cylindricum.* Общая численность изменялась от 407 до 568 тыс. кл./л, а биомасса от 690 до 952 мг/м^3. В Северном Байкале видовой состав фитопланктона носил смешанный характер с преобладанием в нем *N. graciliformis.* К содоминирующему комплексу видов относились представители золотистых водорослей *D. cylindricum*, *Chrysochromulina parva* (Lackey) и криптофитовая *Rhodomonas pusilla* (H.Bachm.) Javorn. Общая численность варьировала 41-497 тыс. кл./л, а биомасса от 31-803 мг/м^3.

Весенний фитопланктон 2016 г. в Южном и Среднем Байкале в основном был представлен диатомовой *S. acus* subsp. *radians*, на долю, которой приходилось до 95% от общей численности и биомассы фитопланктона. Сопутствующими видами, в основном, были представители зеленых водорослей *M. griffithii* и на некоторых станциях золотистых *D. cylindricum, Dinobryon divergens* O. E. Imhof. Количественные показатели обеих котловин варьировали в широком диапазоне. Общая численность фитопланктона в южной котловине изменялась 18-427 тыс. кл./л, а биомасса от 23 до 1167 мг/м^3. В Среднем Байкале общая численность фитопланктона варьировала от 100 до 507 тыс. кл./л, биомасса 256-1336 мг/м^3. Фитопланктон Северного Байкала был разнороден. На большинстве станций, как по численности, так и по биомассе доминировала *S. acus* subsp. *radians*. Среди сопутствующих видов были отмечены *N. graciliformis, M. griffithii, D. cylindricum, A. baicalensis.* Количественные показатели фитопланктона варьировали в широких пределах от 11-472 тыс. кл./л, биомасса 3-1228 мг/м^3.

Таким образом, доминирующими видами фитопланктона оз. Байкал в весенний период 2013-2016 гг. были *N.graciliformis, St. meyeri, S.acus* subsp *radians, D. cylindricum*, а так же представители рода *Monoraphidium*. Согласно принятой ранее классификации (Поповская, 1977) количественные показатели фитопланктона большей части акватории Южного и Среднего Байкала характеризуют 2013-2016 гг. как высоко-среднепродуктивные, а в Северном Байкале как средне-малопродуктивные. В целом, уровень развития фитопланктона в каждой котловине оз. Байкал в течение наблюдаемого периода был соизмерим со среднемноголетними значениями.

Работа выполнена в рамках проекта №0345–2016–0001 на базе Объединенного Центра ультрамикроанализа ЛИН СО РАН.

Trifonov A., Vorobiev D., Noskov Yu., Branevsky Ya., Kulizhsky S., Merzlyakov O., Sokolenko V.

MOBILE HARDWARE-PROGRAM COMPLEX FOR EXPRESS ASSESSMENT OF OIL AND PETROLEUM CONTAMINATION IN BOTTOM SEDIMENTS OF A CONTINENTAL WATER BODIES – “AEROSCHUP”

National Research Tomsk State University

Purification of water bodies from oil and petroleum products is one of the most complex and time-consuming tasks in the field of liquidation of oil spills.

The issues of cleaning bottom and bottom layers are usually not considered, due to the lack of pronounced signs of pollution, the high cost of work and the lack of effective technological solutions.

The basis for making decisions on restoration activities at oil-contaminated water bodies is the stage of carrying out hydroecological research, as a result of which oil-contaminated water bodies and their areas are identified, and the quantitative content of oil at the bottom is determined.

Traditionally, a variety of bottom sediment samplers (bucket and tubular dredgers) are used to conduct such studies, where samples are taken from the grid of stations, with their further processing in laboratories and the construction of maps of oil-contaminated bottom sediments.

On the basis of many years of experimental research, our team developed and patented a fundamentally new technology that allows inexpensive and efficient express analysis of the state of a water body before using expensive standard methods of evaluation.

Our team, for the first time in the world, have performed works for cleaning oil-contaminated bottom sediments, lifting over 150 tons of oil with the help of Aeroschup technology, during two summer seasons (2004-2005).

Трифонов А.А., Воробьев Д.С., Носков Ю.А., Браневский Я.В., Кулижский С.П., Мерзляков О.Э., Соколенко В.В.

МОБИЛЬНЫЙ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ – «АЭРОЩУП»

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Нефтяное углеводородное загрязнение в наше время стало одной из наиболее серьезных глобальных проблем экологии из-за токсичности по отношению к микроорганизмам и высшим формам жизни, включая человека. Следует отметить постоянное повышение требований к охране окружающей среды, и, в частности, к состоянию экосистем водных объектов, которые являются объектами рыбохозяйственного, водохозяйственного и рекреационного значения.

Очистка водных объектов от нефти и нефтепродуктов является одной из самых сложных и трудоемких задач в аспекте ликвидации аварийных разливов нефти. Анализ опыта ликвидации чрезвычайных ситуаций показывает, что при аварийных разливах нефти, как правило, проводятся работы по локализации и ликвидации нефти только в поверхностном слое и береговой зоне водоемов. Вопросы очистки придонных и донных слоев обычно не рассматриваются, в связи с отсутствием ярко выраженных признаков загрязнения, большой себестоимостью проведения работ и отсутствием эффективных технологических решений. Способы очистки донных отложений от нефти в водном объекте (без изъятия отложений) являются наиболее перспективными технологиями. Основой для принятия решений о проведении восстановительных мероприятий на загрязненных водных объектах является этап проведения гидроэкологических исследований, в результате которого выявляются нефтезагрязненные водные объекты и их участки, а также определяется количественное содержание нефти на дне.

Традиционно, для проведения таких исследований используют разнообразные пробоотборники донных отложений (ковшовые и трубчатые дночерпатели), где производят отбор проб по сетке станций, с дальнейшей их обработкой в лабораториях и построением карт загрязнения донных отложений. Данная процедура занимает длительное время и требует существенного финансирования (отбор проб, химический анализ, обработка информационного материала, построение карт). На основе многолетних опытных изысканий нашей командой была разработана и запатентована принципиально новая технология, позволяющая проводить недорогой и эффективный экспресс-анализ состояния водного объекта, прежде чем использовать дорогостоящие стандартные методы оценки. На её основе разрабатывается мобильное устройство «Аэрощуп» для обнаружения и картирования загрязненных нефтью и нефтепродуктами донных отложений, которое существенно отличается алгоритмом от традиционных способов и основывается на использовании принципа флотации (молекулярный перенос нефти и нефтепродуктов к границе раздела двух фаз – воздуха и жидкости).

Перспективы развития проекта достаточно высоки, так как команда участников проекта является лидером в области комплексной очистки донных отложений и воды от нефти и нефтепродуктов в РФ, более 10 лет занимаясь научными исследованиями и разработками в области мониторинга, очистки и восстановления водных объектов в нефтегазоносных районах Российской Федерации. Наша команда впервые в мире произвела работы по очистке от нефти донных отложений, на одном из озер в республике Коми, подняв при помощи технологии «Аэрощуп» более 150 т нефти в течение двух летних сезонов (2004-2005гг.).

Troitskaya E.S.[1], Lovtsov S.V.[2], Shimaraev M.N.[1], Portyanskaya I.A.[2], Budnev N.M.[2]

DESCRIPTION OF SHORT-TERM OSCILLATIONS OF WATER TEMPERATURE IN SOUTHERN BAIKAL IN DIFFERENT PERIODS BY RESULTS OF SPECTRAL ANALYSIS

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]ISU, 664003, Irkutsk, Karl Marx str., 1
elena.troitskaya@lin.irk.ru

Short-term (from 1 day to 3 weeks) seasonal oscillations of Baikal water temperature are not studied enough. It is known synoptic (2-5 days) and tide (up to 2-3 days) oscillations only. Meanwhile they reflect dy-

namic processes taking place in the water column of Lake Baikal and influence on vital function of biota both in nearshore areas and pelagic area of the lake.

On the base of water temperature data 2000-2018 from a mooring station, located near (~100 m) Baikal deepwater neutrino telescope – NT-200+ (3.5 km from Cape Ivanovsky), carried out spectral analysis for 20, 100, 300, 1000, 1360 m horizons.

It is revealed, that the frequencies of 1-4 days are on the all horizons during the whole year. In an active layer (up to 300 m depth) they have express maximum of an amplitude during the period of summer stratification and its minimum – in the period of winter stratification. Frequencies of greater order on the different depths appear in the appointed periods of hydrological year. For example, the frequency amplitude has maximum before the autumn homothermy (6.1, 10.7, 14.2 и 21.3 days on 20 m depth; 5.3 and 10.7 days on 100 m; 21.3 days on 300 m and 7.1 days on 1000 m depth). During homothermy the maximum of amplitude is observed on 300 m depth for the frequency of 5.3, 6.1 and 14.2 days in the spring and 10.7 and 21.3 days in the autumn, as well as on the horizon 1000 m (5.3, 10.7 and 21.3 days) in the autumn and on the depth 1360 m (6.1, 8.5, 21.3 days) in the spring. After homothermy maximum of amplitude appears on the deep depths (in the autumn 1000 m – 5.3, 21.3 days; 1360 m – 5.3 days and in the spring 1360 m – 14.2 days). Note, that amplitude maximum of spectrum greater 5 days deeper 300 m depth is observed during the summer stratification, and the minimum – in the winter stratification.

The work is supported financially by federal project 0345–2016–0008 “Estimation and forecast of ecological state of Lake Baikal and conjugated territories in the conditions of anthropogenic influence and climate change” and RFBR project №16-55-76025 “Eurasian lakes in extreme climate conditions”.

Троицкая Е.С.[1], Ловцов С.В.[2], Шимараев М.Н.[1], Портянская И.А.[2], Буднев Н.М.[2]

ХАРАКТЕРИСТИКА КОРОТКОПЕРИОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ В ЮЖНОМ БАЙКАЛЕ В РАЗНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]ФГБОУ ВО ИГУ, 664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1
elena.troitskaya@lin.irk.ru

Короткопериодные (от 1 суток до 3 недель) внутрисезонные колебания температуры воды до сих пор мало изучены для Байкала. Известно лишь о существовании синоптических (2-5 сут.) и сгонно-нагонных (до 2-3 сут.) колебаниях. Между тем, они отражают динамические процессы, протекающие в водной толще Байкала, и влияют на жизнь биоты как в прибрежных районах, так и в открытой части озера.

На основе данных о температуре воды 2000-2018 гг. с буйковой станции, расположенной вблизи (~100 м) Байкальского глубоководного нейтринного телескопа – НТ-200+ (3,5 км от м. Ивановский) проведён спектральный анализ для горизонтов 20, 100, 300, 1000, 1360 м.

Выявлено, что частоты 1-4 сут. существуют на всех горизонтах в течение всего года. В деятельном слое (до 300 м) они имеют выраженный максимум амплитуды в период прямой стратификации, минимум – в период обратной стратификации. Частоты большего порядка на разных глубинах проявляются в определённые периоды гидрологического года. Например, перед осенней гомотермией (октябрь) максимальна в году амплитуда частот (6,1, 10,7, 14,2 и 21,3 сут. на 20 м; 5,3 и 10,7 сут. на 100 м; 21,3 сут. на 300 м и 7,1 сут. на 1000 м). В периоды гомотермии максимум амплитуды наблюдается на глубине 300 м для частот 5,3, 6,1 и 14,2 сут. весной и 10,7 и 21,3 сут. осенью, а также осенью на горизонте 1000 м (5,3, 10,7 и 21,3 сут.) и весной на глубине 1360 м (6,1, 8,5, 21,3 сут.). После гомотермии максимумы амплитуды проявляются на больших глубинах (осенью 1000 м – 5,3, 21,3 сут.; 1360 м – 5,3 сут., и весной 1360 м – 14,2 сут.). Отметим, что в период прямой стратификации глубже 300 м наблюдаются максимумы амплитуды спектров на частотах больше 5 сут, а в период обратной стратификации – их минимумы.

Работа выполнена в рамках гос. темы «Оценка и прогноз экологического состояния озера Байкал …» и проекта РФФИ №16-55-76025.

Tsegmid N.[1], Malovichko L.V.[2]

ORNITOCOMPLEX WATER AND MARSH CENTRAL AND SOUTHERN MONGOLIA

[1]Mongolian University of life Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia
[2] Russian State Agrarian University, Moscow, Russia.

Ornitocomplex water and marsh Central and Southern Mongolia 93 species of birds belonging to 10 orders, 21 families and 57 genera are recorded. By presence type 4 resident species and 89 migrant species are noted. Among migrant species 76 species nest and 12 species presumably nest. The taxonomical classification of avifauna of the Central and Southern Mongolia is the following: Pelecaniformes - 1, Ciconiiformes – 6, Anseriformes – 18, Falconiformes – 5, Gruiformes – 6, Charadriiformes – 32, Apodiformes – 2, Upupiformes – 1, Passeriformes – 20 species. The most common species at the beginning of June are: Great Cormoran, Swan Goose, Common Shelduck, Common Coot, Pied Avocet, Herring Gull and White-winged Tern.

Цэгмид Н.[1], Маловичко Л.В.[2]

ОКОЛОВОДНЫЙ ОРНИТОКОМПЛЕКС ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЮЖНОЙ МОНГОЛИИ

[1]Монгольский сельскохозяйственный университет
[2]Российский государственный аграрный университет, МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва
abhantse@yahoo.com, l-malovichko@yandex.ru

С целью изучения состава и структуры водно-околоводного орнитокомплекса были обследованы водные объекты и прилегающие к ним территории в разных районах Центральной и Южной Монголии: озера Угий-Нур (Средне-Халхасский степной район) и Цагааннуур (Монгольско-Даурский горно-лесостепной район), Улан-Нур и Цээл (Орок-нурский пустынно-степной район); родники: Сайн-Сууж и Сэруун-Булаг (Гобийско-Алтайский горно- пустынно-степной), Дал, Хадат, Хээрийн булаг и Асман булаг (Восточно-Гобийский пустынно-степной район).

Водно-околоводный орнитокомплекс Центральной и Южной Монголии представлен 93 видами птиц, относящимися к 10 отрядам, 21 семейству и 57 родам: Поганкообразные – 2, Пеликанообразные – 1, Аистообразные – 6, Гусеобразные – 18, Соколообразные – 5, Журавлеобразные – 6, Ржанкообразные – 32, Стрижеобразные – 2, Удодообразные – 1, Воробьинообразные- – 20 видов. К наиболее массовым видам в начале июня относятся: большой баклан, сухонос, пеганка, лысуха, шилоклювка, хохотунья и белокрылая крачка.

По характеру пребывания к мигрирующим относятся 89 (95,7%) видов, из них 76 видов достоверно гнездятся в Монголии; 4 (4,3%) вида – оседлые, посещают водные объекты в качестве водопоя: хохлатый, монгольский, рогатый жаворонки и белошапочная овсянка. К перелетным, достоверно гнездящимся относятся 12 видов: красношейная поганка, чомга, горный гусь, лебедь-кликун, огарь, пеганка, кряква, большой крохаль, лысуха, морской зуек, ходулочник и шилоклювка.

Tyagun M.

MORPHES OF THE OTOLITES OF STONE AND SAND SCULPINS, *PARACOTTUS KNERII* AND *LEOCOTTUS KESSLERII*, (FAMILY COTTIDAE) AS A RESULT OF GENERAL ADAPTIVE VARIABILITY

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
mary@lin.irk.ru

Important attention is paid for researching of the criteria of intraspecies fish polymorphism with using analysis of variability of otolith shape. Otolith shape analysis of populations\intraspecific groups is aimed to searching diagnostic feature for differentiation and to demonstrate their isolation. The features of variability of the species otolith shape under various conditions is also important. There is no papers devoted to the reverse problem, the morphological similarity of the otoliths of two different species existing under identical conditions. In this regard, we made an attempt to estimate the otoliths shape of two littoral species (rock and sand scalpins) lives in warm litter, lips and bays of Lake Baikal. Both related species have common features in biology, but intraspecific confinement to a different type of bottom soil is still noted. In this context there is interest for testing the hypothesis of divergence within species. This is especially important because in this case the object of our research is isolated populations which spread up in the warmed areas of lake, but existing in most cases are disunited.

There was series of otolith samples used in morphological analysis. *P. knerii*: 89 specimens from the southern basin of the lake, 35 specimens from the Olkhon-Island, 21 specimens from the Bay Peschanaya, 22 specimens from Ushkany-Islands, 34 specimens from the Malye Vorota Straits. *L.kesslerii*: 70 specimens from southern basin of the lake, 93 specimens from the Selenga shallow water, 11 specimens from the Malye Vorota Straits, 43 specimens from the Olkhon-Island.

There was found two morphotypes, spindle-shaped and rounded, in both species in different populations of the lake. The relative otolith type was categorized by the ratio of the width of the otolith to its length. The quantitative composition of otolith morphs in populations turned out to be different. This indicates the specificity of auditory adaptations within the area of the population. Spindle-shaped otolith morph dominated in *P. knerii*, rounded otolith morph dominated in *L. kesslerii*. In populations of *P. knerii* the rounded otolith morph is few. A similar result was obtained for the spindle-shaped type of otolith L. kesslerii - it is rare in all populations.

The distinctive specific features of shape of sulcus acusticus of otolith have been found. The main difference in open type of sulcus acusticus for *P.knerii*, and closed type sulcus acusticus for *L.kesslerii*. This feature can be used for diagnostic in the species definition.

The existence of the same otolith morphs in both species suggests a unidirectional adaptation within the littoral zone, the existence of a single front of vestibular and acoustic adaptations. Nevertheless, the fact of predomination in spindle-shaped otolith type in *P. knerii* and predomination of rounded otolith type in *L. kesslerii*, point out of differences in interspecific adaptations.

The present work was supported by the LIN SB RAS Project № 0345-2016-0002 (AAAA-A16-116122110066-1), “Molecular ecology and evolution …”.

Тягун М.Л.

МОРФЫ ОТОЛИТОВ КАМЕННОЙ И ПЕСЧАНОЙ ШИРОКОЛОБОК, *PARACOTTUS KNERII* И *LEOCOTTUS KESSLERII,* (СЕМ. COTTIDAE), КАК РЕЗУЛЬТАТ ОБЩЕЙ АДАПТИВНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
mary@lin.irk.ru

В отечественной и зарубежной литературе, посвященной исследованию критериев внутривидового полиморфизма рыб, большое внимание уделяется изменчивости формы отолитов. Известен ряд работ, в которых проведены морфологические исследования, направленные на поиск отолитовых морф у популяций или внутривидовых групп с целью демонстрации их обособленности. Также известны работы в этой области, изучающие особенности изменчивости вида в различных условиях. Работ, посвященных обратной проблеме, – морфологическому сходству отолитов двух разных видов, существующих в идентичных условиях, нет. В связи с этим нами предпринята попытка исследовать отолиты двух литоральных видов, обитающих в тёплых сорах, губах и бухтах озера Байкал, каменной и песчаной широколобок. У обоих родственных видов констатированы общие черты в биологии, но, кроме определённой степени биологического сходства, всё же отмечена внутривидовая приуроченность к разному типу грунта. В связи с этим также присутствует интерес проверки гипотезы о дивергенции внутри видов. Это особенно важно поскольку в данном случае объект исследования – изолированные популяции, расселившиеся некогда по прогреваемым районам, но существующие в большинстве случаев разобщено.

В морфологическом анализе использованы отолиты рыб из следующих проб. *P. knerii*: Южная котловина озера (89 экз.), остров Ольхон (35 экз.), бухта Песчаная (21), Ушканьи острова (22 экз.), Малые Ворота (34 экз.). Пробы *L. kesslerii* следующие: Южная котловина озера (70 экз.), Селенгинское мелководье (93 экз.), пролив Малые Ворота (11 экз.), остров Ольхон (Узуры) (43 экз.).

По соотношению ширины отолита к его длине было обнаружено, что у обоих видов в разных популяциях озера присутствуют два морфотипа: веретеновидный и округлый. Количественный состав морф в популяциях оказались различным. Это говорит о специфичности слуховых адаптаций внутри ареала обитания популяции. У *P. knerii* преобладает веретеновидная морфа, у *L. kesslerii* – округлая. В популяциях *P. knerii* округлая морфа малочисленна. То же самое можно сказать про веретеновидный тип отолита *L. kesslerii* – он редок во всех популяциях.

Обнаружены отличительные видовые особенности формы слухового жёлоба отолита. Основное отличие: открытый тип слухового слухового жёлоба характерен для *P. knerii*, закрытый – для *L. kesslerii*. Именно этот признак можно использовать как диагностический при видовом определении.

Существование одних и тех же отолитовых морф у обоих видов говорит об однонеправленной адаптации внутри литоральной зоны, о существовании единого фронта вестибулярных и акустических адаптаций. Тем не менее, факт преобладания у *P. knerii* веретеновидного типа отолита, а у *L. kesslerii* – округлого, говорит о различиях в межвидовых адаптациях. Возможно, большинство особей одного вида воспринимает одну часть акустического диапазона, а другой – другую.

Работа выполнена в рамках проекта ЛИН СО РАН №0345-2016-0002 (АААА-А16-116122110066-1) «Молекулярная экология и эволюция живых систем …».

Tyagun M.L., Tolmacheva Yu.P.

VARIABILITY OF THE SCALE ARMORS OF RIVER PERCH (*PERCA FLUVIATILIS LINNAEUS,* 1758) IN RESERVOIRS WITH VARIOUS VOLUMES OF OPEN SPACE

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
mary@lin.irk.ru

Perch of of the Nurkutul complex (Tunkinsky rift plateau) are a rare example of absolute geographical isolation (Kislov, 2001). Their uniqueness is specific life ability and reproduce in a natural, small-scale eutrophicated reservoir. This is the only species settle several small-scale lakes and adaptate for their hydrological regime.

Investigation of changes occurring in such closed small-scale lakes monopopulations is interesting both from the point of view of ecological adaptation and from the point of view of the appearance of possible differences leading to isolation. Comprehensive knowledge of isolated small populations is also important in taxonomic studies aimed at developing diagnostic criteria for populations, races and intraspecific groups.

A comparison of the morphological characteristics of scales as an adaptive element was made for the populations of perch from the reservoirs of the Nurkutul complex with the perch forms inhabiting the open and bay spaces of the Small Sea (Lake Baikal).

Selected specimens were used to measure micro- and macroelements of scales, as well as scale areas: the total area and the caudal region. The square of the zones that compose caudal region were also measured: mineralized zone, zone of the ctenoid appendages and zone of the ctenii. The shape and dimensions of the arms of the caudal region of the scales are investigated: ctenoid appendages and ctenoid spines. The length and width of scale lepidonts, as well as the distances between them, were measured. The investigations were carried with use scanning electron microscopy.

A comparative analysis of the relief layer armors of Nurkutul and Baikal perches scales makes possible to conclude the scale cover of an isolated monopopulation undergoes changes toward the complication of mineralized elements. Increase in the dimensions of the gabarites of mineralized globular zone was found. The armors of the ctenoid appendages with additional "ribs" and sclerites with addition of "auxiliary" lepidontes in the sclerite margin is found too. In addition, a more compact assembly of the ctenoid zone is observed in paral-

lel due to the crushing in dimensions of the ctenoid appendages and ctenoid spines, as well as the intensive "cementation" of globular conglomerates and ctenoid appendages with mineral-organic masses.

Baikal perch scale characterize by opposing qualities - scales armors are more gracial, located at relatively large distances from each other and, therefore, are more isolated, the ctenii are placed above the scales plane. Ctenoid spines are thinner, longer and more fragile. The size of the mineralized globular zone suggests a lesser need to have a strong "armor".

Due to the data on the dimensions of the micro- and macroelements of the relief layer of both perches scales, it can be concluded that the main difference of cover layer of Nirkutul perch scale consists in greater rigidity and less elasticity. This fact allows us to conclude the scales of the Nurkutul perch have the best mechanical properties.

The present morphology analysis of the perch scales can be used in combination with other morphological and biological data. It can be useful in a synergistic approach for phylogenetic and systematic study of the genus.

The present work was supported by the LIN SB RAS Project № 0345-2016-0002 (АААА-А16-116122110066-1) “Molecular ecology and evolution …”.

Тягун М.Л., Толмачёва Ю.П.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВООРУЖЕНИЙ РЕЧНОГО ОКУНЯ (*PERCA FLUVIATILIS LINNAEUS*, 1758) В ВОДОЁМАХ С РАЗНЫМ ОБЪЁМОМ ОТКРЫТОГО ПРОСТРАНСТВА

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
mary@lin.irk.ru

Окуни малых озёр Нуркутуйского комплекса (Тункинское рифтовое плато) являются редким образцом абсолютной географической изолированности (Кислов, 2001). Их уникальность заключается в способности существования и воспроизводства в условиях естественного, некрупного по объёму эвтрофированного водоёма. Это единственный вид, заселивший несколько озёр и приспособившийся к их гидрологическому режиму. Исследование глубины изменений, происходящих в таких замкнутых малочисленных монопопуляциях, интересны как с точки зрения экологической адаптации, так и с точки зрения возникновения возможных отличий, приводящих к обособлению. Всесторонние знания о изолированных малочисленных популяциях также важны при таксономических исследованиях, направленных на разработку диагностических критериев популяций, рас и внутривидовых групп.

Сравнение морфологических характеристик чешуи как адаптивного элемента было предпринято для популяций речного окуня из водоёмов Нуркутульского комплекса с формами окуня, обитающего в открытом и соровом пространствах Малого Моря (озеро Байкал).

У отобранных экземпляров были измерены микро- и макроэлементы чешуи, а также – площади чешуи: общая и каудальной области. Также были измерены площади зон, составляющих каудальную область: зона минерализованного пояса, зона ктеноидных отростков и зона ктениев. Исследованы форма и размеры вооружений каудальной области чешуи: ктеноидных отростков и ктеноидных шипиков. Измерены длина и ширина лепидонтов, а также расстояния между ними. Исследования проведены методами сканирующей электронной микроскопии.

Сравнительный анализ вооружений рельефного слоя чешуи нуркутуйского и байкальского окуней позволяет заключить, что чешуйный покров изолированной монопопуляции претерпевает изменения в сторону усложнения минерализованных элементов. Происходит увеличение габаритов минерализованной глобулярной зоны, вооружение ктеноидных отростков дополнительными микрорёбрами и добавление «вспомогательных» лепидонтов в кромке склерита. Кроме того, параллельно наблюдается более компактная комплектация ктеноидной зоны за счёт измельчания размеров ктеноидных отростков и ктеноидных шипиков, а также интенсивное «цементирование» глобулярных конломератов и ктеноидных отростков минерально-органическими массами.

Для чешуи байкальского окуня характерны противоположные качества: вооружения на его чешуе более грациальны, находятся друг от друга на сравнительно больших расстояниях и, следовательно, более обособлены, ктении вынесены над чешуйной плоскостью. Ктеноидные шипики тоньше, длиннее и более ломки. Размеры минерализованной глобулярной зоны говорят о меньшей необходимости иметь прочную «броню».

На основании данных о габаритах микро- и макро- вооружений рельефного слоя чешуи обоих окуней можно заключить, что основное отличие ткани покровного слоя чешуи нуркутульского окуня состоит в большей жёсткости и меньшей эластичности. Этот факт, в свою очередь, позволяет заключить, что чешуя нуркутульского окуня имеет лучшие механические качества.

Настоящий морфологический анализ шкал окуня может использоваться в сочетании с другими морфологическими и биологическими данными. Это может быть полезно в синергетическом подходе к филогенетическому и систематическому изучению рода.

Работа выполнена в рамках проекта ЛИН СО РАН №0345-2016-0002 (АААА-А16-116122110066-1) «Молекулярная экология и эволюция …».

Tyagun M.L., Sapozhnikova Yu.P., Sukhanova L.V., Glyzina O.Yu., Yakhnenko V.M.

ABERRATION OF FISH OTOLITHS AS ADAPTATION FOR DIFFERENT DEPTHS

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
mary@lin.irk.ru

Peculiarities of aberrant otolith formation in fish have been poorly studied; the reasons for this are being discussed. The question whether the biomineral polymorphism is a specific adaptation or endogenous artefact final-

ly inducing a depression of auditory ability has not been fully solved until here. Various calcium carbonate isomers causes not only a shape deformation in ontogenesis, but also a change of optic and mechanic properties. This eventually affects hard tissue peculiarities and functions of the otolith as a component of vestibular and auditory mechanisms. We suggest that the weight is the third of the properties accompanying the changes of the hard tissue, in addition to those mentioned above. I.e., a theoretically aberrant otolith (aragonite + vaterite) should differ in weight from the homogenous one (only aragonite). In this case, the adaptations oriented to decrease/increase otolith mass may be demanded in fish at exploring different depths that are not typical for the auditory system. In order to verify this assumption we performed comparative analysis of otolith composition in Baikal omul *Coregonus migratorius* (Georgi), inhabiting the littoral, pelagic and deep-water zone of Lake Baikal. For this purpose, we compared the littoral-pelagic, pelagic and benthopelagic-abyssal morphological and ecological groups of omul as well as artificially bred individuals of this species. The opportunity to compare the otolith composition in native individuals allows estimating a natural variability of otolith tissue with the depth. The qualitative study of otolith composition in artificially bred individuals may enable to verify the hypothesis of “shallow water impact”, since the shallow water conditions are not typical neither for the pelagic nor the benthopelagic-abyssal form.

In the work, we used average samples of feeding omul caught in Lake Baikal (2006). The samples were collected at the Selenga Shoal and the Posolskaya Bank at the depths 5-150 m and include 272 specimens of the littoral-pelagic, 8 specimens of the pelagic and 259 specimens of benthopelagic-abyssal groups. We studied the composition and weight variabilities of otoliths in artificially bred individuals (2017, 2018, young fish) represented by 27 specimens of Barguzin omul, 17 specimens of Posolsk omul (benthopelagic-abyssal group), 35 specimens of Selenginsk omul (pelagic group).

We found that the native individuals had in total 4-19% of aberrant otoliths in the average samples, whilst the artificially bred omul had 9-17%. The ratio of typical vs. aberrant otoliths in each group was specific. The littoral-pelagic group had a larger proportion of the aberrant otoliths in natives, while the benthopelagic-abyssal one in artificially bred omuls (Fig. 1). The ratio of aberrant otoliths vs. the total number of otoliths was very high in this group. The pelagic omul was poorly represented in the average samples, thus there are no preliminary data on this group.

The polymorphous otoliths in full-grown fish (4+-5+) weighed at the mean 0.2-0.3 mg less than typical ones. The polymorphous otoliths in native young fish (1+) weighed at the mean 0.1-0.2 mg less than typical ones. The weight of the aberrant otoliths in juvenile fish in culture (0+) was 0.1-0.2 mg less than the weight of the typical otoliths.

The data of preliminary analysis allow the following conclusions: (1) polymorphous vaterite-containing otoliths weigh less than the typical ones; (2) in natural environment the lighter otoliths might be demanded in the littoral-pelagic habitat. Hypothesizing that the aberration may depress the auditory ability, we can anticipate that the water horizons of 20-80 m, usual for this littoral-pelagic group, are less comfortable, overall, for the omul auditory system. The same can be expected based on the fact that the number of aberrant otoliths increases in artificially bred omul individuals in “shallow water” conditions. Besides, as the polymorphous otoliths form in artificial individuals earlier than in natives, we may assume that the aberration could be an adaptation necessary in the changing environment, not a result of ontogenetic age-specific changes of endogenous nature.

This work was performed at the Baikal Joint Instrumentation Centre in LIN SB RAS (http://www.lin.irk.ru/copp/eng/) supported by RFBR and the Government of the Irkutsk region, projects No 17-44-388081 r_a and No 17-44-388106 r_a, the project of the Government of the Irkutsk region "Obtaining high-tech aquaculture of whitefish ..." (Forum Baikal-2020), otoliths crystallization was studied within the framework of the state task No. 0345-2016-0002 Molecular ecology and evolution of living systems ....

Тягун М.Л., Сапожникова Ю.П., Суханова Л.В., Глызина О.Ю., Яхненко В.М.

АБЕРРАЦИЯ ОТОЛИТОВ РЫБ КАК АДАПТАЦИЯ ПРИ ОСВОЕНИИ РАЗНЫХ ГЛУБИН

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
mary@lin.irk.ru

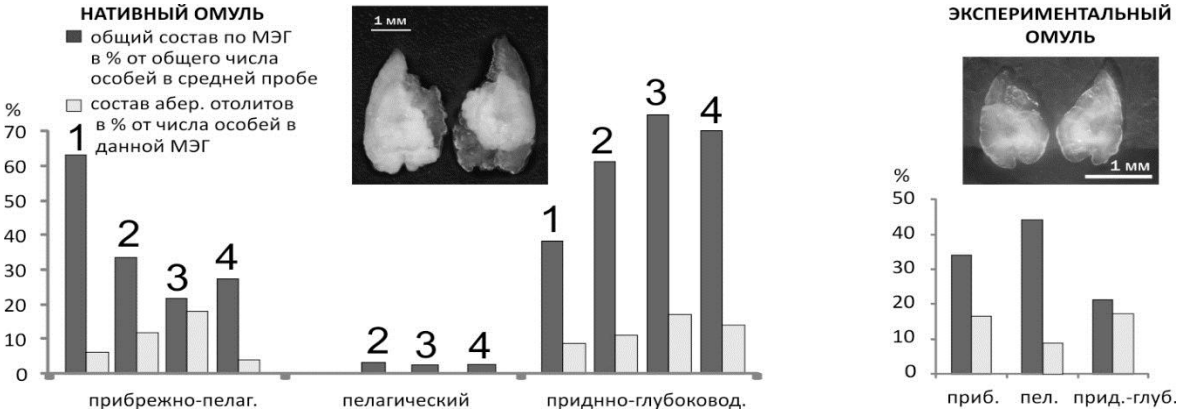
Особенности формирования аберрантных отолитов у рыб малоизученны, а причины их образования дискутируемы. Является ли полиморфизм биоминерала специфической адаптацией или артефактом эндогенного характера, приводящим в итоге к подавлению слуховой способности, – вопрос до конца не разрешённый. Формирование в онтогенезе отолитов с разной изомерной формой карбоната кальция приводит не только к искажению формы, но и к изменению оптических и механических свойств, что в итоге отражается на особенностях твёрдой ткани и, в конечном итоге, на качествах отолита как элемента вестибулярной и слуховой систем. Мы полагаем что кроме перечисленных, третьим из свойств, сопровождающих изменения твёрдой ткани, является вес. То есть, теоретически аберрантный отолит (арагонит+ватерит) должен отличаться весовыми качествами от униформатного (арагонит). В этом случае адаптации, направленные на уменьшение\увеличение массы отолита, востребованы у рыб при освоении нетипичных для слуховой системы разноглубинных пространств. Для проверки этого предположения был предпринят сравнительный анализ состава отолитов байкальского омуля *Coregonus migratorius* (Georgi), освоившего прибрежную, пелагическую и глубоководную зону озера Байкал. Сравнение было проведено для прибрежно-пелагической, пелагической и придонно-глубоководной морфо-экологических групп омуля (МЭГ), а также – у искусственно выращенных особей этого вида. Возможность сравнить состав отолитов у нативных особей, освоивших разные водные горизонты, позволит судить о естественной изменчивости ткани отолита в зависимости от глубины.

Количественное исследование состава отолитов у искусственных особей, выращенных в неглубоких бассейнах, позволит проверить гипотезу воздействия «мелководных условий», которые для пелагической и придонно-глубоководной форм являются нетипичными.

В работе использован материал, представленный средними пробами нагульного омуля, выловленного в акватории озера Байкал (2006 г.). Материал собран на Селенгинском мелководье и вблизи Посольской Банки с глубин 5-150 м: 272 экз. – прибрежно-пелагическая, 8 экз. – пелагическая, 259 экз. – придонно-глубоководная МЭГ. Исследован состав и изменения веса отолитов искусственно выращенных особей (2017, 2018 гг., молодь): 27 экз. баргузинского омуля, 17 экз. – посольского омуля (придонно-глубоководная МЭГ), 35 экз. – селенгинского омуля (пелагическая МЭГ).

Обнаружено что у нативных особей аберрантные отолиты в средних пробах в общей сложности составляют 4-19%, у искусственно выращенных омулей – 9-17%. Соотношение количества типичных и аберрантных отолитов в каждой МЭГ специфично. Больший процент аберрантных отолитов у нативных особей образует прибрежно-пелагическая МЭГ. У искусственно выращенных омулей – придонно-глубоководная МЭГ (рисунок). Процент аберрантных отолитов относительно общего числа отолитов этой МЭГ очень высок. Пелагический омуль в средних пробах представлен мало, поэтому предварительные наблюдения, касающиеся этой МЭГ, мы не делали.

Вес полиморфных отолитов взрослых особей, 4+ - 5+, ниже чем типичных отолитов в среднем на 0,2-0,3 мг. Вес полиморфных отолитов нативной молоди, 1+, ниже чем типичных в среднем на 0,1-0,2 мг. Вес аберрантных отолитов искусственно выращенной молоди на стадии малька, 0+, ниже чем вес типичных отолитов в среднем на 0,1-0,2 мг.



Состав типичных и аберрантных в выборках нагульных и экспериментальных омулей. (Цифрами обозначены номера тралений\средних проб в разных участках Селенгинского района и Посольской банки).

Данные предварительного анализа позволяют сделать следующие наблюдения. 1. Полиморфные отолиты, содержащие ватерит, легче типичных. 2. В естественных условиях уменьшение веса отолита более востребовано при прибрежно-пелагическом обитании. Следуя гипотезе угнетения слуха при аберрации, предварительно можно предположить, что водные горизонты 20-80 м, освоенные прибрежно-пелагической МЭГ, являются в общей сложности менее комфортными для слухового аппарата омуля. Это же предположение можно сделать, полагаясь на факт увеличения числа аберрантных отолитов у искусственных придонно-глубоководных особей омуля, помещённых в условия «мелководья». Кроме того, учитывая, что образование полиморфных отолитов у искусственных особей фиксируется на более ранних стадиях развития, чем у нативных, можно опять же предположить, что аберрация – адаптация, необходимая при изменении условий обитания, а не результат онтогенетических возрастных изменений эндогенного характера.

Работа выполнена на базе Объединенного приборного центра ЛИН СО РАН (http://www.lin.irk.ru/copp/rus/) при поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области, проекты № 17-44-388081 р_а и № 17-44-388106 р_а, проекта Правительства Иркутской области «Получение высокотехнологичной аквакультуры...» (Форум Байкал-2020), кристаллизация отолитов изучалась в рамках бюджетной темы № 0345-2016-0002 "Молекулярная экология и эволюция...".

Ulzetueva I.D., Gomboev B.O., Batomunkuev V.S., Zhamyanov D.Ts.-D.

MAIN DIRECTIONS OF THE ECOLOGICAL STATE IMPROVEMENT OF WATER OBJECTS OF THE BAIKAL NATURAL TERRITORY (BNT)

Baikal Institute of nature Management SB RAS, 8, Sakhyanova str., Ulan-Ude, Republic of Buryatia, Russia
idulz@mail.ru

The main directions of the ecological state improvement of water objects of the BNT are including, among others, the improvement of the environmental rationing system.

In order to ensure the transition to a new system of environmental regulation based on the establishment of ecosystem quality standards for the environment and the use of the best available technologies, there is a need to improve procedures and methods for normalizing permissible impacts on the Lake Baikal ecosystem. The conducted analytical review of papers about establishment of standards of maximum permissible impacts on the unique ecological system of the lake Baikal and methods of their determination has revealed the need to revise the provisions of the Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation (MNR RF) №63 (05.03.2010). It Order caused a number of problems for businesses that operate its activity on the BNT, primarily the difficulty of reaching excessive and often unattainable standards established by this Order.

To determine the list of substances to be taken into account in the content of standards of permissible impact on water bodies, hydrochemical studies were carried out, the results of earlier hydrochemical studies of surface waters of lake Baikal and its main tributaries were studied and the negative impact of discharges of harmful (polluting) substances on the ecological system of the lake were researched.

Based on the statistical processing of hydrobiological and hydrochemical data of the lake Baikal, collection and analysis of baseline information about the main components of the chemical balance of the lake, assessment of anthropogenic impact on it, make up the pollutant balance, standards for permissible impact on the Lake Baikal ecosystem and its hollows by brings chemical and suspended solids and microorganisms responsible for regional conditions were proposed. The standards are developed using mathematical modeling methods, contain the permissible mass of substances discharged with wastewater, the permissible content of substances in the waste water when discharged into the lake Baikal.

Ульзетуева И.Д., Гомбоев Б.О., Батомункуев В.С., Жамьянов Д.Ц-Д.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БПТ

ФГБУН Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8
idulz@mail.ru

Основные направления совершенствования экологического состояния водных объектов БПТ включают, среди прочих, и улучшение системы экологического нормирования.

В целях обеспечения перехода к новой системе экологического нормирования, основанной на установлении экосистемных нормативов качества окружающей среды и использовании наилучших доступных технологий, возникает необходимость в совершенствовании методик и методов нормирования допустимых воздействий на экосистему оз. Байкал. Проведенный аналитический обзор работ по установлению нормативов предельно допустимых воздействий на уникальную экологическую систему оз. Байкал и методов их определения позволил выявить необходимость пересмотра положений Приказа МПР №63 от 5 марта 2010 г., который вызвал ряд проблем для хозяйствующих субъектов, осуществляющих свою деятельность на БПТ, прежде всего, трудностью достижения завышенных и, зачастую, заведомо недостижимых нормативов, установленных этим Приказом.

Для определения перечня веществ, подлежащих учету в составе нормативов допустимого воздействия на водные объекты, были проведены гидрохимические исследования, изучены результаты проведенных ранее гидрохимических исследований поверхностных вод оз. Байкал и его главных притоков, исследовано негативное воздействие сбросов вредных (загрязняющих) веществ на уникальную экологическую систему озера.

На основании статистической обработки гидробиологических и гидрохимических данных по оз. Байкал, сбора и анализа исходной информации об основных составляющих химического баланса озера, оценки антропогенной нагрузки на него, составлении балансов загрязняющих веществ, предложены нормативы допустимых воздействий на экосистему Байкала и его котловин по привносу химических и взвешенных веществ, а также микроорганизмов, отвечающих региональным условиям. Нормативы разработаны с применением методов математического моделирования, содержат допустимую массу веществ, сбрасываемых со сточными водами, допустимое содержание веществ в сточных водах при их сбросе в оз. Байкал.

Urabe M.[1], Kanaya G.[2], Shikano S.[3], Haneda T.[4], Uesaka M.[4], Sako Y.[4], Kadowaki Y.[5], Ponomareva N.M.[6], Yurlova N.I.[6]

EMERGENCE PATTERN OF FREE-CERCARIAE ALONG THE COAST OF LAKE CHANY, WESTERN SIBERIA: RELATIONSHIPS WITH WATER TEMPERATURE AND LIGHT CONDITIONS

[1]School of environmental Science, the University of Shiga Prefecture, Japan
[2]National Institute for Environmental Studies , Japan
[3]Center of Northeast Asian Studies, Tohoku University, Japan
[4]Graduate School of Life Sciences, Tohoku University, Japan
[5]Graduate School of Environmental Science, the University of Shiga Prefecture, Japan
[6]Institute of Animal Taxonomy and Ecology, RAS SB

Some recent studies have shown that parasites in the free-living stages are potential food resources for small fish and aquatic invertebrates. Specifically, cercariae (the free-living stage of digenean trematodes) can be very productive under some environmental conditions, suggesting that they link aquatic mollusks (their first

intermediate hosts) and small predators in a predator–prey relationship, of which little has been noted in aquatic ecology studies. We surveyed the dynamics of cercariae along a natural coast of Lake Chany, western Siberia, to estimate their amount as a potential resource for small carnivorous animals. In addition, the emergence patterns of cercariae were tested in the laboratory under controlled light/temperature conditions to identify the environmental conditions that stimulate cercarial emergence.

In the field, cercariae appeared in daytime, especially in the afternoon when the coast was exposed to direct sunlight and the water temperature was increased. At the peak, the cercarial density exceeded 25 individuals/L for echinostomids and 200 individuals/L for plagiorchiids, and their biomass was roughly estimated as 12~100 μgDW/L. There was some variation in the shedding pattern among cercarial species: echinostomid cercariae (mostly *Echinoparyphium aconiatum* and *Moliniella anceps*) appeared mainly in the morning before the water temperature reached its peak, while plagiorchiid cercariae (*Plagiorchis elegans* and *P. mutationis*) appeared in the afternoon at the temperature peak. The laboratory experiments indicated that cercariae quickly responded to a change in water temperature and emerged massively at 23°C or more. However, they did not respond to the light condition clearly, and the shedding pattern under the natural L–D pattern was retained for at least one day after the L–D pattern was reversed. These results suggest that in Lake Chany, the major environmental factor controlling the cercarial shedding pattern is water temperature, in contrast to some other digenean species. Along the coast of Lake Chany, the water temperature changes markedly among sites and times and can be exceed 30°C in vegetation gaps on sunny days. In conclusion, free cercariae can be an abundant food source for small fish and invertebrates in the daytime in summer, although the cercarial emergence rate is very temperature-dependent and free cercariae are distributed patchily in both time and space.

Ushakov M.V.

CLIMATIC CHANGES OF THE MINIMUM DAY FLOW FOR A SUMMER-AUTUMN PERIOD ON THE RIVERS OF THE NORTH PRIOKHOTOMORIE

North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute n.a. N. A. Shilo, Far East Branch RAS, Russia, Magadan. Portovaya st., 16
mvilorich@narod.ru

It is known that on Earth there is a process of global climate change. During the 21st century, the average air temperature will continue to rise; the greatest warming should be expected in Siberia and in the northern regions of Russia.

An important place in the life of rivers is the minimum runoff. It has not only a water management significance, but also an ecological one. The rivers of the Northern Priokhotomorie are used for water supply, breeding of salmonids. The conditions for spawning fish are significantly affected by the flow regime of rivers. In this paper, the goal is to assess the climatic changes in the minimum daily runoff of the rivers of the Northern Priokhotomorie for the summer-autumn period. Under the Northern Priokhotomorie is the territory of the basins of the Okhotsk Sea rivers within the Magadan Region.

The intra-annual distribution of river runoff in Priohotomorie is marked by considerable unevenness. In the warmest part of the year (May-October) the bulk of water flows (94-99%). In the winter months (November-March), the runoff is insignificant. Hydrographs of the high waters are often characterized by a sawtooth form. The wave of flood often merges with subsequent rain floods. Rainfalls occur between mid-June and September. The least water expenditure during the open channel period can be observed in any summer month, mainly in the second half of the summer and before the appearance of autumn ice phenomena on the river. During this period, the rivers are fed by resources of the seasonal thawed layer (STL) and taliks. Winter low water is observed from the second half of October. The peculiarities of the feeding of rivers in this region during the periods, taking into account its cold sea climate and the island character of the cryolithozone, were considered earlier.

The paper analyzes the minimum summer-autumn diurnal runoff modules at five operating hydrological posts. The points of observation of the runoff were chosen by the following considerations. The hydrological regime was not subjected to anthropogenic impact. The observation period should cover the second half of the 20th century and the second decade of the 21st century. Data on the runoff are taken from the manuscript tables “Minimal runoff” of the Kolyma Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring.

Comparison of the mean annual values of the module of the minimum daily water discharge, calculated before 1980, and for the period 1981-2016 showed that the runoff increased by 8-53% (Table 1). And this increment is inversely proportional to the catchment area

$$\Delta M = 162 \lg A^{-2,03}, \text{ the determination coefficient } R^2 = 0{,}92,$$

where A – the catchment area, km^2.

The increase in the minimum runoff is primarily due to the increase in precipitation (Table 2) both in the whole year and for the third quarter, within which the summer-autumn low-water season is observed. So the quarterly amount of precipitation over the past decades has increased by 20.6%. In connection with the warming of the climate (see Table 2), the power of the STS and the size of the taliks increase, and this leads to an increase in the underground flow of rivers. In small catchments, the flow of rainwater into rivers is faster than in large watersheds, which means that the share of groundwater in the formation of a minimum runoff is greater there than in large basins. This can explain the decrease in the response of the minimum daily runoff to climatic changes with an increase in the size of the catchment area.

Table 1. Changes in the characteristics of the minimum daily summer-autumn runoff in the rivers of the Northern Priokhotomorie

River – station	Mean annual minimum day flow modulus, l/(s·km^2)	
	before 1980	1981-2016
Dukcha - mouth	9.5	12.8
Magadanka - Magadan city	13.2	20.2
Hasyn – Hassyn village	7.4	8.8
Uptar – Uptar village	7.9	9.6
Taui – Taui village	6.7	7.2

Table 2. Changes in climatic characteristics

Climatic characteristic	Mean	
	before 1980	1981-2015
Average annual air temperature, C °	-3.5	-2.6
Air temperature in the third quarter, C °	10.0	10.5
Total precipitation for the year, mm	530	577
Sum of precipitation for the third quarter, mm	209	252

Ушаков М.В.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МИНИМАЛЬНОГО СУТОЧНОГО СТОКА ЗА ЛЕТНЕ-ОСЕННИЙ ПЕРИОД НА РЕКАХ СЕВЕРНОГО ПРИОХОТОМОРЬЯ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук, Россия, г. Магадан, ул. Портовая, 16
mvilorich@narod.ru

Известно, что на Земле наблюдается процесс глобального изменения климата. В течении XXI века средняя температура воздуха будет продолжать повышаться, наибольшего потепления следует ожидать в Сибири и в северных регионах России.

Важное место в жизни рек занимает минимальный сток. Он имеет не только водохозяйственное значение, но и экологическое. Реки Северного Приохотоморья используются для водоснабжения, разведения лососевых рыб. На условия нереста рыб существенно влияет режим стока рек. В данной работе ставится цель, оценить климатические изменения минимального суточного стока рек Северного Приохотоморья за летне-осенний период. Под Северным Приохотоморьем понимается территория бассейнов рек Охотского моря в пределах Магаданской области.

Внутригодовое распределение стока рек в Приохотоморья отличается значительной неравномерностью. В теплую часть года (май-октябрь) протекает основная масса воды (94-99%). В зимние месяцы (ноябрь-март) сток незначителен. Гидрографы половодья характеризуются зачастую пилообразной, формой. Волна половодья нередко сливается с последующими дождевыми паводками. Дождевые паводки проходят в период середина июня-сентябрь. Наименьшие расходы воды за период открытого русла могут наблюдаться в любой летний месяц, преимущественно во второй половине лета и перед появлением на реке осенних ледовых явлений. В этот период питание рек осуществляется, за счет ресурсов водоносного сезонноталого слоя (СТС) и таликов. Зимняя межень наблюдается со второй половины октября. Особенности питания рек этого района в меженные периоды, с учетом его холодного морского климата и островного характера криолитозоны, рассмотрено ранее.

В работе проведен анализ минимальных летне-осенних суточных модулей стока на пяти работающих гидрологических постах. Пункты наблюдений за стоком выбирались следующих соображений. Гидрологический режим не подвергался антропогенному воздействию. Период наблюдений должен охватывать вторую половину XX века и второе десятилетие XXI века. Данные о стоке взяты из рукописных таблиц «Минимальный сток» Колымского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Сравнение среднемноголетних значений модуля минимального суточного расхода воды, рассчитанных до 1980 г., и за период 1981-2016 гг. показало, что сток увеличился на 8-53% (табл. 1). И это приращение обратно пропорционально площади водосбора

$$\Delta M = 162 \lg A^{-2,03}, \text{ коэффициент детерминации } R^2=0,92,$$

где A – площадь водосбора, км^2.

Увеличение минимального стока в первую очередь обусловлено ростом атмосферных осадков (табл. 2) как в целом за год, так и за третий квартал, внутри которого наблюдается летне-осенняя межень. Так квартальная сумма осадков за последние десятилетия увеличилась на 20,6%. В связи с потеплением климата (см. табл. 2) увеличиваются мощность СТС и размеры таликов, а это приводит к повышению подземного стока рек. На малых водосборах стекание дождевых вод в реки происходит быстрее, чем на больших, а значит доля подземных вод в формировании минимального стока там больше, чем на крупных бассейнах. Этим и можно объяснить уменьшение реакции минимального суточного стока на климатические изменения с увеличением размеров водосбора.

Таблица 1. Изменения характеристик минимального суточного летне-осеннего стока рек Северного Приохотоморья

Река – пункт	Среднемноголетний минимальный суточный модуль стока, л/(с·км^2)	
	до 1980 г.	1981-2016 гг.
р. Дукча – устье	9,5	12,8
р. Магаданка – г. Магадан	13,2	20,2
р. Хасын п. Хасын	7,4	8,8
р. Уптар – п. Уптар	7,9	9,6
р. Тауй – с. Талон	6,7	7,2

Таблица 2. Изменения климатических характеристик

Климатическая характеристика	Среднее	
	до 1980 г.	1981-2015 гг.
Среднегодовая температура воздуха, °С	-3,5	-2,6
Температура воздуха в третьем квартале, °С	10,0	10,5
Сумма осадков за год, мм	530	577
Сумма осадков за третий квартал, мм	209	252

Uskova S.S., Martynova A.V., Generalov M.A., Adilgireev N.A., Hasbolatov R.I.

INDICATION OF ENTEROCOCCI STRAINS IN SANITARY MICROBIOLOGY STUDY OF WATER OF VLADIVOSTOK

Enterococci strains are still remaining the keen problem of modern microbiology and are still the subject of discussion of their role as the microorganism with significance as indicating strains. There were noted of some difficulties in cultivating of this microorganism in natural habitat because of low temperatures what restricts of application of this microbe as microbiology indicator. We noted the way of improvement of media for cultivating of enterococci in conditions of low temperatures with supplemental addition of yeast extract.

Ускова С.С.[1], Мартынова А.В.[1, 2], Генералов М.А.[2], Адильгереев Н.А.[2], Хасболатов Р.И.[2]

ОПЫТ ИДЕНТИФИКАЦИИ ШТАММОВ ЭНТЕРОКОККОВ ПРИ САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЯХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ Г.ВЛАДИВОСТОКА

[1]690091, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, ДВФУ
[2]690002, г. Владивосток, пр. Острякова, 2, ТГМУ

Бактерии рода *Enterococcus* распространены повсеместно и входят в состав многих экосистем. Они являются представителями нормальной микрофлор человека и животных, встречаются в пищевых продуктах, в воде, растениях, у животных, птиц и насекомых. Энтерококки могут быть причиной инфекционно-воспалительных заболеваний животных и человека: эндокардитов маститов, метритов и сепсиса новорожденных (Красная и др., 2014).

Определением энтерококков как санитарно-показательных микроорганизмов пользуются при оценке санитарного состояния объектов внешней среды – питьевой воды, сточных вод. Ряд исследователей считает энтерококк более чувствительным показателем фекального загрязнения, чем кишечную палочку, поскольку энтерококк практически не размножается вне организма человека или животного (Moati, Jarousha, 2006). Метод определения энтерококков включен ВОЗ в Международный и Европейский стандарты исследования питьевой воды. Несмотря на достигнутые успехи и значительный опыт в применении, идентификация штаммов рода *Enterococcus* требует оптимизации протокола микробиологического исследования, так как чувствительность данного метода не позволяет идентифицировать наличие штаммов энтерококков в пробах воды, полученных из водных объектов с различными микроэкологическими характеристиками. Общепринятыми методами является среди прочих и повсеместно используемые микробиологическое исследование с использованием таких сред как стандартный метод определения энтерококков (*E. faecalis*, *E. faecium*, *E. avium*, *E. gallinarum*), основанный на высеве определенного количества продукта, или его разведения в жидкую селективную среду, или на поверхность плотной селективной среды, аэробном культивировании посевов при 37±1°С в течение 24-48 ч, подтверждении принадлежности выросших микроорганизмов к энтерококкам, пересчете их количества на 1 г (1 см^3) продукта. Предлагаемые среды, такие как азидно-глюкозный бульон, селективный агар по Сланецу и Бертли, канамицин эскулин азид агар (Поздеев, 2010; Тарас и др., 2016). Однако, применение данных сред дает по мнению ряда специалистов противоречивые результаты в чувствительности и специфичности микробиологического исследования на энтерококки в зависимости от микроэкологической ситуации.

Цель: оптимизировать протокол микробиологического исследования при идентификации штаммов энтерококков и изучении проб воды с различными миркоэкологическими характеристиками для рационализации применения штаммов энтерококков в качестве санитарно-показательного микроорганизма.

Материалы и методы: нами были изучены пробы воды, полученные из бухты Золотой Рог (Корабельная набережная), взятые в условиях пониженной температуры (-11°С воздуха и 1,4°С воды), в объеме 10 и 20 мкл. Бактериологическое исследование проводилось согласно методике (Поздеев, 2010; Ноллет и др., 2012).

Результаты: для оптимизации протокола бактериологического исследования проб воды, выделенных при пониженных температурах (-11°С воздуха и 1,4°С воды), что является экстремальной ситуацией для энтерококков и осложняет их применение в качестве санитарно-показательного микроорганизма в зимних условиях, нами было предложено оптимизировать используемую среду для выделения энтерококков путем добавления различных концентраций дрожжевого экстракта (производитель Франция). В результате нами было выяснено, что при увеличении объема пробы и концентрации дрожжевого экстракта, количество выделенных колоний энтерококков увеличивается, при этом инкубация проб в сроки до 48 часов, увеличивает вероятность выделения штаммов энтерококков. При этом, при изучении пробы в 10 мкл и концентрации дрожжевого экстракта в 1 мкг/мл при инкубации в течение 1 суток было идентифицировано 14 колоний, количество колоний из этой же пробы объемом в 10 мкл и при концентрации дрожжевого экстракта в 1 мкг/мл через 48 часов составило 16 колоний. Аналогичная ситуация наблюдалась и при изучении 20 мкл: при инкубации с концентрацией дрожжевого экстракта в 1 мкг/мл количество колоний составило 170 колоний, а при инкубации в течении 48 часов 176 колоний.

Выводы и заключение: Применение дрожжевого экстракта в качестве ростового фактора для выделения энтерококков позволяет оптимизировать протокол идентификации энтерококков в микробиологическом исследовании с целью изучения распространения штаммов энтерококков как санитарно-показательных микроорганизмов водных объектах с различными микроэкологическими условиями, в том числе в пробах, взятых при пониженной температуре, что позволяет шире применять штаммы энтерококков в качестве санитарно-показательных микроорганизмов.

Usoltseva M.V.[1], Titova L.A.[1], Chuvashova I.S.[2, 3], Hassan A.[3], Rasskazov S.V.[2, 3]

FOSSIL DIATOMS IN NEOGENE PALEOLAKES OF THE BAIKAL RIFT

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia
[3]Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
usmarina@inbox.ru, rassk@crust.irk.ru

The Baikal rift system is a classic late Cenozoic continental extensional structure. The central position is occupied by South Baikal Basin. The adjacent Tunka and Barguzin valleys are filled with sediments of the same age as the Baikal deposits (Logachev, 1958, 1974).

Baikal is the deepest and the most ancient freshwater lake in the world (Baikal Atlas, 1993). Its formation begun 27 million years ago (Mats et al., 2001). Throughout the history, the dominating species of Baikal diatoms repeatedly succeeded each other. The most ancient Baikal deposits studied are 8-5.33 million years old and refer to the Upper Miocene (Kuzmin et al., 2009). The lower part of the profile has not been studied. Hence, the question arises, which flora developed in Baikal before 8 million years ago and how it settled. Kuzmin et al. (2009) suggested that the diatoms could enter Baikal mainly through the rivers of the Tunka Basin and Transbaikalia (Paleobarguzin etc.). However, the diatoms from Neogene deposits of the Barguzin valley have not been studied before. Thus, a detailed comparative study of sedimentary profiles and diatom complexes of the Tunka and Barguzin valleys and the Vitim plateau will be of high priority for creating a full sedimentary record necessary for understanding the whole history of structural development of the central part of the Baikal rift system.

The diatoms of the Vitim plateau are a subject of many studies (Endrikhinsky, Cheremesinova, 1970; Moiseeva, 1984; Chernyaeva et al., 2007; Usoltseva et al., 2010; Usoltseva, Khursevich, 2010) that describe new species and complexes of Upper Miocene diatoms (12-9 million years). Data on fossil diatoms from the Tunka Basin are given in the papers (Cheremesinova, 1973; Popova et al., 1989; Lupikina, Khursevich 1991; Khursevich, 1994; Likhoshway et al., 1997; Usoltseva et al., 2015).

The objective of the work was to study in details by means of SEM diatoms from Neogene deposits of the Barguzin valley and to compare them with the diatoms from other paleolakes if the Baikal Rift Zone.

The Cenozoic stratified deposits were taken from the wells 531 and 532 near the village of Bodon (Bodon depression of the Ust-Minday Basin) along the Ina River by the Baikal Branch of Sosnovgeologia of the Federal State Unitary Geological Enterprise "Urangeologorazvedka" in 2012. The following stratigraphic units are defined: lower (grey-colored coal-bearing Miocene-Low Pliocene strata of the Tankhoi suite), middle (ocher-colored Upper Pliocene-Early Pleistocene strata of the Anosovka suite) and upper (multicolored polyfacial Quaternary strata).

Two diatom complexes are defined. The first one (well 532) are represented by the species *Actinocyclus gorbunovii* (Sheshukova) Moisseeva et Sheshukova, *A. krasskei* (Krasske) Bradbury et Krebs, *Alveolophora tscheremissinovae* Khursevich, *Pseudoaulacoseira moisseeviae* (Lupikina) Lupikina et Khursevich, *Aulacoseira distans* (Ehrenberg) Simonsen, *A. spiralis* (Ehrenberg) Houk et Klee, *Aulacoseira* sp. with oval valves, *Melosira varians* Agardh, *Ellerbekia teres* (Brun) Crawford, *Tetracyclus emarginatus* (Ehrenberg) W. Smith. As a whole, this diatom complex is similar to the Middle Late Miocene diatom complex of the Vitim plateau. There are some doubts concerning the *Aulacoseira* sp. with oval valves dominating in the middle of the core. The oval valves of *Aulacoseira* are an archaic character and it has been found until now only in Early Miocene diatoms of the Far East, Japan, and Miocene-Pliocene diatoms from Oregon, USA (Usoltseva, Tsoy, 2010). Thick walls of the frustule and a deep ring-shaped rim also confirm the old age of the *Aulacoseira* sp.

The second complex (well 531) is characterized byотмечены *Actinocyclus tunkaensis* Khursevich, *Alv. tscheremissinovae*, *Aulacoseira canadensis* (Hustedt) Simonsen, *Aulacoseira* sp. 2, *A. islandica* (Müller) Simonsen with spores and *A. distans*. Benthic species are represented by the genera *Fragilaria*, *Staurosirella*, *Tetracyclus*, *Eunotia*, *Pinnularia* и *Ellerbekia*. These deposits correlate with Late Miocene-Early Pliocene sediments of Lake Baikal.

The comparison of species complexes from Neogene deposits of the Braguzin and Tunka valleys and Vitim plateau showed a domination of the same planktonic genera *Actinocyclus*, *Alveolophora*, *Aulacoseira*, *Pseudoaulacoseira*, *Concentrodiscus*, *Lobodiscus*, but different species. The closest resemplance is found between the paleolakes of the Barguzin valley and Vitim plateau. The shared species are *Actinocyclus krasskei*, *A. gorbunovii*, *Pseudoaulacoseira moisseeviae*, *Alveolophora tscheremissinovae*, *Aulacoseira distans*, *A. spiralis* и *A. islandica*. All these species except *P. moisseeviae* and *Alv. tscheremissinovae* are also met in the Upper Miocene delta facies of the Paleobarguzin River penetrated by BDP-98 borehole at the Baikal underwater Akademicheskiy Ridge. The change of diatom composition along the profiles suggests a repeatedly changing environment of all the lakes studied.

The work is done within the Project №0345–2016–0001 at the Shared Research Facilities for Physical and Chemical Ultramicroanalysis LIN SB RAS.

Усольцева М.В.[1], Титова Л.А.[1], Чувашова И.С.[2, 3], Хассан А.[3], Рассказов С.В.[2, 3]

ИСКОПАЕМЫЕ ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ В НЕОГЕНОВЫХ ПАЛЕОВОДОЕМАХ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия, usmarina@inbox.ru
[2]Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия, rassk@crust.irk.ru
[3]Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

Байкальская рифтовая система – классическая позднекайнозойская континентальная структура растяжения. Центральное положение в ней занимает озерная Южно-Байкальская впадина. Сопредельные сухие долины – Тункинская и Баргузинская – заполнены осадочными отложениями, накопившимися одновременно с донными отложениями оз. Байкал (Логачев, 1958, 1974).

Байкал – глубочайшее и древнейшее пресноводное озеро на планете (Атлас Байкала, 1993). Его формирование началось 27 млн лет назад (Мац и др., 2001). На протяжении долгой истории озера состав доминирующего комплекса диатомей неоднократно менялся. Самые древние отложения, изученные в Байкале – верхнемиоценовые – соответствуют временному интервалу 8-5,33 млн лет (Кузьмин и др., 2009). Нижележащая часть разреза осталась неизученной. Возникают вопросы – какая флора развивалась в Байкале до 8 млн лет и как она расселялась. Авторы монографии (Кузьмин и др., 2009) высказали предположение, что проникновение видов диатомей в воды Байкала происходило главным образом из бассейнов Тункинской котловины и Забайкалья по рекам (Палеобаргузин и др.). Однако диатомеи из неогеновых отложений Баргузинской впадины ранее не изучались.

Для полной регистрации осадочной летописи всей истории структурного развития центральной части Байкальской рифтовой системы первостепенное значение имеет детальное сравнительное изучение разрезов осадочных отложений и комплексов диатомей Баргузинской, Тункинской долин и Витимского плоскогорья.

Исследованию диатомовых водорослей Витимского плоскогорья посвящены работы (Ендрихинский, Черемисинова, 1970; Моисеева, 1984; Черняева и др., 2007; Рассказов и др., 2007; Usoltseva et al., 2010; Usoltseva, Khursevich, 2010), в которых приведены комплексы видов диатомей для средне-верхнемиоценовых отложений (12-9 млн л.), описаны новые виды. Результаты изучения ископаемых диатомовых водорослей Тункинской котловины представлены в публикациях (Черемисинова, 1973; Попова и др., 1989; Lupikina, Khursevich 1991; Khursevich, 1994; Лихошвай и др., 1997; Усольцева и др., 2015).

Целью данной работы было детальное изучение с помощью СЭМ диатомей из неогеновых отложений Баргузинской впадины и их сопоставление с другими палеоводоемами Байкальской рифтовой зоны.

Кайнозойские стратифицированные образования Баргузинской долины вскрыты скважинами 531 и 532 в районе пос. Бодон (Бодонская депрессия Усть-Миндайской котловины) вдоль реки Ина в 2012 г. Байкальским филиалом Сосновгеология ФГУГП «Урангеологоразведка». Выделены стратоны: нижний (представлен сероцветными угленосными миоцен-нижнеплиоценовыми отложениями танхойской свиты); средний (сложен охристыми верхнеплиоценовыми-эоплейстоценовыми отложениями аносовской свиты) и верхний (представлен пестроцветными четвертичными полифациальными отложениями.

По материалам изучения диатомей выявлено 2 комплекса видов. Первый комплекс (скв. 532) представлен видами *Actinocyclus gorbunovii* (Sheshukova) Moisseeva et Sheshukova, *A. krasskei* (Krasske) Bradbury et Krebs, *Alveolophora tscheremissinovae* Khursevich, *Pseudoaulacoseira moisseeviae* (Lupikina) Lupikina et Khursevich, *Aulacoseira distans* (Ehrenberg) Simonsen, *A. spiralis* (Ehrenberg) Houk et Klee, *Aulacoseira* sp. с овальными створками, *Melosira varians* Agardh, *Ellerbekia teres* (Brun) Crawford, *Tetracyclus emarginatus* (Ehrenberg) W. Smith. В целом, состав диатомей указывает на сходство с средне-позднемиоценовыми диатомеями Витимского плоскогорья. Сомнение вызывает доминирующая в средней части керна *Aulacoseira* sp. с овальными створками. Овальные створки *Aulacoseira* – древний признак и до сих пор был отмечен только для диатомей раннемиоценовых отложений Дальнего Востока, Японии и миоцен-плиоценовых отложений штата Орегон, США (Usoltseva, Tsoy, 2010). На древность *Aulacoseira* sp. также указывает большая толщина стенок панциря и глубокая кольцевидная диафрагма.

Во втором комплексе (скв. 531) отмечены *Actinocyclus tunkaensis* Khursevich, *Alv. tscheremissinovae*, *Aulacoseira canadensis* (Hustedt) Simonsen, *Aulacoseira* sp. 2, *A.islandica* (Müller) Simonsen со спорами и *A. distans*. Из бентосных видов отмечены представители родов *Fragilaria*, *Staurosirella*, *Tetracyclus*, *Eunotia*, *Pinnularia* и *Ellerbekia*. Эти отложения коррелируются с осадками оз. Байкал позднемиоценового-раннеплиоценового возраста.

Сравнительный анализ комплексов доминирующих видов неогеновых отложений Баргузин-

ской, Тункинской долин и Витимского плоскогорья показал, что в их состав входят представители одних и тех же планктонных родов *Actinocyclus, Alveolophora, Aulacoseira, Pseudoaulacoseira, Concentrodiscus, Lobodiscus*, но они представлены разными видами. Наибольшее сходство выявлено между палеоводоемами Баргузинской долины и Витимского плоскогорья. Общими видами были *Actinocyclus krasskei, A. gorbunovii, Pseudoaulacoseira moisseeviae, Alveolophora tscheremissinovae, Aulacoseira distans, A. spiralis* и *A.islandica*. Все вышеперечисленные виды, за исключением *P. moisseeviae* и *Alv. tscheremissinovae* встречались и в верхнемиоценовых дельтовых фациях Палеобаргузина, вскрытых скв. BDP-98 на подводном Академическом хребте Байкала. Для всех исследованных водоемов показана смена состава диатомей по разрезу, что свидетельствует о неоднократной смене условий обитания.

Работа выполнена в рамках проекта №0345–2016–0001 на базе Объединенного Центра ультрамикроанализа ЛИН СО РАН.

Vandysh O.I., Koroleva I.M., Postnova S.V.

ZOOPLANKTON OF LAKE IMANDRA AND ITS ROLE IN FISH NUTRITION

Institute of North Industrial Ecology Problems – Subdivision of the Federal Research Center “Kola Science Centre of the RAS”, 14a Akademgorodok St., Apatity 184209, Russia
vandysh@inep.ksc.ru, koririn@yandex.ru

Biolimnic structural features of zooplankton community of Lake Imandra exposed to long–term influence of runoffs from apatite-nepheline production are revealed and assessment of present–day ecological state of the water area is given. The obtained results complete the knowledge of response of hydrobionts to mining production runoffs.

Planktonic and nectobenthic (myside) organisms represent the major feed resource of fish of Lake Imandra. Of the 20 found in the lake Imandra species of cladocerans crustaceans fish eats 5. When the mass development of cladocerans crustaceans they can be consumed whitefish in large quantities. Among 10 discovered species of copepods feed are of 6 types. At other times the food vendace and whitefish was a mixed multicomponent in nature.

Вандыш О.И., Королева И.М., Постнова С.В.

ЗООПЛАНКТОН ОЗЕРА ИМАНДРА И ЕГО РОЛЬ В ПИТАНИИ РЫБ

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН - обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр РАН»
184209 г. Апатиты, Мурманская обл., Россия
vandysh@inep.ksc.ru

Планктонные и нектопланктонные (мизиды) организмы представляют важнейший кормовой ресурс рыб озера Имандра. Выявление закономерностей распределения и количественный подсчет зоопланктона актуально для изучения биологии водоема и для решения вопросов рыбохозяйственного значения. Учет особенностей морфометрии озера и источников загрязнения привели к необходимости дифференцированного подхода к характеристике показателей зоопланктона.

Зоопланктон Бабинской Имандры (условно-фоновый район) был представлен 29 видами: Rotatoria – 10, Cladocera – 10, Copepoda – 9. Доминировали коловратки – факультативный хищник *Asplanchna priodonta*, мирные *Keratella cochlearis, K. quadrata, Kellicottia longispina, Notholca caudata* и ветвистоусый рачок-фитофаг *Bosmina obtusirostris*. Численность и биомасса зоопланктона варьировали в пределах 7,8-230,1 тыс. экз./м^3 и 0,2-0,6 г/м^3. По численности преобладали коловратки, по биомассе ценные в кормовом отношении ветвистоусые рачки-фитофаги (*Bosmina obtusirostris, Daphnia cristata, Holopedium gibberum*) и веслоногие (факультативный хищник *Mesocyclops leuckarti* и фитофаг *Eudiaptomus gracilis*) ракообразные.

В зоне влияния подогретых вод Кольской АЭС (г. Молочная) было выявлено 38 таксонов организмов: Rotatoria – 14, Cladocera – 14, Copepoda – 10. Доминировали *K. cochlearis, K. longispina, B. obtusirostris* и *Cyclops* sp. Общая численность и биомасса зоопланктона варьировали в пределах 17,0-312,0 тыс. экз./м^3 и 0,2-1,1 г/м^3.

В плесе Большая Имандра (г. Белая, воздействие апатито-нефелинового производства) в составе зоопланктона выявлено 34 вида: Rotatoria – 18, Cladocera – 7, Copepoda – 9. В составе руководящего комплекса преобладали коловратки *A. priodonta, Brachionus calyciflorus, Bipalpus hudsoni, K. cochlearis, N. caudata, Polyarthra* sp., *Synchaeta* sp. и ветвистусый рачок-фильтратор *B. obtusirostris*. Анализ особенностей распределения организмов зоопланктона губы Белой в многолетнем ряду исследований выявил, что наиболее продуктивным в кормовом отношении является слой 2-5 м, где отмечена наибольшая концентрация представителей всех трех групп зоопланктона.

Зоопланктеры присутствуют в составе кормовых организмов молоди всех рыб. Из 20 найденных в Имандре видов ветвистоусых рачков в пищу употребляется 5. Веслоногие рачки в видовом отношении представлены богаче – из 10 обнаруженных видов кормовыми являются 6. В летний период при массовом развитии ветвистоусых рачков они могут потребляться сигами в значительных количествах, достигая почти половины от общего веса съеденной пищи. В остальное время питание ряпушки и сига носит смешанный характер. Собственно зоопланктонные организмы чаще встречались у сеголетков ряпушки, в их желудках в значительном количестве присутствовали босмины (до 500 организмов в 1 желудке).

Vakhrameeva E.A., Kokryatskaya N.M.

GRANULOMETRIC COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS OF LAKES

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research RAS, Arkhangelsk

The essence of our methodology for the granulometric analysis is the separation of the particles of the precipitates of the processed sample into fractions by scattering on a sieve for fractions > 0.1 mm and in determining the content of fractions < 0.1 mm in an aqueous suspension by pipetting. The pipetting method in this variant is more simple in execution and quite time-saving in comparison with the Petelin method, because does not require long-term washing of finely dispersed fractions.

Вахрамеева Е.А., Кокрятская Н.М.

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, Архангельск, Набережная Северной Двины, 23
vakhr-elena@yandex.ru

Гранулометрический состав донных отложений озерных экосистем является одним из основных параметров, характеризующих типы осадков, а также дающих возможность судить о механизме процесса седиментации и динамике водной среды.

Универсальная методика определения гранулометрического состава отсутствует. Условия проведения анализа, в частности, выбор метода пробоподготовки, определяются индивидуальными свойствами исследуемых осадков. При этом необходимо учитывать, что активные способы подготовки не рекомендуются, т.к. разрушаются не только агрегаты, но и хрупкие и пластинчатые минералы, что влечет за собой искусственное увеличение дисперсности осадков.

В основу методики определение гранулометрического состава донных осадков, предложенной нами, был взят ГОСТ 12536-79. Мы предложили использовать пипеточный метод в комбинации с ситовым для определения гранулометрического состава проб донных отложений природных водоемов. Суть нашей методики по проведению гранулометрического анализа заключается в разделении частиц осадков обработанной пробы на фракции посредством рассеивания на сите для фракций > 0,1мм и в определении содержания фракций < 0,1 мм в водной суспензии пипеточным методом. Так как для анализа донных отложений озер, содержание алевритовых и пелитовых фракций в которых достаточно велико, целесообразно использовать пипеточный метод.

Пипеточный метод в таком варианте более прост в исполнении и довольно экономичен по времени по сравнению с методом Петелина, т.к. не требует продолжительного отмывания тонкодисперсных фракций. В основу метода положена зависимость, существующей между скоростями падения частиц и их диаметром. Если взмутить суспензию и оставить ее в спокойном состоянии, то постепенно взмученные частицы осядут, при этом быстрее будут осаждаться более крупные по размерам механические элементы, как более тяжелые.

Для более полного диспергирования осадка использована дополнительная обработка ультразвуком. Применение ультразвуковой обработки, которая при правильно проведенной процедуре оказывает механическое воздействие на минеральные частицы осадков, не вызывая изменений в кристаллической структуре и химическом составе зерен, улучшило разделение частиц на фракции.

Разработанная нами методика «Донные отложения водоемов. Определение гранулометрического состава ситовым и пипеточным методами» аттестована и внесена в Федеральный реестр под номером ФР. 1.31.2018.29623, свидетельство №88-16365-010-2017. Данные о содержании той или иной гранулометрической фракции, выделенной по вышеприведенной методике, дают представление о генезисе, геохимических особенностях и минеральном составе отложений. Содержание органической составляющей в гранулометрических фракциях характеризует величина потерь при прокаливании (ППП, t=550°C), так как это более доступный способ оценки органического вещества (ОВ) по сравнению с использованием для этой цели C,H,N –анализаторов.

Органическое вещество является важнейшим компонентом озерной седиментации. Например, содержание ППП в илистых осадках исследованного озера Нижнее (Архангельская область), изменяется в узком диапазоне – от 33,8 до 62,6%. Однако, дальнейшее изучение пелитовых илов показали, высокое содержание ППП (от 29,9 до 72,5%) в составе их крупнодисперсной фракции, что подтверждает наличие в ней разложившейся водной и прибрежной растительности. Распределение ППП по фракциям в пелито-алевритовых илах этого озера показало высокое содержание (85,3%) в тонкодисперсной фракции, а в грубодисперсной фракции в среднем 41,5%. Кроме того, пробы верхних горизонтов донных отложений этого озера, отобранные в летнюю межень, имеют высокие значения ППП как в наиболее крупной, так и в тонкодисперсной пелитовой фракции, в состав которой входят как частицы отмершего планктона, так и частицы минерализованного органического вещества аллохтонного генезиса. Высокие значения ППП для всех гранулометрических фракций свидетельствуют о значительном вкладе органического материала в формирование донных отложений озер.

Vereshchagina K.P., Kondrateva E.S., Axenov-Gribanov D.V., Timofeyev M.A.

ADAPTATION TO LOW TEMPERATURE AS A POSSIBLE KEY TO THE UNIQUENESS OF LAKE BAIKAL ENDEMIC AMPHIPODS

Institute of Biology at Irkutsk State University, 664025 Lenin str., Irkutsk
k.p.vereshagina@gmail.com

In the present study we aimed to evaluate the mechanism of non-specific stress response in Baikal endemic and Holarctic amphipod species during long term temperature acclimation. The hypothesis of the inves-

tigation is whether Baikal endemic amphipods have a unique advantage for maintaining high physiological activity at low temperatures compared to Holarctic species.

As object of the study were chosen two of the most abundant endemic Baikal amphipods, *Eulimnogammarus verrucosus* (Gerstf. 1858), and *E. cyaneus* (Dyb. 1873), and *Gammarus lacustris* Sars, 1863, a ubiquitous gammarid of the Holarctic. Animals were exposed under long term (1 month) acclimation at temperature near to freezing point – 1.5°C and to optimum temperatures of each species – 6°C (*E. verrucosus*), 12°C (*E. cyaneus*) and 15°C (*G. lacustris*). Antioxidant enzymes peroxidase, catalase and glutathione S-transferase were chosen as the markers of non-specific stress-response.

Long term acclimation of Baikal endemic and Holarctic amphipods to temperatures different from the optimum led the changes in activity of all investigated antioxidant enzymes. It was shown that the mechanisms of antioxidant defense are species-specific.

Верещагина К.П., Кондратьева Е.С., Аксенов-Грибанов Д.В., Тимофеев М.А.

УСТОЙЧИВОСТЬ К ХОЛОДУ КАК КЛЮЧЕВОЙ МЕХАНИЗМ УНИКАЛЬНОСТИ БАЙКАЛЬСКИХ ЭНДЕМИЧНЫХ АМФИПОД

НИИ биологии ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», ул. Ленина 3, г. Иркутск
k.p.vereshagina@gmail.com

Целью исследования являлась оценка неспецифического стресс-ответа у байкальских эндемичных и голарктических амфипод в условия длительной холодовой и тепловой акклимации. Основной гипотезой исследования является наличие уникального адаптивного преимущества у байкальских эндемичных амфипод, заключающегося в поддержании высокой физиологической активности при низких температурах.

Объектами исследования были выбраны байкальские эндемичные виды *Eulimnogammarus verrucosus* (Gerstf. 1858) и *E. cyaneus* (Dyb. 1873), а также голарктический *Gammarus lacustris* Sars 1863. Были проведены эксперименты по холодовой акклимации амфипод при температуре, близкой к точке замерзания – 1,5°C в течение месяца. Также проведены эксперименты по акклимации каждого из исследуемых видов при температурах их оптимумов: 6°C для *E. verrucosus*, 12°C для *G. lacustris* и 15°C для *E. cyaneus* (Тимофеев, 2010). Температуры оптимумов видов были приняты за контроль. Для оценки механизмов неспецифического стресс-ответа у байкальских эндемичных и голарктических амфипод в условия длительной холодовой и тепловой акклимации, определяли активность ферментов антиоксидантной системы – пероксидазы, каталазы и глутатион S-трансферазы.

По результатам исследования показано, что длительная холодовая и тепловая акклимация приводит к изменению активности ферментов антиоксидантной системы у всех исследованных видов амфипод. Так, у *E. cyaneus* происходило значимое снижение активности пероксидазы в условиях длительной акклимации при температурах 6 и 1,5°C, и каталазы при акклимации к температуре 1,5°C. У *G. lacustris* также наблюдали снижение активности пероксидазы при акклимации к 6°C. Это может указывать на снижение скорости протекания реакций на фоне общего угнетения метаболизма в условиях низких температур, так как оптимальной для данных видов является температура 12 и 15°C, соответственно. Напротив, у *E. verrucosus* изменений активности пероксидазы и каталазы не наблюдали. *E. verrucosus* является холодолюбивым видом, который мигрирует на глубину при повышении температуры среды. Таким образом, отсутствие изменений в антиоксидантной системе в условиях акклимации к низкой температуре показывает, что данная температура не является стрессовой для этого вида. Результаты проведенного исследования указывают на то, что длительная холодовая и тепловая акклимация не приводила к изменению активности глутатион S-трансферазы у *E. cyaneus*. Напротив, у *E. verrucosus* при акклимации к температуре 12°C происходило понижение активности данного фермента, тогда как у *G. lacustris* наблюдали повышение его активности. Глутатион S-трансфераза играет главную роль в обезвреживании вторичных продуктов пероксидации; предположительно, изменение ее активности может указывать на серьезные поражения организма в условиях стресса.

Исследование проведено при частичной финансовой поддержке проектов Госзадание 6.9654.2017/8.9, совместной программы Минобрнауки РФ и ДААД «Михаил Ломоносов» 6.12735.2018/12.2, РФФИ 16-34-60060, 18-34-00294-мол_а и РНФ 17-14-01063.

Vesnina L.V.

SUSTAINABILITY OF HYPERHYLENE LAKE HYDROSYSTEMS OF RUSSIAN FEDERATION

Altai branch of FSBI “Gosrybtsentr”, 656043 Barnaul, Proletarskaya Str., 113, Russia
artemia@alt.ru, artemiaprgn@mail.ru

Lake Kuchukskoe of the Blagoveshchensk district is a large shallow water body with marshy banks and significant water level changes. At the reservoir, an irregular production of artemia cysts takes place, depending on the hydrological conditions. Due to the high water level in Lake Kuchukskoe in 2017 year, the mineralization of water decreased, breaking the critical value of 300 mg/l for the development of the artemia population. Lake Maloe Yarovoye (city Slavgorod). The reservoir regularly produces cysts of artemia. Characteristic are water level changes due to hydrological conditions. The population of artemia in the lake in 2017 developed in favorable hydrological conditions. The mineralization of water in the summer-autumn period was below the average long-term value by an average of 12%. The temperature conditions did not exceed the limits typical for the given territory, although they were lower than in the previous year. Lake Bolshoye Yarovoye (city Slavgorod) is a deep-water reservoir with steep banks. Regular production of artemia cysts takes place on the lake. In 2017 year the population developed under

conditions of high water content and abundant precipitation in July-August. The abundant runoff from the catchment area led to a decrease in the mineralization of water in the spring period, abundant precipitation during the summer period contributed to a greater decrease in mineralization. The average annual value of mineralization of water in the lake in 2017 year was below the average annual value by 7%.

Веснина Л.В.

УСТОЙЧИВОСТЬ ГИДРОСИСТЕМЫ ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Алтайский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр», г. Барнаул, ул. Пролетарская, 113.
artemia@alt.ru, artemiaprgn@mail.ru

Озеро Кучукское Благовещенского района – крупный мелководный водоем с болотистыми берегами и значительными перепадами уровня воды. На водоеме осуществляется нерегулярная добыча цист артемии в зависимости от гидрологических условий. Благодаря высокому уровню воды в озере Кучукское в 2017 году минерализация воды снизилась, преодолев критическое значение 300 мг/л для развития популяции артемии. Прогревание воды было на уровне многолетних показателей. Количество градусодней с суммой активных температур воздуха выше 10°С не выходило за пределы, характерные для данной территории. Популяция артемии в озере в 2017 году являлась партеногенетической, как и в предыдущие годы наблюдений. Доля самок с цистоношением на протяжении всего вегетационного периода была довольно высокой (превышала 50% от общей численности половозрелых самок). Плодовитость также находилась на значительном уровне. Перечисленные факторы обусловили образование скоплений цист вдоль уреза воды и выбросов на прилегающей прибрежной полосе.

Озеро Малое Яровое г. Славгород. На водоеме осуществляется регулярная добыча цист артемии. Характерны перепады уровня воды, обусловленные гидрологическими условиями. Популяция артемии в озере в 2017 г. развивалась в благоприятных гидрологических условиях. Минерализация воды в летне-осенний период была ниже среднемноголетнего значения в среднем на 12%. Температурные условия не выходили за пределы, характерные для данной территории, хотя были ниже показателей предыдущего года. Прогревание воды находилось на уровне среднемноголетних показателей. По многолетним данным рассчитана корреляционная матрица численности рачков артемии и ее цист и факторов среды. Наибольшее число коррелирующих пар найдено с численными показателями фитопланктона (численность предвзрослых особей, численность половозрелых самок, численность планктонных цист). С температурой воды коррелируют численность ювенильных особей и численность планктонных цист. Корреляции также найдены между численными показателями разных стадий развития артемии. Популяция артемии в озере Малое Яровое в 2017 г. относилась к партеногенетической расе, как и в предыдущие годы наблюдений. Самки первой генерации размножались в основном летними яйцами, в летне-осенний период возросла доля самок с цистоношнением. Плодовитость находилась на уровне среднемноголетних наблюдений.

Озеро Большое Яровое г. Славгород – глубоководный водоем с обрывистыми берегами. На озере осуществляется регулярная добыча цист артемии. В 2017 г. популяция развивалась в условиях высокой водности и обильных осадков в июле-августе. Обильный сток с водосборной площади обусловил снижение минерализации воды в весенний период, обильные осадки в летний период способствовали большему снижению минерализации. Среднегодовое значение минерализации воды в озере в 2017 г. было ниже среднемноголетнего значения на 7%. Прогревание поверхностного слоя находилось на уровне среднемноголетних данных. Количество тепла в 2017 г. было ниже по сравнению с предыдущим годом, но не выходило за пределы, характерные для данной территории по многолетним наблюдениям. Озеро Большое Яровое – глубоководный водоем с неравномерным прогреванием водной толщи в течение вегетационного периода. По многолетним наблюдениям в водоеме наблюдается стратификация с термоклином, возможно сохранение отрицательных температур в летний период на глубине 8-9 м. При этом, благодаря высокой прозрачности водоема, температура водного столба 0-2 м не имеет значимых отличий. В 2017 г. прозрачность озера по диску Секки была выше среднемноголетних показателей, за исключением мая. Температурная стратификация наблюдалась в июне, с сохранением отрицательной температуры в придонных слоях. В июле наблюдалась температурная стагнация с показателями около 20°С. Стагнация сохранялась до осеннего периода. Одним из факторов, обуславливающих прозрачность воды, является фитопланктон. При анализе корреляционных связей найдена отрицательная зависимость между температурой воды и численностью фитопланктона, описываемая линейным уравнением: $y=-1,6166x+145,45$ ($r = -0,221$; $p =0,05$).

Vesnina L.V., Ronzhina T.O.

BIODIVERSITY OF HYPERGAL LAKES IN THE TRANSGREATIVE PHASE OF WATER CONTENT

Altai branch of FSBI “Gosrybtsentr”, 656043Barnaul, Proletarskaya Str., 113, Russia
artemia@alt.ru, artemiaprgn@mail.ru

In most hypergalin lakes of the Altai region zooplankton is mono-prominent and is represented exclusively by the species of the genus *Artemia* Leach, 1819. At the same time, in the transgressive phase of water content (2017) in some lakes (Tanatar, Dushnoye, Kulunda and Bolshoye Shklou) due to desalination of brine other species of plankton communities are also noted: rotifers and copepods. In the brackish water complex of rotifers, *Euchlanis myersi* (Myers), *Brachionus urusus* (Linnaeus), *B. caliciflorus* Pallas, *Hexarthra oxyuris* (Zernov) are recorded. Of the representatives of copepods, *Cletocamptus retrogressus* (Schmank.). As well as

the copepods of the genera *Cyclops* and *Diaptomus*, were found dominant among the branching crustaceans, *Moina macrocopa* (Straus). There is a negative correlation between the mineralization of water and the number of brackish-water planktonic invertebrates, the lower the mineralization of water, the higher the speciation. The number of species in the dynamics of mineralization of water in hypergalin lakes from 236.0 (Kuchuk) to 57.0 g/l (Tanatar), the range of species is from 1 to 6 species.

In the hypergalinous lake Kuchukskoe, Maloy Yarovoye, Bolshoy Yarovoye and Maloe Shklo at the salinity of water 236.0; 198.0; 151,0 and 114,0 g/l, respectively, zooplankton is represented by a mono-species – gabardinoh halophilic crustacean of the genus *Artemia* Leach, 1819, whose number is in Lake Kuchukskoye – 174.0, Maloe Yarovoe – 16.0, Bolshoy Jarovoye – 5.0, Small Shklo – 74.0 thousand ex./m^3. With a water salinity of 97.0 g/l (Greater Sloka), zooplankton is represented by brackish water group, whose abundance is 24.0 thousand ex./m^3 and the equivalent size (24.0 thousand ex./m^3) for the Artemia crustacean. In Lake Kulundinskoe, with a water salinity of 92.0 g/l, the number of Artemia shrimps is 92.0; other types of brackish water group – 5.0 thousand ex./m^3. In the lakes Dushnoye and Tanatar with mineralization of water 60.0 and 57.0 g/l, respectively, the number of representatives of the brackish-water group increases to 366.0 and 900.0 thousand ex./m^3. The number of Artemia crustaceans in the Dusyanoye and Tanatar lakes is 7.0 and 41.0 thousand ex./m^3, respectively.

Веснина Л.В., Ронжина Т.О.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕР В ТРАНСГРЕССИВНУЮ ФАЗУ ВОДНОСТИ

Алтайский ФГБНУ «Госрыбцентр», г. Барнаул, ул. Пролетарская, 113
artemia@alt.ru

В большинстве гипергалинных озер Алтайского края зоопланктон моно-видного типа и представлен исключительно видом рода *Artemia* Leach, 1819. При этом в трансгрессивную фазу водности (2017 г.) в некоторых озерах (Танатар, Душное, Кулундинское и Большое Шкло) из-за опреснения рапы отмечены и другие виды планктонных сообществ: коловратки и веслоногие ракообразные. В составе солоноватоводного комплекса коловраток зарегистрированы *Euchlanis myersi* (Myers), *Brachionus urceus* (Linnaeus), *B. caliciflorus* Pallas, *Hexarthra oxyuris* (Zernov). Из представителей веслоногих ракообразных, доминантом отмечен *Cletocamptus retrogressus* (Schmank.), а также рачки родов *Cyclops* и *Diaptomus*, из ветвистоусых ракообразных встречалась *Moina macrocopa* (Straus). Наблюдается отрицательная зависимость между величиной минерализации воды и численностью солоноватоводных планктонных беспозвоночных, чем ниже минерализация воды, тем выше видообразование. Количество видов при динамике минерализации воды в гипергалинных озерах от 236,0 (Кучукское) до 57,0 г/л (Танатар) диапазон количества видов составляет от 1 до 6 видов.

В гипергалинном озере Кучукское, Малое Яровое, Большое Яровое и Малое Шкло при минерализации воды 236,0; 198,0; 151,0 и 114,0 г/л соответственно, зоопланктон представлен моновидом – жаброногим галофильным рачком рода *Artemia* Leach, 1819, численность которого составляет, в озере Кучукское – 174,0, Малое Яровое – 16,0, Большое Яровое – 5,0, Малое Шкло – 74,0 тыс. экз./$м^3$. При минерализации воды 97,0 г/л (Большое Шкло) зоопланктон представлен солоноватоводной группой, численность которой составляет 24,0 тыс. экз./$м^3$ и равнозначной численностью (24,0 тыс. экз./$м^3$) по рачку артемия. В озере Кулундинское, при минерализации воды 92,0 г/л численность рачков артемии составляет 92,0; прочих видов солоноватоводной группы – 5,0 тыс. экз./$м^3$. В озерах Душное и Танатар с минерализацией воды 60,0 и 57,0 г/л соответственно, численность представителей солоноватоводной группы возрастает до 366,0 и 900,0 тыс. экз./$м^3$. Численность рачков артемия в озерах Душное и Танатар составляет 7,0 и 41,0 тыс. экз./$м^3$ соответственно.

Vesnina L.V., Savos'kin A.V.

MAIN APPROACHES AND METHODS OF IDENTIFICATION OF CYST *ARTEMIA* IN HYPERGALINE LAKES OF RUSSIAN FEDERATION

Altai branch of FSBI “Gosrybtsentr”, 656043 Barnaul, Proletarskaya Str., 113, Russia
artemia@alt.ru, artemiaprgn@mail.ru

Recently, against the background of intense anthropogenic impact on natural ecosystems, the public interest in their condition, protection and rational use is growing. This can be fully, attributed to hypergaline ponds. The most valuable aquatic biological resource in hypergalin lakes is the cysts of the halophilic gabardine crustacean Artemia Leach, 1819. The special importance of this bioresource is due to its priority as a feed for aquaculture. The need for cysts of Artemia crayfish, as in an indispensable feed for most fish and crustacean larvae, necessitates new approaches to their catching, activation, processing and storage of valuable bioresources.

The parameters most often taken in the evaluation of Artemia Leach cyst samples are: purity (cyst fractions with broken shells, percentage of impurities such as empty shells, shell fragments, sand and / or other residues); biometrics of cysts and nauplii (diameter of cysts, length and width of nauplius); nutritional value for fish larvae and crustaceans based on biochemical composition; contamination of cysts and possibly nauplius with toxic substances, such as, for example, heavy metals and pesticides; incubation (hatchability) of cysts. To assess the cysts used such an indicator as the number of them in 1.0 g. This depends on the size of the cysts and their humidity. In addition to morphometric characteristics, cysts differ significantly in the color of the shell and the structure of their surface. The intensity of chorion color plays an important role in the passage of diapause, determining the different ability of cysts to absorb ultraviolet radiation, which activates the metabolic processes of the embryo.during the summer period contributed to a greater decrease in mineralization. The

average annual value of mineralization of water in the lake in 2017 year was below the average annual value by 7%.

Веснина Л.В., Савоськин А.В.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЦИСТ АРТЕМИИ В ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕРАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Алтайский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр», г. Барнаул, ул. Пролетарская, 113.
artemia@alt.ru, artemiaprgn@mail.ru

В последнее время на фоне интенсивного антропогенного воздействия на природные экосистемы возрастает общественный интерес к их состоянию, охране и рациональному использованию. Это в полной мере можно отнести к гипергалинным водоемам. Наиболее ценным водным биологическим ресурсом в гипергалинных озерах являются цисты галофильного жаброногого рачка рода *Artemia* Leach, 1819. Особое значение данного биоресурса обусловлено его приоритетностью в качестве стартового корма для объектов аквакультуры. Потребность в цистах рачка артемии, как в незаменимом стартовом корме для большинства личинок рыб и ракообразных, обуславливает необходимость в новых подходах к проведению их добычи (вылова), активации, переработки и хранению ценного биоресурса.

Параметры, которые наиболее часто принимают при оценке образцов цист рачка относятся: чистота (фракция цист с нарушенными оболочками, процент загрязнений, таких как пустые оболочки, фрагменты оболочек, песок и/или другие остатки); биометрия цист и науплиусов (диаметр цист, длина и ширина науплиусов); питательная ценность для личинок рыб и ракообразных на основе биохимического состава; загрязнение цист и, возможно, науплиусов токсичными веществами, такими как, например, тяжелые металлы и пестициды; инкубируемость (выводимость) цист. Для оценки цист применяют такой показатель, как количество их в 1,0 г. Это зависит от размера самих цист и их влажности. Кроме морфометрических характеристик, цисты значительно отличаются по цвету оболочки и структуре их поверхности. Интенсивность окраски хориона играет не последнюю роль в прохождении диапаузы, определяя разную способность цист поглощать ультрафиолетовое излучение, активизирующее метаболические процессы эмбриона.

Vitkovskaya I.A.[1], Borisova E.V.[1], Sushchik N.N.[1, 2]

DISTRIBUTION OF MIDGES (CHIRONOMIDAE, DIPTERA) ON TERRESTRIAL AREA AFTER THEIR EMERGENCE FROM SALINE LAKE SHIRA

[1]Siberian Federal University, 79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041, Russia
[2]Institute of Biophysics SB RAS, Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center SB RAS”, 50/50 Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036, Russia
demina.irina@bk.ru

Now emergence of amphibiotic insects from water bodies is an important vector of aquatic-to-terrestrial subsidies. Midges (Chironomidae, Diptera) are the most abundant taxon of amphibiotic insects, which are lived in wide range of climatic and ecological conditions. Emerging adult midges are included as a compound of terrestrial food webs and determined migrations, reproduction, and spatial structure of populations of terrestrial consumers. Emergence of insects is an important vector of subsidies of not only organic carbon, but also polyunsaturated fatty acids (PUFA) omega-3, which are synthesized mostly in aquatic ecosystems. Like this, the study of the dispersal of water-derived insects on terrestrial area is important for assessing their importance in terrestrial food webs. We studied the distribution of midges on terrestrial area after their emergence from saline Lake Shira. Surfaces of terrestrial areas were quantified. Using additional data fluxes of biomass of midges and essential polyunsaturated fatty acids (PUFA) per unit area were quantified. Comparison between previous global estimation shows that the magnitude of fluxes of PUFA per unit area terrestrial ecosystem surrounding Lake Shira attained the value consistent with productive landscapes.

Витковская И.А.[1], Борисова Е.В.[1], Сущик Н.Н.[1, 2]

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БИОМАССЫ КОМАРОВ-ЗВОНЦОВ (CHIRONOMIDAE, DIPTERA) НА СУШЕ ПРИ ВЫЛЕТЕ ИМАГО ИЗ СОЛЕНОГО ОЗЕРА ШИРА

[1]Сибирский федеральный университет, 660041, Красноярск, просп. Свободный, 79
[2]Институт биофизики СО РАН, Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», 660036, Красноярск, Академгородок, 50, стр. 50
demina.irina@bk.ru

В настоящее время, вылет имаго амфибионтных насекомых из водоёмов является одним из ключевых векторов переноса «субсидий» водной продукции в наземные экосистемы. Комары-звонцы (Chironomidae, Diptera) представляют собой один из наиболее распространенных таксонов амфибионтных насекомых, обитающих в широком спектре климатических и экологических условий. Вылетающие имаго хирономид повсеместно включаются в состав трофических цепей прилегающих наземных экосистем, нередко определяя миграции, размножение, а также пространственную структуру популяций наземных животных. Наряду с общим потоком органического углерода, имаго вылетающих насекомых выносят на сушу длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) омега-3, которые синтезируются преимущественно в водных экосистемах. Таким образом, распространение амфибионтных насекомых по территории суши представляется важным для оценки их роли в наземных трофических цепях. Нами было исследовано распределение биомассы имаго комаров-звонцов (Chironomidae, Diptera) на суше при вылете из соленого степного оз. Шира. Были рассчитаны площади соответствующих наземных территорий, и, с уче-

том дополнительных данных, выполнены количественные расчеты потоков биомассы хирономид и незаменимых ПНЖК на единицу площади. Сравнение с выполненной ранее глобальной оценкой показало, что расчетная величина экспорта ПНЖК на единицу площади наземной территории, окружающей оз. Шира, достигала значений, сопоставимых с весьма продуктивными ландшафтами.

Vologina E.G.[1], Sturm M.[2], Astakhov A.S.[3], Shi Xuefa[4]

IMPACT OF ANTHROPOGENIC INFLUENCE AND CLIMATE CHANGES ON RECENT BOTTOM SEDIMENTS

[1]Institute of the Earth's Crust SB RAS, 664033, Irkutsk, Lermontova St., 128, Russia
[2]Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, CH-8600, Dubendorf, mail box 611, Switzerland
[3]V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, 43 Baltiiskaya St., Vladivostok, 690041, Russia
[4]First Institute of Oceanography State Oceanic Administration, 6 Xianxialing Road, Qingdao 266061, P.R. China
vologina@crust.irk.ru

Recent, undisturbed bottom sediments are used to study the effects of anthropogenic impacts on the environment. A sediment core with a length of 22 cm has been recovered by a box corer in 2016 at 69°42.6610 N, 173°11.9919 W in 50 m water depth within the central part of Chukchi Sea. The sediments are composed of greenish-gray and black mud. The grain size is mainly homogeneous throughout the core. The silt fraction (2.00–63.0 μm) dominates by 88–91%. The content of the clay fraction (0.01–2.00 μm) varies from 6 to 8%, and the sand fraction (63.0–2000 μm) is 2–5%. Magnetic susceptibility varies from $7\cdot10^{-6}$ to $41\cdot10^{-6}$ SI units and decreases from bottom to top of the core. Minimum values are observed within the uppermost 2 cm of the core.

To allow the calculation of sedimentation rates, gamma-ray measurements of ^{137}Cs (halflife 30.2 y) and ^{210}Pb (halflife 22.3 y) have been used for dating the core. Results of ^{137}Cs show two distinct peaks, one at 7.5 cm the other at 1.5 cm of the core. Associating the lowermost peak to the radioactive fallout of Chernobyl in 1986 and the upper peak to the fallout of Fukushima in 2011 would result in sedimentation rates of 0.25 cm y^{-1} and 0.30 cm y^{-1}, respectively. Results of unsupported ^{210}Pb measurements of the core reveal a sedimentation rate of 0.20 cm y^{-1}. Thus dating on ^{210}Pb and ^{137}Cs showed good convergence of the results.

The biogenic components of the sediment core were analyzed at 1 cm intervals. Biogenic silica (SiO_{2bios}) (mainly diatoms) varies from 1.71 to 6.36%. Increased contents are observed in the intervals 0–1 cm (5.01%) and 8–10 cm (6.36 and 5.92%). The content of organic carbon (C_{org}) varies from 1.50 to 2.22%. Total nitrogen (N_{tot}) changes from 0.17 to 0.33%. C_{org} and N_{tot} are well correlated and have maximum values at 0–2 cm of the core (approximately the last 10 years). The C/N ratio varies from 5.8 to 7.7 which indicate the predominance of autochthonous organic matter.

The increased concentrations of biogenic components and lower values of magnetic susceptibility in the uppermost interval of the core is probably due to the increased biological productivity of the Chukchi Sea, caused by general warmer climate during recent times (Brohan et al., 2006; Wilson et al., 2007).

This study was supported by the Russian Sciences Foundation (project No 16-17-10109). The sediment sampling was carried out within the Russian-Chinese expedition ASW–2016.

Вологина Е.Г.[1], Штурм М.[2], Астахов А.С.[3], Ши Сюефа[4]

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА СОВРЕМЕННЫЕ ДОННЫЕ ОСАДКИ

[1]Институт земной коры СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, Россия
[2]Швейцарский федеральный институт науки и технологии окружающей среды, CH-8600, г. Дюбендорф, п/я 611, Швейцария
[3]Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской Академии наук, 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, 43, Россия
[4]Первый институт океанографии Государственной океанологической администрации КНР, 26606, Циндао, Китай
vologina@crust.irk.ru

Современные ненарушенные донные отложения используются для изучения влияния антропогенного воздействия на окружающую среду. Керн донных осадков длиной 22 см был отобран бокс-корером в 2016 году в центральной части Чукотского моря в точке с координатами 69°42.6610 с.ш. и 173°11.9919 з.д. Отложения представлены зеленовато-серыми и черными илами. Гранулометрический анализ показал достаточно однородный состав по всему разрезу. Доминирует алеврит (фракция 2.00–63.0 μm) – 88–91%. Содержание пелита (фракция 0.01–2.00 μm) изменяется от 6 до 8 %, на долю песка (фракция 63.0–2000 μm) приходится 2–5%. Магнитная восприимчивость осадков изменяется от $7\cdot10^{-6}$ до $41\cdot10^{-6}$ единиц СИ и понижается снизу вверх по разрезу. Минимальные величины ($7\cdot10^{-6}$ единиц СИ) наблюдаются в верхних 2 см колонки.

Для датирования отложений и оценки скоростей современного осадконакопления использовались гамма-измерения ^{137}Cs (период полураспада 30.2 года) и ^{210}Pb (период полураспада 22.3 года). Результаты, полученные по ^{137}Cs, показывают два чётких пика на глубинах 7.5 и 1.5 см по разрезу. Если связать нижний пик с аварией на Чернобыльской атомной электростанции (АЭС) в 1986 г., а верхний – с аварией на АЭС Фукусима в 2011 г., скорости современного осадконакопления будут равны 0.25 и 0.30 см/год соответственно. Скорость современного осадконакопления по результатам измерений ^{210}Pb составляет 0.20 см/год. Таким образом, датирование по ^{210}Pb и ^{137}Cs показало хорошую сходимость результатов.

Биогенные компоненты были изучены в каждом сантиметре колонки. Биогенный кремнезём ($SiO_{2биог}$), источником которого служат главным образом диатомовые водоросли, варьирует по разрезу от 1.71 до 6.36%. Повышенные значения отмечаются в интервалах 0–1 см (5.01%) и 8–10 см (6.36 и 5.92%). Содержание органического углерода ($C_{орг}$) изменяется от 1.50 до 2.22%, общего азота ($N_{общ}$) – от 0.17 до 0.33%. $C_{орг}$ и $N_{общ}$ хорошо коррелируют между собой и имеют максимальные значения в интервале 0–2 см колонки (приблизительно последние 10 лет). Отношение C/N изменяется от 5.8 до 7.7, что свидетельствует о преобладании автохтонного органического вещества.

Повышенные концентрации биогенных компонентов и пониженные значения магнитной восприимчивости в самом верхнем интервале разреза, вероятно, связаны с возросшей биологической продуктивностью Чукотского моря в условиях глобального потепления климата, которое является неоспоримым фактом (Brohan et al., 2006; Wilson et al., 2007).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №16-17-10109). Отбор донных осадков проведён в рамках российско-китайской экспедиции ASW–2016.

Vorobyov D., Noskov Yu., Frank Yu., Trifonov A., Kulizhsky S., Merzlyakov O., Sokolenko V.

NEW TECHNOLOGY OF FLOTATION OF OIL FROM THE BOTTOM OF WATER BODIES

Tomsk State University, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 36
danilvorobiev@yandex.ru

Technologies for complex treatment from oil and petroleum products of water bodies do not always include in the list of activities cleaning process of bottom sediments, despite the fact that is a significant part of the hydrocarbons settles on the bottom of the reservoirs, and the water body loses its fishery value for a long period.

Since 2003, Tomsk State University has been actively involved in scientific and practical projects aimed at the development and experimental testing of complex technologies for the purification and restoration of water bodies. One of the first technology, that was tested on the water objects of the Komi Republic in conjunction with NTO “Priborservice” showed its effectiveness: 157 tons of oil were lifted from the bottom of the lake with an area of more than 6.4 hectares. A year after the cleaning works, benthic organisms appeared in the bottom sediments, which indicated a high efficiency of technological solutions.

At the moment, the University conducts pilot-industrial tests of a new flotation technology for cleaning bottom sediments and water from oil (Vorobiev et al., 2016). The initial survey of a 1.2 hectare water body located in the Nizhnevartovsk region of KhMAO-Ugra showed the presence of high oil concentrations at the bottom (on average 102 g/kg).

Воробьев Д.С., Носков Ю.А., Франк Ю.А., Трифонов А.А., Кулижский С.П., Мерзляков О.Э., Соколенко В.В.

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ФЛОТАЦИОННОГО СБОРА НЕФТИ СО ДНА ВОДОЕМОВ

Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
danilvorobiev@yandex.ru

Технологии комплексной очистки водных объектов от нефти и нефтепродуктов не всегда включают в перечень мероприятий очистку донных отложений, несмотря на то, что значительная часть углеводородов оседает на дно водоема, и водный объект теряет свое рыбохозяйственное значение на длительный период.

Томский государственный университет с 2003 года принимает активное участие в научно-практических проектах, направленных на разработку и экспериментальное испытание комплексных технологий очистки и восстановления водоемов. Одна из первых технологий, которая была испытана на водных объекта республики Коми совместно с «НТО «Приборсервис», показала свою эффективность: со дна водоема площадью более 6,4 га было поднято 157 тонн нефти. Через год после проведения очистных работ, в донных отложениях появились организмы бентоса, что свидетельствовало о высокой эффективности технологических решений.

В настоящий момент университет проводит опытно-промышленные испытания новой флотационной технологии очистки донных отложений и воды от нефти (Vorobiev et al., 2016). Исходное обследование водоема, площадью 1,2 га, расположенного в Нижневартовском районе ХМАО-Югры, показало наличие высоких концентраций нефти на дне (в среднем 102 г/кг).

Vorobyova I.B., Belozertseva I.A., Vlasova N.Oh., Gagarinova O.V., Yanchuk M.S.

MODERN STATE OF SMALL TRIBUTARIES OF LAKE BAIKAL

V.B.Sochava Institute of Geography SB RAS, Ulan-Batorskaya st. 1, Irkutsk, Russia
irene@irig.irk.ru, vlasova@irigs.irk.ru, whydro@irigs.irk.ru

Small tributaries of Lake Baikal play a significant role in the formation of hydrochemical characteristics and sanitary condition of the ecosystem of the lake and the coast. Water of the rivers crossing residential, industrial and recreational zones transfer a considerable quantity of the dissolved and suspended polluting substances to the lake. Under the influence of these factors, the process of water formation with new physicochemical and biological indicators is noted.

Воробьева И.Б., Белозерцева И.А., Власова Н.В., Гагаринова О.В., Янчук М.С.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ ПРИТОКОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Россия, Иркутск, ул. Улан-Баторская 1
irene@irig.irk.ru, vlasova@irigs.irk.ru, whydro@irigs.irk.ru

Притоки озера Байкал являются основным фактором формирования качественных и количественных характеристик водных ресурсов озера. Важную роль играют не только крупные реки, оказывая существенное влияние на физико-химические параметры водной массы, но и малые притоки, отражающие состояние прибрежных экосистем озера. Гидрологический и гидрохимический режимы водотоков формируются в сочетании естественных условий и особенностей хозяйственного освоения бассейнов, что определяет санитарное состояние малых водных объектов и влияет на общую экологическую обстановку побережья.

Объектами детального исследования являются малые притоки побережья Байкала.

Среди малых рек испытывают наибольший антропогенный пресс и являются наиболее загрязненными реки, пересекающие селитебные, промышленные и рекреационные зоны. Это р. Крестовка в п. Листвянка Иркутского района; рр. Бугульдейка, Анга, Кучулга, Хорга, Курма в Ольхонском; рр. Похабиха, Солзан и Ангасолка в Слюдянском; рр. Мысовка, Снежная и Бол. Речка в Кабанском; р. Кика и малые ручьи в п. Горячинск в Прибайкальском; р. Максимиха в Баргузинском; р. Тыя в Северобайкальске и другие. Кроме прямого поступления поллютантов в малые водные объекты, существенное негативное воздействие оказывает диффузный сток, поступающий в водотоки с грунтовыми водами и в результате смыва с поверхности водосбора. Так, в зоне Южно-Байкальского промышленного узла значительное количество загрязняющих веществ из шламонакопителей, отстойников и с промышленной площадки БЦБК поступают в процессе фильтрации в грунтовые воды и малые реки Солзан, Бол. Осиновка, Бабха и далее в Байкал.

Антропогенный фактор играет существенную роль в формировании компонентного состава водной среды, приоритетными являются такие показатели как количество сульфатов, хлоридов, фосфатов, аммония (рр. Курма, Кучулга, Анга, Бугульдейка). Максимальные концентрации биогенных элементов фиксируются в воде рек Хорга, Курма, Култучная, Ангасолка и ручья Болотный (Воробьева и др., 2017). В бассейне этих рек расположены населенные пункты (поселки, города), садово-огородные участки, объекты рекреации и промышленности.

Исследования малых рек восточного побережья Байкала показали, что речной сток является одним из основных источников поступления загрязняющих веществ в водоем. Отмечено, что процессы самоочищения, интенсивность модификации вещества по скорости уступают физическому переносу многих ингредиентов, что определяет поступление большого количества вещества в устьевые части водотоков. Так азотсодержащие соединения – аммиак, нитриты и нитраты, являющиеся результатом химических процессов, а также разложения белковых соединений, в наибольшей степени попадают со сточными бытовыми водами. Происходит накопление соединений биогенных элементов и приоритетных загрязняющих химических веществ, формирование нового антропогенно измененного природного фона по этим показателям. Под влиянием происходящих процессов отмечается изменение в качественных и количественных характеристиках растворенного вещества речного стока, что приводит к формированию вод с новыми физико-химическими и биологическим показателями.

Vorobyova S.S., Fedotov A.P.

DIATOM RECORDS OF THE HOLOCENE SEDIMENTS FROM THE LAKES OF EAST SIBERIA AS INDICATORS OF ENVIRONMENTAL CHANGES

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
lana@lin.irk.ru

The study of natural climatic changes in the past (Holocene) is important for obtaining knowledge about the time of these changes and the reasons that caused them. Diatoms are well preserved in the bottom sediments and widely used as indicators of ecological conditions and reconstructions of the natural environment in the past. The structure of paleocommunity, the abundance of valves in the sediments, morphological characteristics of phenotypes, which can be regarded as the response of a taxon on changes in environmental conditions, are taken into consideration. Many factors determine the development of diatoms: temperature regime, the presence of biogenic elements (especially silica for the construction of valves), pH of the environment, transparency, etc. In other words, they reflect the natural specifics of the water body. Climate fluctuations are associated with the changes in the environmental conditions, which leads to the restructuring in the ecosystem of lakes.

We have studied the bottom sediments from the lakes of different types and trophicities in both mountainous and lowland landscapes. The lakes of the Eastern Sayan (12 lakes) were located at altitudes of 1240-2496 m above sea level. Species diversity of the planktonic diatoms in the sediments of the lakes varied from 9 to 27 taxa. The abundance of diatoms reached 0.15-157 million valves/g. The share of planktonic diatoms was 0.7-99.3% of the total number. Maximum diversity was observed in Lake Vysokogornoye due to the species of the genera *Cyclotella*, *Discostella*, *Aulacoseira*, and *Pliocaenicus*.

On the Baikal range, we studied 9 lakes located at altitudes of 1220-1645 m above sea level, and 4 lakes – at 456-520 m. The species composition was 8-16 taxa. The diatom abundance in the sediments of the lakes varied significantly, 0.1-292 million cells/g, as well as the share of planktonic diatoms – 0.1-96%. High numbers were recorded in the sediments of Lake Gitara; the species of the genera *Cyclotella* and *Aulacoseira* dominated.

Lakes of the Kodar Ridge (6 lakes) were located at altitudes of 1817-2170 m above sea level, and Lake Oron – at 430 m. The species diversity varied from 7 to 28 taxa. The number of diatoms was 0.03-499 million valves/g; the share of planktonic diatoms was 0.09-96.5%. The highest abundance was recorded in the sediments of Lake Bolshoye Preobrazhenskoye due to the small-celled species of the genus *Cyclotella*.

Lakes of the Khamar-Daban Ridge (6 lakes) were located at altitudes of 453-848 m above sea level. In the sediments of the lakes, we found 8-18 taxa of diatoms, which abundance varied within 2.8-224 million valves/g; the share of planktonic diatoms reached 20-98.5%. The maximum number was recorded in Lake Kotokel; *Aulacoseira granulata* dominated, 93.5%.

Lakes of the Barguzin Ridge (7 lakes) were located at altitudes of 1360-1754 m, and Lake Frolikha – at 524 m. There were 14-27 taxa of planktonic diatoms. Their abundance in the sediments reached 1.3-98.1 million valves/g; the share of planktonic diatoms in the total number of diatoms was 14-83%. The species of the genera Aulacoseira, Pliocaenicus and Tabellaria were dominant. We observed single species of the Baikal diatom complex, *Aulacoseira baicalensis, A. islandica, Cyclotella minuta*, and *C. baicalensis*. In a small amount, they were found in the sediments of a number of lakes of the Eastern Sayan, Baikal and Khamar-Daban ranges, as well as in Lake Oron.

The dominant sediment complex of mountain lakes mainly consisted of the cosmopolitan, acidophilic and pH-indifferent, mainly psychrophilic species from the genera *Aulacoseira*, *Cyclotella*, *Discostella*, *Pliocaenicus*, and *Tabellaria*. These species prefer oligotrophic and oligotrophic-mesotrophic water. The species dominating in the lakes located at low altitudes prefer mesotrophic and mesotrophic-eutrophic water. These are cosmopolitan, eurythermal or moderate, alkaliphilic pH-indifferent species. Basically, they are the members of the genera *Asterionella*, *Fragilaria*, *Synedra*, *Aulacoseira*, and *Stephanodiscus*. Notably, in some lakes, the species composition in the sediment thickness did not change, but their number fluctuated sharply. In other lakes, some species were replaced by other species better adapted to the new conditions. The diversity index (Shannon) showed that the change in the diatom complexes in some lakes occurred rarely and in other ones – frequently, which indicated a change in habitat conditions.

This study was supported by the Program of the Federal Agency of Scientific Organizations under #0345–2016–0006 (AAAA-A16-116122110063-0), RFBR-17-29-05016, RFBR-16-05-00342.

Voronin V.P., Murzina S.A, Nefedova Z.A., Pekkoeva S.N., Nemova N.N.

LIPIDS AND FATTY ACID PROFILES OF FORAGE OBJECTS OF JUVENILES OF SALMONIDS IN RIVERS OF LAKE LADOGA AND WHITE SEA BASIN

Institute of Biology of the Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences,
185910 Petrozavodsk, Pushkinskaya st., 11

The comparative research of lipid and fatty acid profiles of some representatives of macrozoobenthos which are the main food objects of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and Brown trout (*Salmo trutta* L.) juveniles was conducted. Control of food supply of salmon juveniles in investigated rivers was carried out and species composition of invertebrate organisms was described. There is a few ecological and biochemical studies on the evaluation of macrozoobenthos quality of different taxonomic groups as a nutrition for salmonids juveniles (Bolgova et al., 1976; Hrennikov et al., 1991; Voronin et al., 2016; Murzina et al., 2017; Descroix et al., 2009, 2010). Lipids and its fatty acid components (FAs) and also their ratios determine the nutritional value of food objects and make a special contribution to the productivity formation of northern ecosystems (Moller, 2006). Zoobenthos in studied rivers of Lake Ladoga bassin was distinguished by a significant proportion of caddisfly *Chimarra marginata* and *Hydropsyche pellucidula*, domination of stonefly larvae, *Arcynopteryx compacta*, was established for the Indera River (White Sea basin). High levels of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) based on n-3 family FAs with essential acids 18:3n-3 и 20:5n-3 domination for the Syuskyuyanjoki river and the Tohmajoky river was shown. While the PUFAs level of food objects in the “northern” Indera river was higher than it is in “southern” rivers of Lake Ladoga basin, the Tohmajoky and the Syuskyuyanjoki rivers (42% of FAs summ vs. 33% and 36% respectively). In zoobenthos of the Tohmajoky River in comparison with that in Syuskyuyanjoki increased proportion of PUFAs family n-6, mostly 18:2n-6 FAs was registered. It should be noted that the level of physiologically important 20:5n-3 PUFAs of macrozoobenthos from the Indera river was twice as high as that from the Syuskyuyanjoki river and the Tohmajoky river. Zoobenthos of rivers of Lake Ladoga basin in these streams almost didn`t differ from the level of both total and particular classes of saturated FAs (SFA), SFA/PUFA indicators were equal. The ratio of essential 18:3n-3/18:2n-6 FAs correlation determining the quality of feed for juveniles was three times higher in zoobenthos of the Syuskyuyanjoki river in comparison with that of the Tohmajoki river (2.22 and 0.74), for macrozoobenthos of the Indera river – 2.48. Quantitative differences in FAs spectra of zoobenthos collected in different streams are related to the species specificity of food objects and the specificity of metabolic processes in them forming under ecological conditions of the water reservoir.

The research was carried out using the facilities of the Equipment Sharing Centre of the Federal research centre “Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences”. The study was funded by the Russian Science Foundation, the project №14-24-00102.

Воронин В.П., Мурзина С.А., Нефедова З.А., Пеккоева С.Н., Немова Н.Н.

ЛИПИДНЫЙ И ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ КОРМОВОЙ БАЗЫ МОЛОДИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ РЕК БАССЕЙНА ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА И БЕЛОГО МОРЯ

Институт биологии – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра
«Карельский научный центр Российской академии наук»
185910 Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11

Проведено сравнительное исследование липидного и жирнокислотного состава некоторых представителей макрозообентоса, являющихся объектами питания молоди атлантического лосося (*Salmo salar* L.) и кумжи (*Salmo trutta* L.), из различающихся гидрологией лососево-кумжевых рек бассейна Ладожского озера (р. Тохмайоки, р. Сюскуанйоки) и бассейна Белого моря (р. Индера). Проведен учет кормовой базы молоди лососевых рыб и описан видовой состав беспозвоночных организмов в реках. Эколого-биохимические иссле-

дования по оценке качества макрозообентоса различных таксономических групп как корма для молоди лососевых рыб немногочисленны (Bolgova et al., 1976; Hrennikov et al., 1991; Voronin et al., 2016; Murzina et al., 2017; Descroix et al., 2009, 2010). Липиды и их жирнокислотные компоненты (ЖК), а также их соотношения определяют пищевую ценность кормовых объектов и вносят особый вклад в формирование продуктивности северных экосистем (Moller, 2006). Зообентос исследованных рек бас. Ладожского озера выделялся весомой долей ручейников *Chimarra marginata* и *Hydropsyche pellucidula*, для р. Индера (бас. Белого моря) установлено доминирование личинок веснянок – *Arcynopteryx compacta*. Показано высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), основу которых составляли ЖК семейства n-3 с доминированием эссенциальных кислот 18:3n-3 и 20:5n-3 для р. Сюскуанйоки и Тохмайоки. При этом уровень ПНЖК кормовых объектов «северной» р. Индера выше, чем таковой в «южных» реках бассейна Ладожского озера – р. Тохмайоки и р. Сюскуанйоки (42% суммы ЖК vs. 33% и 36% соответственно). В зообентосе р. Тохмайоки по сравнению с таковым р. Сюскуанйоки отмечена повышенная доля ПНЖК семейства n-6, в основном 18:2n-6. Следует отметить, что уровень физиологически значимой 20:5n-3 ПНЖК макрозообентоса р. Индера был выше в два раза по сравнению с таковым из рек бас. Ладожского озера. Зообентос р. Тохмайоки и р. Сюскуанйоки почти не отличался уровнем как суммарных, так и отдельных классов насыщенных ЖК (НЖК), показатели НЖК/ПНЖК были равные. Показатель соотношения незаменимых ЖК 18:3n-3/18:2n-6, определяющий качество корма для молоди, был в три раза выше в зообентосе р. Сюскуанйоки по сравнению с таковым р. Тохмайоки (2,22 и 0,74), для макрозообентоса р. Индера – 2,48. Количественные различия ЖК спектров зообентоса, собранного в разных водотоках связаны с видовой спецификой кормовых объектов, особенностями метаболических процессов в них, складывающихся в ответ на экологические факторы водоема.

Работа проведена с использованием научного оборудования ЦКП Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук». Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект №14-24-00102.

Vornholt M.A.[1,2], Gasarov P.V.[1,3], Makarov M.M.[1], Kulikov V.A.[4], Tyagun M.L.[1], Glyzina O.Yu.[1], Yakhnenko V.M.[1], Belkova N.L.[1], Sukhanova L.V.[1], Sapozhnikova Yu.P.[1]

STUDY OF ULTRASTRUCTURAL CORRELATES OF DIFFERENT LEVEL OF SENSITIVITY IN BAIKAL FISH IN THEIR NATURAL ENVIRONMENT AND UNDER CONDITIONS OF COMMON GARDEN EXPERIMENTS

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Grinnell College, Grinnell, Iowa, USA
[3]Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
[4]Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia
jsap@mail.ru

Despite some knowledge of inner ear variation and fish acoustic behaviour, the main question of how the morphological variability is related to hearing abilities remains open (Popper, 1976; Popper, 1982; Ladich and T. Schulz-Mirbach, 2016). We have tried to search for cytological correlates of functional characteristics of fish hearing. This work is also aimed at estimation of morphological diversity of the ultrastructure of the hearing epithelium in fishes which live under the same conditions in Lake Baikal and the effect of different sound on their behaviour. The presence of different hair cell types, distribution and morphological polarization in the epithelium, ranges of maximum acoustic sensitivity, as well as audibility thresholds of fish are critically important for their behavioural response and activity. We studied morphological and functional features of hair cells in juvenile and adult sculpin fishes (Cottoidei) and whitefish (Coregonus sp., Coregonidae) affected and unaffected by intense sound. The unique diversity of the morphological and functional features of fish acoustic apparatus was examined in different species inhabiting different ecological niches of Lake Baikal. Intense sound damaged the sensory epithelium and changed the normal behaviour of these fish which was recorded by the EthoStudio soft- and hardware complex: the differences were noted in their depth preferences and swimming direction and speed. Our work demonstrates that there are correlations between ultrastructure of sensory epithelium, fish acoustic behaviour and the environment, which implies high neural plasticity in Baikal fish and causes adaptations at all structural levels.

Ethological and morphological screening of Baikal fish was performed at the Baikal Joint Instrumentation Centre in LIN SB RAS (http://www.lin.irk.ru/copp/eng/) supported by RFBR and the Government of the Irkutsk region, projects No 17-44-388081 r_a and No 17-44-388106 r_a, aquaculture of whitefish was obtained within the framework of the project of the Government of the Irkutsk region "Obtaining high-tech aquaculture of whitefish ..." (Forum Baikal-2020), otoliths crystallization was studied within the framework of the state task No. 0345-2016-0002 Molecular ecology and evolution of living systems ....

Wiezer L.S.

A HUNDRED YEARS DYNAMICS OF ZOOPLANKTON COMMUNITIES IN CHANY LAKE

Novosibirsk branch FGBNU “State Research and Production Centre for Fisheries”
630091, Russia, Novosibirsk, Pisarev st., 1
vizer51@mail.ru

In the 20th century, changes in the water level in the lake Chany were in the range from 108.5 to 105.4 m (Baltic System of Heights). The area of the lake decreased from 2.7 to 1.5 thousand km^2. Salt had accumulated in a drainless pond, introduced into it by rivers. The mineralization in the less saline area grew especially strongly – 10 times and reached 2 g/l at the beginning of this century. In the most remote from the river mouths area, the mineralization increased 4 times, i.e. up to 8 g/l.

In the first quarter of the last century in the period of high water zooplankton in species composition was fairly clearly divided into two parts - freshwater and brackish water. In the freshwater part, the leading role was played by *Chydorus sphaericus* (O.F.M.) and *Daphnia cucullata* Sars, in the most saline part of the reservoir, three species dominated: *Diaptomus salinus* Daday, *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin), *Ceriodaphnia reticulate* (Jur.).

Subsequently, the division into the freshwater and brackish part of the lake was preserved. In the fifties, during the average low water level, 5 species of zooplankton dominated: in the freshwater – *Ch. sphaericus, M. leuckarti*, Claus in brackish water – *D. salinus, D. brachyurum, C. reticulata*. In the 70-80s of the last century the water level corresponded to low water shortage. The dominant role belonged to 7 species. Among the dominants of past years joined in the freshwater part of *Daphnia longispina* O.F. Müller, in the saline – *Moina microphtalma* Daday, appeared in the pond in the early 70's. In the 90s of the past century and at the beginning of this century in the brackish water part, *D. magna* Straus was added to the number of dominant species.

Over the past century, following the draining of the territory and the increase in salinity, the role of brackish water fauna has increased in most of the lake: the number of brackish-water dominant species has increased.

Визер Л.С.

ВЕКОВАЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕРА ЧАНЫ

Новосибирский филиал ФГБНУ «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства»; 630091, Россия, Новосибирск, ул. Писарева, д. 1
vizer51@mail.ru

Природные изменения, связанные с колебаниями климата различной длительности, сказываются на состоянии водных экосистем. Особенно показательны природные изменения в бессточных озерах. К числу таких водоемов относится озеро Чаны, расположенное на юге Западной Сибири.

С начала 20 века в оз. Чаны и до настоящего времени наблюдалась тенденция к понижению уровня с 108,5 до 105,4 м (БС). В начале прошлого века озеро было слабо расчлененным водоемом. Основную часть составляли четыре крупных плеса, три из которых были слабо изолированы друг от друга. В настоящее время один плес полностью высох. Остальная часть, в результате эволюции, связанной с иссушением территории, снижением уровня и уменьшением площади, имеет сложную морфометрию, береговая линия сильно изрезана. Площадь озера сократилась с 2,7 до 1,5 тыс. км^2.

Химический состав воды во второй половине прошлого и в начале нынешнего столетия формировался в условиях превышения испарения над осадками. Это способствовало накоплению солей. В бессточном водоеме аккумулировались соли, вносимые в него реками. Особенно сильно выросла минерализация в менее осолоненном участке – в 10 раз и в начале нынешнего столетия достигала 2 г/л. В наиболее удаленном от устьев рек участке минерализация повысилась в 4 раза, т.е. до 8 г/л.

В первой четверти прошлого века в период многоводья зоопланктон по видовому составу был достаточно четко разделен на две части – пресноводную и солоноватоводную. В пресноводной части руководящая роль принадлежала *Chydorus sphaericus* (O.F.M.) и *Daphnia cucullata* Sars, в наиболее осолоненной части водоема было отмечено доминирование трех видов: *Diaptomus salinus* Daday, *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin), *Ceriodaphnia reticulate* (Jur.). Средняя численность зоопланктона составила 306 тыс. экз./м^3, биомасса – 13 г/м^3 (Зверева, 1927).

В дальнейшем деление на пресноводную и солоноватоводную части озера сохранилось. В 50-е годы прошлого столетия в период среднего маловодья доминировало 5 видов зоопланктона*:* в пресноводной – *Ch. sphaericus, M. leuckarti,* Claus в солоноватоводной – *D. salinus, D. brachyurum, C. reticulata,*. Средняя численность зоопланктона составляла в июле 520 тыс. экз./м^3, средняя биомасса – 15 г/м^3 (Петкевич, Битюков, 1955; Битюков, 1963).

В 70-80-х годах прошлого века уровень воды соответствовал низкому маловодью. Доминирующая роль принадлежала 7 видам. К числу доминантов прошлых лет присоединились в пресноводной части *Daphnia longispina* O.F. Müller, в осолоненной – *Moina microphtalma* Daday, появившиеся в водоеме в начале 70-х годов. Средняя численность зоопланктона составляла 275 тыс. экз./м^3, биомасса – 11 г/м^3 (Иванов, Макарцева, 1982; Визер, 1986).

В 90-е годы прошлого и в начале нынешнего века в солоноватоводной части к числу доминирующих видов добавилась *D. magna* Straus. Средняя численность зоопланктона по водоему составила 154 тыс. экз./м^3, средняя биомасса – 15 г/м^3. Отмечалось значительное уменьшение биомассы в пресноводной зоне – до 5 г/м^3, и значительное увеличение в наиболее осолоненных плесах – до 95 г/м^3, за счет возрастания роли крупных ветвистоусых ракообразных (Визер, 2015).

Таким образом, с 70-х годов до настоящего времени, вслед за иссушением территории и увеличением солености в большей части озера возросла роль солоноватоводного зоопланктона: увеличилось число солоноватоводных доминирующих видов, снизилась численность и увеличилась биомасса.

Yakhnenko A.S.[1], Itskovich V.B.[2]

COMPARATIVE VARIABILITY ANALYSIS OF THE STANDARD 5'END PARTITION AND I3-M11 PARTITION OF THE COI GEN IN CLOSELY RELATED SPECIES OF BAIKALIAN SPONGES

[1]Irkutsk State University, K. Marx str.,1 664003 Irkutsk, Russia
[2]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

Since the species identification and classification of sponges based on morphological features is complicated by their high variability, molecular markers have been used for this purpose. In this study, we per-

formed a comparative analysis of the variability of the two sections of the COI gene (the standard 5 'end region and the I3M11 site) for closely related Baikal sponges.

Based on the results of the study, it was concluded that the I3M11 site was not suitable, along with the standard 5 'end section, for the species identification of Baikal sponges. We also detected new divergent haplotypes among Baikal sponges – 7 on the 5 'end of the COI gene and 10 - on the I3-M11 fragment, which probably speaks of a hidden speciation in Baikal sponges and requires further study. The reliability of differences in the number of missense mutations in the two investigated fragments of the COI gene suggests that the nucleotide substitutions in the I3-M11 fragment of the COI gene are evolutionarily more significant.

Яхненко А.С.[1], Ицкович В.Б.[2]

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СТАНДАРТНОГО 5’ КОНЦЕВОГО УЧАСТКА И УЧАСТКА I3-M11 ГЕНА COI ДЛЯ БЛИЗКОРОДСТВЕННЫХ БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК.

[1]Иркутский Государственный Университет, Иркутск, Россия
[2]Лимнологический Институт СО РАН, Иркутск, Россия
yakhnenkoas@gmail.com

На сегодняшний день спонгиофауна Байкала представлена 16 видами и 2 подвидами губок. Из них 13 видов и 2 подвида принадлежат к эндемичному для Байкала семейству Lubomirskiidae. До недавнего времени, видовая идентификация и классификация губок осложнялась широкой нормой реакции и высокой вариабельностью внешних признаков. На сегодняшний день развитие молекулярных методов позволило изучать взаимоотношения между видами при помощи молекулярно-генетических маркеров. Генетические маркеры, успешно используемые для низкоуровневой филогении высших многоклеточных, для разработки систематики губок стали применяться совсем недавно.

Стандартный 5’ концевой участок гена COI нередко оказывался недостаточно вариабельным как для видовой идентификации губок, так и для изучения структуры популяций. Существует, однако, еще один участок гена COI, используемый для филогенетических исследований, и, как указали Erpenbeck et al. (2006), более вариабельный на межвидовом уровне, чем стандартный 5’ концевой участок. Этот фрагмент обозначается I3-M11 и с успехом применяется для популяционного анализа морских губок. Также он является лучшим из имеющихся митохондриальных маркеров для этих целей.

Открытым остается вопрос пригодности I3-M11 фрагмента гена COI для видовой идентификации пресноводных губок, а именно эндемичных губок оз. Байкал. Для его решения в данной работе был впервые проведен сравнительный анализ двух участков гена COI для близкородственных видов семейств Lubomirskiidae и Spongillidae.

Всего было исследовано 46 образцов, принадлежащих к 6 видам и 2 подвидам семейства Lubomirskiidae. *B. bacillifera, B. fungiformis, B. robusta, B. martinsoni, B.i. intermedia, B.i. profundalis, Sw. papyracea* и одного вида семейства Spongillidae *S. lacustris*. Были получены последовательности по обоим фрагментам. Для 16 из них по 5’-концевому фрагменту ранее была показана вариабельность в виде 1-4 синонимичных трансверсий. По фрагменту I3-M11 для этих образцов данных опубликовано не было. Нами было проанализировано количество и характер нуклеотидных замен, произведен сравнительный анализ полученных последовательностей. По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Для 5’-концевогофрагмента показана внутри- и межвидовая вариабельность для видов *Sw. papyracea, B. fungiformis, S. lacustris, B. martinsoni* и подвида *B.i. intermedia*.
2. Для фрагмента I3-M11 показана внутри- и межвидовая вариабельность для видов и подвидов *B. martinsoni, B. i. profundalis, B. i. intermedia B. fungiformis, Sw. papyracea* и *S. lacustris,* что делает его, наряду с 5’-концевымфрагментом, непригодным для видовой идентификации близкородственных байкальских губок.
3. Достоверность различий по числу миссенс мутаций в двух исследуемых фрагментах гена COI позволяет сделать вывод о том, что нуклеотидные замены во фрагменте I3-M11 гена COI являются эволюционно более значимым.
4. Обнаружено 7 новых дивергентных гаплотипов по 5’-концевому фрагменту гена COI и 10 - по фрагменту I3-M11, что, вероятно, говорит о скрытом видообразовании у байкальских губок и требует дальнейшего изучения.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы №VI.50.1.4. (0345-2016-0002) «Молекулярная экология и эволюция …» при финансовой поддержке РФФИ, проекты №17-04-01598, №17-44-388103 р_а.

Yakhnenko V.M.[1], Klimenkov I.V.[1], Kondratov I.[1], Kupchinsky A.B. [2], Batudaeva A.K.[3], Yakhnenko A.S.[3]

MORPHOFUNCTIONAL FEATURES OF ERYTHROCYTES IN SOME COTTOID FISH OF BAIKAL

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Baikal Museum SB RAS, Ul. Academicheskaya, 1, Listvyanka, 664520
[3]Irkutsk State University, K. Marx str.,1 664003 Irkutsk, Russia

The basic gas exchange role in fish is played by erythrocytes. Hence, the objective of our research is a comparative study of morphological and ultrastructural features of blood cells, hemoglobin structure and cytometric parameters in six species of cottoid fish from diverse ecological complexes.

We found mature and immature erythrocytes in the red peripheral blood of the species studied. No distinction was observed in their morphological and ultrastructural signs. Erythrocyte cytoplasm of all the species revealed the presence of mitochondria, ribosomes, glycogen, Krebs cycle enzymes, and heterochromatin, the latter one – in the nuclei of mature erythrocytes.

The cytometric parameters of erythrocytes are the most stable signs and reflect an physiological adaptation of fish to various environment. The species studied reliably differ amongst them in erythrocyte NCR, S, s. Differences in E that specifies the cell morphology in both *Comephorus* species and in *Paracottus knerii* are not reliable (cf. Table).

Table. Cytometric parameters of erythrocytes, hemoglobin concentration, blood oxygen capacity and hemoglobin heterogeneity in Baikal cottoid fish

Fish species			Hb (g/%)	BOX (vu)	Cytometric parameters, μm				Hemoglobin fractions	
					E	S	s	NCR	Cathode	Anode
1	*Comephorus baicalensis*	M	6.02 (14)*	10.57	0.718 (120)**	198.9	29.6	0.175	2	1
		±m	1.16	1.19	0.009	2.5	0.5	0.002	0-4	0-3
2	*Comephorus dybowski*	M	5.53 (39)	10.06	0.707 (125)	148.9	22.8	0.181	1	1
		±m	0.79	0.81	0.012	4.3	0.3	0.006	0-7	0-4
3	*Cottocomephorus inermis*	M	7.77 (19)	12.36	0.799 (200)	144.1	17.3	0.136	1	0
		±m	0.67	0.71	0.009	1.8	0.3	0.003	0-2	
4	*Cottocomephorus grewingkii*	M	8.58 (14)	13.2	0.683 (165)	143.5	24.8	0.209	1	1
		±m	0.56	0.58	0.008	2.6	0.5	0.005	0-2	0-2
5	*Paracottus knerii*	M	6.68 (20)	11.24	0.714 (100)	108.5	23.4	0.275	1	1
		±m	0.35	0.36	0.007	1.1	0.3	0.004	0-3	1-4
6	*Limnocottus bergianus*	M	6.9 (12)	11.47	0.745 (146)	221.1	29.3	0.152	1	1
		±m	1.1	1.13	0.008	2.1	0.3	0.002	0-2	0-2

Note: Hb – hemoglobin concentration, BOX – blood oxygen capacity, E – numeric eccentricity, S – cell area, s – nucleus area, NCR – nucleus/cytoplasm ratio. M – mean value, ± m – error of mean. * – number of fish studied for Hb, BOX and erythrocyte hemolysates, ** – number of the erythrocytes studied.

In total, the genetically determined differences of hemoglobin and morphological features of erythrocytes are induced by adaptation of oxygen transport system to energy expenditure and related dietary needs of the species.

The highest S and s erythrocytes values are found in *C. baikalensis* and *L. bergianus*. *C. dybowski*, *C. inermis* and *C. grewingkii* revealed intermediate values of cytometric indexes of erythrocytes.

The growth of erythrocyte cells in predators such as *L. bergianus* and pelagic *C. baikalensis* can be driven by higher energy expenditure and, thereafter, more intensive respiration at expense of increasing cell cytoplasmic region and a higher production of transcription products. The latter is related to a larger nucleus size and the least NCR values in these fish. The pelagic plankton-feeding *C. dybowski* has a lower energy expenditure and, hence, a lower oxygen demand that *C. baikalensis*. The mechanism of organism oxygenation in the benthopelagic species, *C. inermis* and *C. grewingki*, the littoral *P. knerii* is related to increasing blood oxygen capacity. The most elongate are the erythrocytes in *C. grewingki*, which is one of the most active swimmers amongst the species studied (cf. Table).

Hemoglobin in all the species have an anode (except *C. inermis*) and cathode fractions. The anode hemoglobin has a low oxygen affinity and a high Bohr Effect, while the cathode hemoglobin does not show such effect. Since a change of environment temperature and pH alters the anode/cathode fractions ratio, the presence of heterogeneous hemoglobin allows the conclusion that these species have a high adaptation capacity.

The work is done within the State Task: 0345-2016-0002 (AAAA-A16-116122110066-1) “Molecular Ecology and Evolution …”.

Яхненко В.М.[1], Клименков И.В.[1], Кондратов И.[1], Купчинский А.Б.[2], Батудаева А.К.[3], Яхненко А.С.[3]

МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭРИТРОЦИТОВ НЕКОТОРЫХ КОТТОИДНЫХ РЫБ БАЙКАЛА

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Байкальский музей ИНЦ СО РАН, ул. Академическая,1, Листвянка, 664520
[3]Иркутский государственный университет, ул. К. Маркса,1, Иркутск, 664003

Основная роль в газообмене в организме у рыб принадлежит эритроцитам, и поэтому целью исследования является сравнительное изучение морфологических и ультраструктурных особенностей клеток красной крови, структуры гемоглобинов, цитометрических параметров эритроцитов шести видов рогатковидных рыб, принадлежащих к разным экологическим комплексам.

В составе красной периферической крови исследованных видов обнаружены зрелые и незрелые эритроциты, по морфологическим и ультраструктурным признакам которых различий не выявлено. В цитоплазме

эритроцитов всех видов выявлены митохондрии, рибосомы, гликоген, ферменты цикла Кребса, в ядрах зрелых эритроцитов – гетерохроматин. Цитометрические параметры эритроцитов являются наиболее устойчивыми признаками и отражают физиологическую адаптацию рыб к условиям в разных зонах обитания. Исследованные виды достоверно различаются между собой по NCR, S, s эритроцитов. Различия по E, определяющей форму клетки, у голомянок, а также у большой голомянки и каменной широколобки, недостоверны (таблица).

Цитометрические параметры эритроцитов, концентрация гемоглобина, кислородная емкость крови и гетерогенность гемоглобинов рогатковидных рыб Байкала

Виды рыб			Hb (г/%)	КЕК (об.ед)	Цитометрические параметры, мкм				Фракции гемоглобинов	
					E	S	s	NCR	Катод	Анод
1	Голомянка большая *(C.baicalensis)*	M	6,02 (14)*	10,57	0,718 (120)**	198,9	29,6	0,175	2	1
		±m	1,16	1,19	0,009	2,5	0,5	0,002	0-4	0-3
2	Голомянка малая *(C. dybowski)*	M	5,53 (39)	10,06	0,707 (125)	148,9	22,8	0,181	1	1
		±m	0,79	0,81	0,012	4,3	0,3	0,006	0-7	0-4
3	Длиннокрылка *(C. inermis)*	M	7,77 (19)	12,36	0,799 (200)	144,1	17,3	0,136	1	0
		±m	0,67	0,71	0,009	1,8	0,3	0,003	0-2	
4	Желтокрылка *(C. grewingkii)*	M	8,58 (14)	13,2	0,683 (165)	143,5	24,8	0,209	1	1
		±m	0,56	0,58	0,008	2,6	0,5	0,005	0-2	0-2
5	Каменная широколобка *(P. kneri)i*	M	6,68 (20)	11,24	0,714 (100)	108,5	23,4	0,275	1	1
		±m	0,35	0,36	0,007	1,1	0,3	0,004	0-3	1-4
6	Плоская широколобка *(L. bergianus)*	M	6,9 (12)	11,47	0,745 (146)	221,1	29,3	0,152	1	1
		±m	1,1	1,13	0,008	2,1	0,3	0,002	0-2	0-2

Примечание: Hb – концентрация гемоглобина, КЕК – кислородная емкость крови, E – числовая эксцентричность, S – площадь клети, s – площадь ядра, NCR – ядерно-цитоплазматические отношения. M – средняя, ± m – ошибка средней. * – число исследованных рыб для Hb, КЕК и гемолизатов эритроцитов, ** – число исследованных эритроцитов

В целом генетически детерминированные различия гемоглобинов и морфологические особенности эритроцитов связаны с адаптациями кислородной транспортоной системы к энергетическим затратам и соответствующим пищевым потребностям видов.

Наиболее крупные S и s эритроцитов – у большой голомянки и плоской широколобки. У малой голомянки, длиннокрылки и желтокрылки цитометрические индексы эритроцитов имеют промежуточные значения.

Увеличение размеров клетки эритроцитов у таких хищников как глубоководная плоская широколобка и пелагическая большая голомянка может быть связано с высокими энергетическими затратами и, соответственно, усилением интенсивности дыхания за счет увеличения цитоплазматического района клетки и повышенным производством продуктов транскрипции, с чем связано увеличение размеров ядра у этих видов рыб и наименьшие величины NCR. Для планктоноядной пелагической малой голомянки в отличие от большой энергетические затраты и, соответственно, потребности в кислороде меньше. У бентопелагических видов длиннокрылки и желтокрылки, прибрежной каменной широколобки механизм обеспечения организма кислородом связан с увеличением кислородной емкости крови. Эритроциты желтокрылки как одного из самых активных пловцов из исследованных рыб имеют наиболее вытянутую форму (таблица).

Гемоглобины всех исследованных видов имеют анодную (кроме длиннокрылки) и катодную фракции. Анодные гемоглобины имеют низкое сродство к кислороду и высокий эффект Бора, а катодные гемоглобины таким эффектом не обладают. Поскольку изменение температуры и pH среды меняет соотношение катодных и анодных фракций, присутствие гетерогенного гемоглобина позволяет сделать заключение о высоких адаптационных возможностях исследованных видов.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы: 0345-2016-0002 (АААА-А16-116122110066-1) «Молекулярная экология и эволюция …».

Yakhnenko V.M.[1], Klimenkov I.V.[1], Sudakov N.P.[2], Glyzina O.Yu.[1], Sapozhnikova Yu.P.[1], Tyagun M.L.[1], Avezova T.N.[1], Kondratov I.G.[1], Batudaeva A.K.[3], Sukhanova L.V.[1]

MORPHOFUNCTIONAL FEATURES OF OXYGEN TRANSPORT SYSTEM IN PELED (*COREGONUS PELED*), OMUL (*C. MIGRATORIUS*) AND THEIR HYBRIDS IN THE BELAYA RIVER

[1]Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
[2]Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology, Bortsov Revolutsii 1, 664003 Irkutsk
[3]Irkutsk State University, K. Marx 1, 664003 Irkutsk

We studied red peripheral blood in brood fish of peled and omul caught in the Belaya River as well as in their hybrids (omul f x peled m and peled f x omul m). The freshwater Aquarium Complex of Limnological Institute was used for incubation of eggs and feeding of young fish.

The red peripheral blood of the species studied revealed the presence mature (up to 90%) and immature erythrocytes whose morphological and ultrastructural features showed no distinction. The erythrocyte cytoplasm of all the species contained mitochondria, ribosomes, glycogen, rough endoplasmic reticulum, Krebs cycle enzymes, and heterochromatin, the last one occurred in the nuclei of mature erythrocytes.

The omul, peled and their hybrids cultivated in the Aquarium Complex was characterized by a reliable increase of erythrocyte nuclei. We found in erythrocyte lysates in peled and omul of the Belaya River up to 3 and 5 cathode fractions respectively, while anode fractions dominated in this species and their hybrids bred in the Aquarium Complex. The anode fractions have a low oxygen affinity and allow existing under hypoxia conditions.

These features of hemoglobin structure and cytometric parameters of erythrocytes reflect omul, peled and their hybrids capacities to adapt for aquaculture.

The work is supported by the RFBR and Irkutsk Region Government grants №17-44-388081 p_a, “Ethological and morphological screening and the study of ultrastructural correlates of different levels of sensitivity in whitefish sympatric populations in their natural habitat and in common garden experiments”, and №17-44-388106 p_a.

Яхненко В.М.[1], Клименков И.В.[1], Судаков Н.П.[2], Глызина О.Ю.[1], Сапожникова Ю.П.[1], Тягун М.Л.[1], Авезова Т.Н.[1], Кондратов И.Г.[1], Батудаева А.К.[3] , Суханова Л.В.[1]

МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТА КИСЛОРОДА ПЕЛЯДИ, ОМУЛЯ И ИХ ГИБРИДОВ Р. БЕЛАЯ

[1]Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
[2]Иркутский научный центр хирургии и травматологии 664003 Иркутск, Борцов Революции, 1
[3]Иркутский государственный университет, ул. К. Маркса,1, 664003

Морфо-функциональные изменения участвующих в газообмене эритроцитов и связанного с ними гемоглобина позволяют оценить состояние организма рыб при искусственном выращивании и гибридизации рыб. Цель исследования – сравнительное изучение морфологических и ультраструктурных особенностей клеток красной крови, структуры гемоглобинов, цитометрических параметров эритроцитов пеляди, омуля и их гибридов.

Исследована красная периферическая кровь производителей пеляди, омуля, отловленных в р. Белая и полученных при их скрещивании гибридов (омуль f x пелядь m и пелядь f x омуль m). Икра инкубировалась, молодь рыб подращивалась в пресноводном аквариальном комплексе Лимнологического института СО РАН.

В составе красной периферической крови исследованных видов обнаружены зрелые (до 90%) и незрелые эритроциты, по морфологическим и ультраструктурным признакам которых различий не выявлено. В цитоплазме эритроцитов всех видов выявлены митохондрии, рибосомы, гликоген, шероховатый эндоплазматический ретикулум, ферменты цикла Кребса, в ядрах зрелых эритроцитов – гетерохроматин. Цитометрические параметры эритроцитов – малоизменчивые видовые признаки, отражают адаптацию рыб к условиям обитания. У природных омулей и пеляди s достоверно меньше, S не изменилось, E у омулей уменьшилось, у пеляди – увеличилось, NCR – у омулей увеличилось по сравнении с выращенных в искусственных условиях. Площадь ядра и NCR эритроцитов гибридов достоверно больше по сравнению с родительскими формами. Изоэлектрическое фокусирование не выявило различий в компонентах гемоглобина у исследованных рыб. Однако в лизатах эритроцитов пеляди р. Белая выявили до 3, у омулей – до 5 катодных фракций, тогда как у пеляди, омулей и их гибридов, выращенных в аквариумах ПАК, преобладают анодные фракции, которые имеют низкое сродство к кислороду и обеспечивают снабжение организмов в условиях низкого содержания кислорода (таблица).

Цитометрические параметры эритроцитов и гетерогенность гемоглобинов

Виды рыб	Цитометрические параметры, мкм					n^1	Фракции гемоглобина		n^2
		E	S	s	NCR		Катод	Анод	
Омуль р. Белая	M	0,573	256,79	43,06	0,21	180	5	0	5
	±m	0,005	2,56	0,46	0,001		0,02		
Пелядь р. Белая	M	0,613	227,57	38,17	0,21	225	3	0	4
	±m	0,004	1,89	0,41	0,001		0,01		
Омуль ПАК	M	0,643	226,22	51,14	0,30	126	2	4	10
	±m	0,004	2,34	0,69	0,006		0,01	0,01	
Пелядь ПАК	M	0,549	225,28	40,39	0,22	67	2	4	10
	±m	0,010	3,27	0,62	0,002		0,008	0,01	
F (омуль f x пелядь m)	M	0,620	220,84	42,96	0,25	100	1	3	10
	±m	0,005	2,92	0,54	0,01		0,007	0,01	
F (пелядь f x омуль m)	M	0,590	225,53	52,42	0,31	225	1	3	10
	±m	0,004	1,61	0,35	0,005		0,006	0,01	

Примечание: E – числовая эксцентричность, S – площадь клети, s – площадь ядра, NCR – ядерно-цитоплазматические отношения. M – средняя, ± m – ошибка средней. n^1 – число исследованных клеток, n^2 – число исследованных рыб, f – самка, m – самец

В целом, выявленные особенности структуры гемоглобинов, цитометрических параметров эритроцитов отражают возможности системы крови омулей, пеляди и их гибридов к адаптации к условиям искусственного содержания.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ и Правительства Иркутской области №17-44-388081 р_а, «Этолого-морфологический скрининг и изучение ультраструктурных коррелятов разного уровня чувствительности у симпатрических популяций сиговых рыб в их естественной среде обитания и в условиях common garden экспериментов» и №17-44-388106 р_а.

Yadrenkina E.N.

FACTORS THAT DETERMINE THE SUCCESS OF DISTRIBUTION OF ALIEN SPECIES OF FISH IN WESTERN SIBERIA

Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS, 630091, Russia, Frunze Str., 11
Yadrenkina@eco.nsc.ru

It's known that, in addition to climatic fluctuations, anthropogenic factors influences on biodiversity and changes in spatial and temporal structure of hydrobiont's populations. Since the second half of the XX century, the structure of the fish community in the most water bodies of Western Siberia has changed due to the inclusion of alien species in the food webs of local biocenosis. Currently, alien species are an important component in the freshwater ecosystems of the region and they are represented in basis of the fishery.

However, there are some difficult questions in interpretation of real problems of biological diversity [in the context of conservation of water biological resources]. For example:

1. What is the time interval of alien species presence to declare about its invasiveness?
2. Is it possible to consider the species as invasive at the other parts of the river during expanding of areal borders?
3. How form the protected program in regard to alien species in case their high fishery significance?
4. What is the scale to estimate the danger of alien species?

The study was aimed to estimate of sustainability of aquatic biological systems due to invasive species, as well as strategies for alien species adapting in not typical conditions of environment. We analyzed data on the biological characteristics of fish, population's structure and their functional role of the one in the rivers and lakes of the Ob-Irtysh interfluve.

Turning to the materials of scientific publications, it should be noted that some alien species inhabited at the West Siberian Plain in the interglacial phases of the Quaternary period. Therefore, the question of their including in the list of not native fauna is not obvious.

The distribution boundaries of some native species of fish have moved in the direction to the north latitudes due to the increasing of air temperature. In this case, is it correctly to assert that in the upper part of the river stream they are part of aboriginal fauna, but they become be alien in the downstream?

Water salinity of many lakes has increased during last decades due to the aridization of the steppe zone of Western Siberia. So there was formed monotypic fish fauna and it is represented by crucian *Carassius auratus* only. Other fish species do not survive under these conditions. Now crucian dominates in the most isolated lakes of the Ob-Irtysh by abundance and biomass. It does not have competition with other coexistent fish species, since it locates in shallow water zones with abundant overgrowing of macrophytes where other fish species are absent. So is it correctly to say about invasiveness of crucian in applied to native fish?

The group of other mass alien species includes of verkhovka *Leucaspius delineatus* and rotan *Perccottus glenii* too. Verkhovka is inhabitant of the flowing lakes and small rivers. Ecological niche of verkhovka is limited by upper layers of the water column in contrast to the native fish. Rotan inhabits in lakes and ponds, it needs in low mineralization of water. Therefore it's distribution at arid territories of the south of Western Siberia have mosaic structure. Freshwater temporary and periodically drying reservoirs as shallow lakes and roadside canals are the most preferable by these fish.

It is known that only several native species are adapted to hypoxia which is typical to many lakes and rivers of Western Siberia. However, crucian, verkhovka and rotan are able to successfully survive in harsh environment and can dominate in abundance and biomass. It should be noted that the parasite fauna of the invaders is not dangerous for native species.

Conclusion. In total, analysis of data on spatial distribution and trophic relations indicates the divergence of ecological niches between alien and native fish species in Western Siberia, low level of competition for feed resources and habitats. The advantage of *C. auratus* and *P. glenii* is associated with high resistance to hypoxia conditions and sharp fluctuations in water level and temperature.

According to the foregoing, it can be assumed that the environmental risks of changing in native fish community under the influence of invaders are not significant because of early maturation and high fecundity of the local populations.

In addition, in compare to relatively inactive alien species, native fish can move on the long distances during breeding and feeding periods. Consequently the competition for the biotopes as habitat places is low.

However, it is alarming that local form of *C. gibelio* could be fertilized by crucian *C. auratus*. In introgressive hybridization, the gene pools of these species are mixed.

The study was funding by the State basic project of the Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS No. VI.51.1.6. (0311-2016-0006).

Yanygina L.V.[1, 2], Vizer A.M.[3]

LONG-TERM DYNAMICS OF RIVER SNAIL (*VIVIPARUS VIVIPARUS*) DISTRIBUTION IN THE NOVOSIBIRSK RESERVOIR

[1]Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, 1, Molodezhnaya St., Barnaul, 656038, Russia
[2]Altai State University, 61, Lenin Ave., 656049, Barnaul, Russia
[3]Novosibirsk Branch of "Gosrybtsentr", Novosibirsk, Russia
zoo@iwep.ru

The invasion of alien species is one of the key factors for the worldwide transformation of aquatic ecosystems. For a long time, most attention of researchers has been concentrated on the study of invasions into European and North American waterbodies, which were most affected by the invasion of new species. In recent decades, the rate of invasion of alien species into some Siberian water bodies was similar to the one typical for the large European river systems. The Novosibirsk Reservoir is one of the Siberian waterbodies characterized by a high level of alien species invasion. By the end of the 2000s, more than 10 species of alien macroinvertebrates and fish were naturalized in the reservoir. Among the alien macroinvertebrates, the European species *Viviparus viviparus* had a pronounced effect on the bottom communities of the reservoir. The mollusk was first found in the river part of the reservoir (near Ordynskoye) in 2002, with a population abundance of about 5 ind./m^2, and biomass – 65 g/m^2. Two years later, the mollusks were occasionally observed at the sites located 35 km upstream, and in three years - 40 km downstream (Irmen reach). The rate of mollusk distribution was about 15 km/year in each direction. In the zone of primary settlement, the number of mollusks over the period reached 1876 ind./m^2, and the biomass – 2320 g/m^2. *V. viviparus* was incorporated into dominant species. Over the next five years, at the constant zone of *V. viviparus* distribution, the increase in the mollusk biomass (up to 13000 g/m^2.) and frequency of its occurrence in the invasion areas was noted. Since 2012, mollusks have inhabited the littoral mouth of the Berdsky Bay. Since 2011, single specimens of *V. viviparus* occur sporadically at the dam site; however, they are not abundant. Thus, over a 15-year observation period, *V. viviparus* inhabited all zones of the reservoir except for the upper (from the transient region to Spirino village) and the dam zones. At the invasion sites, the *V. viviparus* constitutes the main portion of the zoobenthos biomass, thus redistributing the matter and energy in the ecosystem.

The research was supported by the RFBR grant no. 18-04-01001.

Яныгина Л.В.[1, 2], Визер А.М.[3]

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ РЕЧНОЙ ЖИВОРОДКИ (*VIVIPARUS VIVIPARUS*) В НОВОСИБИРСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

[1]Институт водных и экологических проблем СО РАН, Молодежная 1, Барнаул, Россия
[2]Алтайский государственный университет, пр. Ленина 61, Барнаул, Россия
[3]Новосибирский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр», Новосибирск, Россия
zoo@iwep.ru

Вселение чужеродных видов является одним из наиболее значимых факторов трансформации водных экосистем во всем мире. На протяжении длительного времени особое внимание исследователей было уделено изучению инвазий в европейские и североамериканские водоемы, наиболее подвергшиеся вторжению новых видов. Однако скорость инвазии чужеродных видов в некоторые сибирские водоемы в последние десятилетия достигла значений, характерных для крупных европейских речных систем. Одним из водных объектов Сибири, характеризующихся высоким уровнем заселения чужеродными видами, является Новосибирское водохранилище. К концу 2000-х в водохранилище натурализовалось более 10 видов чужеродных макробеспозвоночных и рыб. Среди чужеродных макробеспозвоночных наибольшее влияние на донные сообщества водохранилища оказало вселение европейского вида – речной живородки *Viviparus viviparus*. Впервые моллюск был обнаружен в речной части водохранилища в 2002 г. на створе Ордынское-Нижнекаменка, при этом его численность составляла около 5 экз./м^2, а биомасса – 65 г/м^2. Уже через два года моллюски эпизодически стали встречаться на участках, расположенных в 35 км выше по течению, а через три года – в 40 км ниже по течению (Ирменский плес). Скорость распространения моллюсков составила около 15 км/год в каждом направлении. В зоне первичного заселения численность моллюсков в этот период достигала 1876 экз./м^2, а биомасса – 2320 г/м^2, живородки вошли в состав комплекса доминирующих видов. В течение последующих пяти лет при сохранении стабильной зоны распространения живородок отмечено увеличение биомассы моллюсков (до 13000 г/м^2) и частоты их встречаемости на заселенных участках. С 2013 моллюски появились в литорали Бердского залива. На приплотинном участке единичные экземпляры живородки эпизодически встречаются с 2011 г., однако большой численности не достигают. Таким образом, за 15-летний период наблюдений живородки заселили все зоны водохранилища за исключением верхней (от зоны выклинивания подпора до с. Спирино) и приплотинной. На участках распространения живородки составляют основную часть биомассы зообентоса, существенно перераспределяя потоки вещества и энергии в экосистеме.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №18-04-01001.

Yeletskaya E.V., Titova L.A., Bashenkhaeva M.V.

SPATIAL DISTRIBUTION OF OXYGEN, NUTRIENTS, PHYTOPLANKTON AND BACTERIA IN SOUTHERN BAIKAL DURING ICE COVER PERIOD

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
lilitanna@lin.irk.ru, titova_873@mail.ru, maria.bashenkhaeva@gmail.com

The period when Lake Baikal is covered with ice is important for the functioning of the entire ecosystem. Microalgae vegetation under the ice generates the base of primary production for next seasons, as well as

bacteria are involved in substance cycle in the lake. The level of development of these microorganisms is dependent on the sufficient amount of nutrients in the water.

In this work, we studied distribution in the water area of phosphorus, nitrogen, silicon, oxygen, phytoplankton biomass, and the number of cultivated heterotrophic bacteria in Southern Baikal at different depths and distances from the shore. Sampling was carried out in April, 2018 in the area opposite the valley Varnachka (near the settlement B. Koty) at 50 m off the shore (Site 1), 100 m (Site 2) and 200 m (Site 3). We collected surface and near-bottom (2.5 m) water samples at Site 1. At Sites 2, 3 samples were taken from depths of 0, 5, 10 and 30 m using a Niskin's bottle. Water was analyzed at the accredited Laboratory of Hydrochemistry and Atmosphere Chemistry of Limnological Institute SB RAS using common methods (Wetzel, Gene, 1991; Manual ..., 2009). We measured total content of nutrients and their dissolved fraction using filtration through a membrane filter of 45 μm. Species composition, abundance and biomass of microalgae were determined by common methods. We grew bacteria on a FPA:10 medium and determined their enzymatic activities (caseinase, phospholipase and amylolytic).

Results of our investigations showed that the chemical composition of water from the three studied sites was similar. The pH values varied from 8.08 to 8.13 in the 30m water column; the dissolved oxygen content changed from 13.55 to 14.35 mg/L that corresponded to the range of 99 – 105% of the water saturation. The concentrations of dissolved silica varied insignificantly at different depths and distances from the shore (0.43-0.47 mg/L). General patterns of the distribution of dissolved phosphates ([P] 0.003-0.006 mg/L) and nitrates ([N] 0.04-0.07 mg/L) were found: lower concentrations of these components at the near-shore Site 1 than at Sites 2 and 3 and insignificant rise of phosphates and nitrates with depth at Sites 2 and 3. The total content of nutrients in intact samples exceeded the dissolved amount. The content of phosphates, silica and nitrates in the filtered water from the near-shore Site1 was by 40%, 20-25% lower, respectively, than in non-filtered samples. Concentrations of phosphates and silica were lower by 17% and 4%, correspondingly, in the samples taken from more distant or deeper sampling areas, while the content of nitrates did not change after filtration. Ammonium and nitrite nitrogen were recorded in trace amounts in the near-shore water, and pattern of their distribution was not found. The presence of ammonium and nitrite ions in water indicates the beginning of mineralization of organic matter.

Light microscopy shows that Site 1 was dominated by a dinophyte *Gymnodinium baicalense* from surface up to a depth of 2.5 m. Dinophytes also prevailed in the upper layer of Site 2. A diatom *Synedra acus* dominated at Sites 2 and 3 at all depths. The abundance and biomass of microalgae were maximal at the near-shore Site 1 that is likely attributed to the decreased content of phosphates and nitrates. At Site 2, the abundance and biomass of microalgae reduced from 0 to 10 m, whereas at 30 m they increased. At site 3, on the contrary, they increased with depth. The total number of bacteria cultivated on the FPA:10 medium was not high (2 – 20.3 CFU/mL), being the maximum at Site 3 in the surface layer. Bacteria from the surface layer of water showed the greatest caseinase, phospholipase and amylolytic activity.

Hence, during the ice period the chemical composition of the water in the area opposite the valley Varnachka did not change significantly irrespective of depth and distance from the shore. The number and biomass of microalgae as well as the number of cultivated heterotrophic bacteria were higher in the surface water at the near-shore station.

The work was supported by RFBR project 18-34-00461.

Елецкая Е.В., Титова Л.А., Башенхаева М.В.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОРОДА, БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ФИТОПЛАНКТОНА И БАКТЕРИЙ В ЛЕДОВЫЙ ПЕРИОД В ЮЖНОМ БАЙКАЛЕ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
lilitanna@lin.irk.ru, titova_873@mail.ru, maria.bashenkhaeva@gmail.com

Ледовый период в озере Байкал является важным этапом в функционировании всего водоема. Подо льдом развиваются микроводоросли, определяющие основу первичной продукции для последующих сезонов, а также бактерии, участвующие в процессах круговорота веществ. Важным фактором для их развития является наличие в воде биогенных элементов. В настоящей работе было изучено распределение концентраций фосфора, азота, кремния, кислорода, биомассы фитопланктона и численности культивируемых гетеротрофных бактерий в Южном Байкале на разном расстоянии от берега и при разной глубине.

Отбор проб проводили в начале апреля 2018 г. на трех станциях напротив пади Варначка (район пос. Б. Коты) на расстоянии от берега 50 м (станция 1), 200 м (станция 2) и 1000 м (станция 3). На станции 1 отбирали поверхностную и придонную (2,5 м) воду, на стациях 2 и 3 пробы были отобраны с глубин 0, 5, 10, 30 м при помощи батометра Нискина. Химический анализ выполняли на базе аккредитованной Лаборатории гидрохимии и химии атмосферы общепринятыми методами (Wetzel, Gene, 1991; Руководство ..., 2009). Определяли как общее содержание биогенных элементов, так и растворенную часть с помощью фильтрования через мембранный (ацетатцеллюлозный) фильтр с диаметром пор 45 мкм. Видовой состав, численность и биомассу микроводорослей определяли общепринятыми методами. Бактерии культивировали на среде РПА:10 и определяли их ферментативную активность: казеиназную, фосфолипазную и амилолитическую.

Результаты анализа показали, что химический состав воды на всех изученных станциях близок. Значения величины pH в 30 м слое воды изменялись от 8,08 до 8,13, а содержания растворенного кислорода варьировали от 13,55 мг/л (99% нас.) до 14,35 (105% нас.) мг/л. Концентрации растворенного кремния также были близкими на разных глубинах и практически не менялись с удалением от берега (0,43-0,47 мг/л). В распределении концентраций растворенных фосфатов (0,003-0,006 мг P/л) и нитратов (0,04-0,07 мг N/л) были отмечены общие закономерности. На станции 1 содержания этих компонентов были ниже, чем на удаленных от бе-

рега станциях. На станциях 2 и 3 отмечали незначительный рост концентраций фосфатов и нитратов с глубиной. Общее содержание биогенных элементов в нефильтрованных пробах преимущественно было выше, чем растворенное. На прибрежной станции содержания фосфатов в фильтрованной воде были на 40%, а кремния и нитратов на 20–25% ниже, чем в нефильтрованной. С удалением от берега и с увеличением глубины эта разница снижалась для фосфатов до 17%, для кремния до 4%, а концентрации нитратов в воде не изменялись после фильтрования. Аммонийный и нитритный азот регистрировали в прибрежной воде в следовых количествах и закономерности в их распределении обнаружены не были. Появление в воде ионов аммония и нитрита, свидетельствует о начале процессов минерализации органического вещества.

По результатам световой микроскопии на станции 1 на глубинах 0 и 2,5 м в сообществах доминировала динофитовая водоросль *Gymnodinium baicalense*, также преобладание динофлагеллят отмечали в поверхностном слое вода на станции 2. На удаленных от берега станциях и с увеличением глубины доминирующим видом была диатомовая водоросль *Synedra acus*. Численность и биомасса микроводорослей были наибольшие для прибрежной станции, с чем вероятно связаны низкие значения фосфатов и нитратов. На станции 2 количественные показатели снижались до глубины 10 м, а на 30 м увеличились. На станции 3 наоборот численность и биомасса микроводорослей увеличивалась с глубиной. Численность культивируемых бактерий была не высокая от 2 до 20,3 КОЕ/мл на среде РПА:10, наибольшие значения были получены для поверхностного слоя на станции 3. Бактерии из поверхностного слоя воды проявляли наибольшую казеиназную, фосфолипазную и амилолитическую активность.

Таким образом, в подледный период химический состав воды в районе пади Варначка изменялся не значительно как по глубине, так и на разном расстоянии от берега. Численность и биомасса микроводорослей были выше на прибрежной станции в поверхностном слое воды, как и численность культивируемых гетеротрофных бактерий.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта №18-34-00461.

Yermolaeva N.I.[1], Zarubina E.Yu.[1], Bezmaternykh D.M.[1], Strakhovenko V.D.[2], Taran O.P.[3], Romanov R.E.[1, 4], Ovdina E.A.[2]

THE ROLE OF AQUATIC ORGANISMS IN THE FORMATION OF THE PHYSICO-CHEMICAL ENVIRONMENT IN AQUATIC ECOSYSTEMS (ON THE EXAMPLE OF THE SMALL LAKES OF THE NOVOSIBIRSK REGION)

[1]Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Molodezhnaya str., 1
[2]V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, pr. Ak. Koptyuga, 3
[3]G.K. Boreskov Institute of Catalysis SB RAS, Novosibirsk, pr. Akademika Lavrent'eva, 5
[4]Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Zolotodolinskaia str., 101
hope413@mail.ru

The structure and features of functioning phyto – and zoocenoses and their communication with abiotic factors in polytypic lakes of the South of Western Siberia are studied. It is shown that the stream of the autochthonic organic substance makes from 3 to 74% of the mass of a sedimentary stream. The high role of phytoplankton, especially during "water blossoming", and macrophytes in formation of hydrochemical parameters of the environment is noted. It is shown that zooplankton is one of the main regulators of a stream of phosphorus, nitrogen and organic carbon from water to bottom. The zoobenthos play an important role in circulation of organic substances between ground deposits and water. The received results have allowed to make the conclusion about a significant role of hydrobionts in formation of physical and chemical composition of water and ground deposits.

The reported study was funded by IWEP SB RAS according to the research project № 0383-2016-0003 “Spatial-Temporal Organization of Aquatic Ecosystems and Assessment of Impact of Natural/Anthropogenic Factors on Hydrobiocenoses Formation and Surface Water Quality in Ob Basin and Ob-Irtysh Interfluve” with partial financial support by grant of RFBR № 16-05-00132 A and 17-05-00404 A.

Ермолаева Н.И.[1], Зарубина Е.Ю.[1], Безматерных Д.М.[1], Страховенко В.Д.[2], Таран О.П.[3], Романов Р.Е.[4], Овдина Е.А.[2]

РОЛЬ ГИДРОБИОНТОВ В ФОРМИРОВАНИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ (НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ ОЗЕР НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ)

[1]Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1
[2]Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск, просп. акад. Коптюга, 3
[3]Институт катализа им. Г.К.Борескова СО РАН, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5
[4]Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101
hope413@mail.ru

Выявление закономерностей функционирования водных экосистем, их продуктивности и устойчивости по отношению к факторам среды - одна из фундаментальных проблем водной экологии. Большинство естественнонаучных работ рассматривает биотическую структуру экосистем как результат воздействия комплекса внешних факторов. С недавнего времени наблюдается тенденция перестройки этих представлений. Новые парадигмы в экологии, эволюции, палеонтологии и биогеографии все чаще подчеркивают, что разнообразие не является просто продуктом абиотической среды, так как организмы сами регулируют физико-химическое состояние экосистемы (Jones et al., 1994; Wright, Jones, 2006; Cardinale et al., 2011; Levandowska et al., 2016), потоки элементов и биогеохимические циклы (Sterner, Elser, 2002), эффективность поглощения биогенов и преобразование их в живую биомассу

и органическое вещество (Tilman, 2000; Naeem, 2002; Hooper et al., 2005).

Для выяснения роли гидробионтов в формировании физико-химических условий среды обитания коллектив авторов с 2012 года проводит комплексные исследования водных экосистем Сибири. Основное направление исследований – изучение состава, структуры и особенностей функционирования фито- и зооценозов и их связь с абиотическими факторами. Исследования охватывают основные звенья трофической цепи: фитопланктон, макрофиты, зоопланктон, зообентос. Особое внимание уделяется исследованиям первичнопродукционных и деструкционных процессов в озерах. Параллельно с изучением гидробиологических проводятся исследования и абиотических характеристик водоемов: морфометрия озер, химический состав воды и донных отложений. Всего изучено более 20 разнотипных озер, расположенных в подтаежных и лесостепных ландшафтах Западной Сибири. По уровню трофности исследованные озера относятся к олиго-, мезо- и эвтрофным, по степени минерализации от олигогалинных (0,5-4,0 г/л) до полигалинных (до 30 г/л). Для определения состава и обилия осаждающейся озерной взвеси и оценки потока вещества на единицу площади дна в ряде озер поставлены эксперименты с седиментационными ловушками. Рассчитан вклад основных групп автотрофных организмов (фитопланктона, фитоперифитона, макрофитов) в первичную продукцию озер, а также вклад гетеротрофных организмов (зоопланктона, зооперифитона и зообентоса) в круговорот органического вещества в озерах.

Оценка биотической составляющей седиментационного процесса в озерах юга Западной Сибири показала, что поток автохтонного органического вещества составляет от 3 до 74% от общей массы седиментационного потока. Все звенья пищевой цепи активно извлекают из воды азот и фосфор, снижая количество органических веществ в воде и повышая их содержание в донных отложениях. Вклад фитопланктона в потоки органического вещества особенно значителен в период «цветения» сине-зеленых водорослей, в результате которого происходит изменение концентрации кислорода, углекислого газа и растворенного углерода, pH среды. Многие виды сине-зеленых водорослей являются азотфиксирующими и их массовое развитие приводит к обогащению водной экосистемы соединениями азота (Ермолаева и др., 2016).

Активным средообразующим фактором является высшая водная растительность. Массовое развитие макрофитов в литорали определяет бюджет органического углерода для бактерио-, фито- и зоопланктона, регулирует содержание соединений азота в воде и донных отложениях. В донных отложениях озер со сплавинным и массивно-зарослевым типами зарастания и доминированием *Phragmites australis* (Cav.) Trin ex Steud., *Typha angustifolia* L., *Carex acuta* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Potamogeton pectinatus* L. и *P. perfoliatus* L. отмечено наибольшее содержание $C_{орг.}$ и $N_{орг}$.

Значительный вклад в формирование физико-химических параметров среды в малых озерах вносит зоопланктон. Ветвистоусые рачки экскретируют в донные отложения биогенные элементы, которые уже не включаются в круговорот. Развитие крупных фильтрующих Cladocera способствует осаждению фосфора карбоната кальция, тогда как высокая продукция Copepoda (как хищных форм, так и детритофагов) обеспечивает повышенное содержание азота и органического углерода в донных осадках (Страховенко и др., 2014).

Зообентос играет важную роль в круговороте органических веществ между донными отложениями и водой. В исследованных озерах продукция бентоса, включающаяся в формирование органического вещества донных отложений, составляет от 0,09 до 16,5 г/м^2 за вегетационный сезон (в год), что показывает его невысокий вклад по сравнению с планктоном и высшей водной растительностью. Общее содержание органического вещества в донных отложениях озер изменяется от 15 до 88%. Компонентный состав органического вещества донных отложений исследованных озер представлен битумоидами, углеводным комплексом (гемицеллюлозы и целлюлоза), гуминовыми веществами (гуминовые кислоты и фульвокислоты), негидролизуемым остатком. Большую часть органической компоненты составляют гуминовые вещества (до 70%). В озерах со слабым развитием макрофитов и преобладанием планктона при минерализации в диапазоне от 10 до 30 г/л и $8.5 \leq pH \leq 9.5$ в озерах образуется планктонный сапропель, обогащенный аминокислотами, моносахарами, витаминами группы В. В макрофитных озерах с более низкой минерализацией и pH в донных отложениях во фракции легкогидролизуемых веществ наблюдаются более высокие концентрации целлобиозы – продукта гидролиза целлюлозы, а также производных гемицеллюлоз – галактозы, арабинозы и ксилозы.

Полученные результаты позволяют сделать заключение о значительной роли гидробионтов в формировании физико-химического состава воды и донных отложений.

Работа выполнена в рамках Научной программы 134.1. «Исследование палео- и современных изменений состояния водоемов и водотоков Сибири, анализ природных и антропогенных изменений для стратегии охраны, использования и обеспечения безопасности водных ресурсов Сибири» при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-05-00404.

Yurlova N.I.[1], Ponomareva N.M.[1], Kanaya G.[2], Urabe M.[3], Shikano S.[4]

BIOMASS OF FRESHWATER TREMATODE CERCARIAE: A POTENTIAL PART OF ENERGY FLOW IN ESTUARINE ECOSYSTEM

[1]Institute of Systematics and Ecology of Animals, SB RAS, Novosibirsk, Russia
[2]National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Japan
[3]School of Environmental Science, the University of Shiga Prefecture, Hikone, Japan
[4]Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, 41 Kawauchi, Sendai, Japan
yurlova@ngs.ru

Despite the recognition of the importance of parasites in ecosystem structure and function has increased in last two decades, the study of energetic in freshwater ecosystems has largely omitted the role of infectious agents. In lake

ecosystems, which are the most common type of inland waters, the biomass of parasites is still generally underestimated and parasites have been underrepresented in food webs and ecological analyses.

We investigated the role of endoparasites (helminths) in wetland food webs in Chany Lake ecosystem at the south of Western Siberia from 2012 to 2015. Digenean trematodes dominated among endoparasites in the study area. To complete their complex life cycle, trematodes require the first intermediate snail host, the second intermediate hosts (invertebrates; sometimes vertebrates) and the vertebrates definitive hosts. In the first intermediate snail hosts, free-swimming, short-living infectious larvae (cercariae) develop and are released from snails into the water. We estimated the ecosystem-level of annual production and biomass of trematode cercariae associated with the first intermidiate snail host *Lymnaea stagnalis*, which is the dominant species in pulmonate snail community in Chany Lake. For the estimation of annual cercarial production and biomass, we used our data on the densities of infected snails at three sampling sites, daily cercarial output, and individual dry mass of each cercariae species. Besides the biomass of parasites, the biomass of snails and other free-living aquatic organisms were estimated.

The densities of *L. stagnalis* at three sampling sites varied from 6 to 50 snails/m^2. An average of 33.5% of mature snails was infected with one of nineteen registered trematode species. Our results show that the annual dry biomass of cercariae accounted for 37-50% (depends parasite species) of the dry biomass of snail host *L. stagnalis* including shell, and it is comparable to the dry biomass of benthic invertebrates excluding snails. Snails dominated among the benthic free living organisms across the sampling sites (4.8 g/m^2 in dry biomass).

For example, at the mid-summer in 2015 in estuarine part of Kargat River, the cercarial dry biomass of a common trematode species *P. multiglandularis* averaged 0.16 g/m^2 and was comparable with those of most of the nine registered taxonomic groups of free-living benthic invertebrates (e.g. Odonata – 0.4 g/m^2, Hirudinea – 0.2 g/m^2, Coleoptera – 0.2 g/m^2, Lepidoptera – 0.7 g/m^2) excluding snails. Every day all infected snails released numerous cercariae. The total biomass of cercariae makes a significant contribution to the total biomass and energy flow in lake ecosystems. The data on the annual production and biomass of cercariae can be used for the estimation of the energy flow associated with cercariae, a free-living form of trematode parasite in lake ecosystems.

Zabelina S.A.[1], Klimov S.Iv.[1], Chupakov A.V.[1], Pokrovsky O.S.[1, 2], Egorov A.V.[3], Guérin F.[2], Shirokova L.S.[1]

METHANE EMISSION FROM THE SURFACE OF CONTRAST BOREAL LAKES

[1]N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research RAS, Arkhangelsk
[2]Géosciences Environnement Toulouse, Université de Toulouse
[3]Shirshov P.P. Institute of Oceanology, RAS, Moscow

Methane (CH_4) emission from two lakes with contrasting hydrochemical (DOC 15-30 vs. 0,8-4,3 mg/L, Secchi transparency 2-3 vs. 12 m, conductivity 22-30 vs. 200-350 µS/cm for humic lake Temnoe and clear-water lake Svetloe, respectively) and catchment characteristics in the northern boreal zone (Arkhangelsk region) were studied in the spring after the ice melting. A characteristic feature of both lakes is the presence of a permanent anaerobic zone.

Methane emissions estimation from the surface of lakes is carried out by two different approaches: direct measurement by floating chambers and calculating the lake–atmosphere CH_4 fluxes from surface-water CH_4 concentrations using a wind-based model. The calculated values were compared with the measured fluxes.

The calculated values of diffusion CH_4 fluxes were comparable for both lakes and varied from 0.06 to 0.10 mmol CH_4/m^{2}d, with the maximum flux at the deep-water station of the lake Svetloe. The fluxes measured by the chamber method were higher than calculated for 1.4-2 times for Lake Temnoe and 3-50 times for Lake Svetloe. A clear-water lake with a lower DOC content had a significantly higher CH4 emission (0.33-3.08 mmol CH_4/m^{2}d) than the humic lake (0.124-0.130 mmol CH_4/m^{2}d). Low values of CH_4 fluxes from the lake Temnoe, probably, are connected with low availability of OM for methanogens. Despite the fact that lake Svetloe have the abnormally high concentrations of methane in monimolimnion, the chemocline microorganisms are an effective filter that prevents the release of methane into the atmosphere.

Забелина С.А.[1], Климов С.И.[1], Чупаков А.В.[1], Покровский О.С.[1, 2], Егоров А.В.[3], Guérin F.[2], Широкова Л.С.[1]

ЭМИССИЯ МЕТАНА С ПОВЕРХНОСТИ КОНТРАСТНЫХ БОРЕАЛЬНЫХ ОЗЕР

[1]Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики, им. академика Н.П. Лаверова РАН, Архангельск, Набережная Сев. Двины, 23
[2]Géosciences Environnement Toulouse, Université de Toulouse 14 Avenue 10 E. Belin, F-31400 Toulouse, France
[3]Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Нахимовский проспект, 36
svetzabelina@gmail.com

Исследования последних десятилетий показали значимость малых озер в общем бюджете метана (CH_4), однако пространственно-временные вариации величин потока и недостаток знаний об экологических факторах, их контролирующих, вносят значительную неопределенность в региональный и глобальный бюджеты CH_4.

Целью данной работы являлось изучение эмиссии метана в весенний период после таяния льда с поверхности двух сходных по морфометрии бореальных озер Архангельской области (Светлое и Темное) с контрастными гидрохимическими условиями. Площадь озер Светлое и Темное составляет 0,149 и 0,094 км^2, максимальная глубина 39 и 37 м, соответственно. Характерной особенностью данных

озер является наличие постоянной анаэробной зоны. Объекты контрастны по содержанию растворенного органического углерода (РОУ) из-за особенностей водосбора (заболоченность, площадь). В озере Темное РОУ, в основном, аллохтонной природы 15-30 мг/л; pH 5,70-6,50; удельная электропроводность 22-30 мкСм/см; прозрачность по диску Секки 2-3 м. В озере Светлое РОВ, в основном, автохтонной природы 0,8-4,3 мг/л; pH 7,00-8,50; удельная электропроводность 200-350 мкСм/см; прозрачность по диску Секки до 12 метров. Для озера Светлого доказан меромиктический статус железо-марганцевого типа. В результате сезонных исследований озера Светлое, нами были установлены аномально высокие концентрации CH_4 в монимолимнионе, которые близки к наибольшими из зафиксированных в природных водах, и сравнимы с содержанием в вулканическом озере Киву.

Полевые исследования проводились в мае 2013 г. Оценка эмиссии метана с поверхности озер проведена двумя методами: прямое измерение потока методом плавающих камер и расчет диффузионного потока на границе вода-атмосфера из концентрации растворенного в воде CH_4 с применением пограничной диффузионной модели, учитывающей коэффициент переноса газа и скорость ветра (wind-based model). Расчетные значения сравнивались с измеренными потоками.

Расчетные величины потоков CH_4 были сравнимы для обоих озер и варьировали от 0,06 до 0,10 ммоль CH_4 /м^{2}сут, с максимальным потоком на глубоководной станции оз. Светлое. Потоки, измеренные камерным методом, были выше рассчитанного в 1,4-2 раза для озера Темное и в 3-50 раз – для озера Светлое. Интересен тот факт, что прозрачное озеро с меньшим содержанием РОУ имело значительно более высокую эмиссию CH_4 (0,33-3,08 ммоль CH_4 /м^{2}сут), чем гумифицированное озеро (0,124-0,130 ммоль CH_4 /м^{2}сут). Поток метана с поверхности озера Светлое показал значительную пространственную изменчивость и варьировал в 4-9 раз в зависимости от места установки камеры. Наименьшие значения измеренного потока были получены на глубоководной станции, наибольшие - на мелководной, дно которой было колонизировано бентосными микробными матами. В озере Темное поток метана не зависел от места постановки камеры и глубины.

Высокие значения потоков метана, полученных камерным методом, связаны с дополнительным вкладом транспорта CH_4 через погруженную растительность и пузырьковым потоком, в дополнение к диффузионным. Низкие величины потока CH_4 из оз. Темное вероятно связаны с труднодоступностью ОВ для метаногенов. Несмотря на то, что в оз. Светлое выявлены аномально высокие концентрации метана в монимолимнионе, микроорганизмы хемоклина являются эффективным фильтром, препятствующим выходу метана в атмосферу.

Исследование выполнено при финансовой поддержке ФАНО России в рамках темы №0409-2015-0140 «Комплексные исследования биотических и абиотических компонентов водных экосистем водосборного бассейна Белого и юго-востока Баренцева морей» и гранта РФФИ _№17-05-00342_а.

Zaidykov I.Yu., Bukin Yu.S., Naumova E.Yu., Kirilchik S.V., Sukhanova L.V.

PHYLOGENETIC RELATIONSHIPS AND RECONSTRUCTION OF THE POPULATION HISTORY OF ASIAN REPRESENTATIVES OF THE GENUS *EPISCHURA* (COPEPODA, CALANOIDA)

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
igorrock11@gmail.com

The main demographic and phylogenetic events were reconstructed for two related species of copepods: *Epischura baikalensis* Sars, 1900 (Copepoda, Calanoida), a key endemic species of Lake Baikal plankton community, and *Epischura chankensis* Rylov, 1928, a key species of zooplankton from Lake Khanka. For the reconstruction, we analyzed mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I gene (COI) with the BEAST software package (Drummond et al., 2012), taking into account the calibrations used for copepods (Knowlton, Weight, 1998; Schubart, Diesel, 1998).

The molecular clock indicates a continued existence of representatives of the genus *Epischura* for at least 8 million years in Asia: the divergence time between species was determined as 12.25 million years (CI: 8.85-23.66 My). The time to the most recent common ancestors of the populations dated back to 0.47 My (CI: 0.41-1.02 My) and 0.55 My (CI: 0.45-1.18 My) for *E. baikalensis* and *E. chankensis*, accordingly. Historical changes of the effective population size for analysed species can be associated with common global climate changes occurring on the Planet.

This work was supported by the Limnological Institute SB RAS “Molecular Ecology and Evolution” (no. 0345-2016-0002).

Зайдыков И.Ю., Букин Ю.С., Наумова Е.Ю., Кирильчик С.В., Суханова Л.В.

ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ИСТОРИИ АЗИАТСКИХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *EPISCHURA* (COPEPODA, CALANOIDA)

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3
igorrock11@gmail.com

На основе анализа полиморфизма нуклеотидных последовательностей первой субъединицы гена цитохром оксидазы (COI) митохондриальной ДНК (мтДНК) при использовании программного пакета BEAST (Drummond et al., 2012) и с учетом калибровок, используемых для веслоногих ракообразных (Knowlton, Weight, 1998; Schubart, Diesel, 1998) проведена реконструкция основных демографических и филогенетических событий для двух родственных видов веслоногих ракообразных (Copepoda) рода *Epischura*:

E. baikalensis обитает в большом, древнем, самом глубоком в мире озере Байкал, где занимает ключевое место в зоопланктоне пелагиали открытых вод, является эндемиком озера.

E. chankensis довольно широко распространена в бассейне реки Амур и известна из озера Ханка, а так же пойменных озер Амура, отмечалась и в самом Амуре. В работе анализировалась популяция из дальневосточного озера Ханка, где вид занимает одну из ключевых позиций в зоопланктонном сообществе.

Время до общего предка для *E. baikalensis* и *E. chankensis* составило 12,25 млн. лет (95% доверительный интервал (ДИ): 23,66-8,85 млн. лет), что говорит о продолжительном не менее 8 млн. лет существовании представителей рода *Epischura* на территории Азии. Время до общего предка для популяции *E. baikalensis* составило 0,47 млн. лет (95% ДИ: 1,02-0,41 млн. лет), а для *E. chankensis* из озера Ханка 0,55 млн. лет (95% ДИ: 1,18-0,45 млн. лет). Время до общего предка для *E. chankensis* – это время расхождения на две группы, выявленные ранее (Зайдыков, 2018), которые, повидимому, какое-то время существовали изолированно друг от друга, а потом опять соединились в одну популяцию.

Популяция *E. baikalensis* и обе группы *E. chankensis* прошли через период резкого увеличения численности: 350 - 250 тыс. лет назад для *E. chankensis* и 200-150 для *E. baikalensis*. До этого популяции имели сравнительно небольшие размеры. Выявленные демографические изменения могут быть связаны с чередованием периодов ледниковий и межледниковий плейстоцена, и, в частности, с Самарской (Шмаковской) ледниковой эпохой, которая имела место 300-250 тыс. лет назад. На Дальнем Востоке с обозначенной ледниковой эпохой соотносят появление в Ханкайской котловине единого водоема, до этого момента здесь существовали небольшие отдельные озера, которые могли быть местом обитания изолированных групп *E. chankensis* (Павлюткин, 2004). На Байкале данная ледниковая эпоха связана с максимальным из зафиксированных в среднем плейстоцене оледенением, которое так же могло оказать значительное влияние на размеры популяции *E. baikalensis* (Мац и др., 2001).

Работа выполнена в рамках проекта ЛИН СО РАН «Молекулярная экология и эволюция …» (0345–2016–0002, №АААА-А16-116122110066-1).

Zayakina S.B., Shavekin A.S., Leonova G.A., Maltsev A.V.

POSSIBILITIES OF A MULTICOMPONENT METHOD OF HIGH-TIME RESOLUTION EMISSION SPECTROMETRY ON THE EXAMPLE OF BOTTOM SEDIMENT ANALYSIS OF LAKE KOTOKEL

Institute of Geology and Mineralogy of Academician V.S. Sobolev SB RAS, 630090 Novosibirsk, pr. Koptyuga 3
zayak@igm.nsc.ru

Modern atomic-emission spectral analysis, as a continuously developing field of analytical chemistry, is a powerful tool for determining the elemental composition of matter. The development of the instrumental base of atomic emission spectral analysis, the use of new sources of spectra excitation, the introduction of computerization of the entire process of analysis and processing of the results make it possible to solve quickly and reliably most of the tasks posed to geochemists and analysts.

The peculiarity of the developed method lies in the fact that it allowed us to conduct atomic emission spectral analysis simultaneously in two ways: traditional, integral and developed by us kinetic, with a time resolution of up to 4 ms. This provides a powerful tool for geochemists not only to determine the quantitative content of analytes in the sample, but also information on the distribution of elements in the sample.

The study was carried out on an automated installation of the Grand Potok, developed and manufactured by VMK-Optoelectronics LLC (Novosibirsk). The Atomic-Emission Complex Grand-Potok is designed to perform an express determination of the composition of powder samples of natural and industrial origin. It consists of a Fireball 40A v3 current generator with a power of 4 kW and a Grant spectrometer with an MAES analyzer, a high time resolution of 4 ms. The built-in computer program allows you to select the mode of operation of the generator, the sample conveyor and the additional sample stirring module. The device allows to carry out emission spectral analysis of solid-phase disperse samples both in the normal regime and by the scintillation method, which is provided by a special addition in the Atom program.

The sample, which is in the powder state, is fed into the electric arc arising between the graphite electrodes.

The weight of the sample was 50 mg, the time of full exposure was 15 s, the time of the base exposure in the scintillation mode was 4 ms.

Advantages of the method of “pouring” between the horizontal coal arc: the express, economical, the possibility to analyze the representative sample, the ease of maintenance.

The using of a modern system for recording spectra with a high temporal resolution provides fundamentally new possibilities for the study of matter.

The software "Atom" manages all devices of the complex of atomic-emission spectral analysis; display of registered spectra at any scale (overview of the entire spectrum, spectral region, separate line), alignment of images of several spectra for visual comparison, display of calibration graphs and result tables, statistical processing of analysis results.

The method makes it possible to trace the kinetics of the arrival of microimpurities of the sample into the plasma and to establish the correlation of individual groups of signals with the mineral composition of the sample.

The composition of samples of bottom sediments of Lake Kotokel was studied using the developed method, the clear advantage of which is the absence of chemical sample preparation. Direct atomic emission analysis determined 20 elements with a content of between 0.1 and 100 ppm. A standard BIL-1 composition sample developed by Irgeokhi SB RAS and a standard sample of the composition of the graphite collector of trace impurities SOG-28, (GSO 7751-2000), produced by the Russian Arbitration Laboratory for Testing Ma-

terials of Nuclear Power Engineering of the Ural State Technical University, were used to build the calibration charts. During the analysis, analytical lines were chosen taking into account possible overlapping of the accompanying elements. The results of the analyzes by the atomic-emission method used with a high probability coincide with the results of the analysis of these samples by the atomic absorption method, which requires complex and prolonged chemical sample preparation. Simultaneous recording of spectra with a high temporal resolution made it possible to estimate the mineral composition of the sample and to estimate the particle sizes.

Заякина С.Б., Шавекин А.С., Леонова Г.А., Мальцев А.В.

ВОЗМОЖНОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО МЕТОДА ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ ВЫСОКОГО ВРЕМЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗОВ ДОННЫХ ОСАДКОВ ОЗЕРА КОТОКЕЛЬ

Институт геологии и минералогии им. акад. В.С. Соболева СО РАН,
630090 Новосибирск, пр. Коптюга 3
zayak@igm.nsc.ru

Современный атомно-эмиссионный спектральный анализ, как непрерывно развивающаяся область аналитической химии, является мощным инструментом для определения элементного состава вещества. Развитие приборной базы атомно-эмиссионного спектрального анализа, применение новых источников возбуждения спектров, внедрение компьютеризации всего процесса анализа и обработки результатов позволяют быстро и надежно решать большинство задач, поставленных перед геохимиками и аналитиками.

Особенность разработанного метода заключается в том, что он позволил проводить атомно-эмиссионный спектральный анализ одновременно двумя способами: традиционным, интегральным и разрабатываемым нами кинетическим, с временным разрешением до 4 мс. Это дает мощный инструмент геохимикам не только для определения количественного содержания аналитов в пробе, но и информацию о распределении элементов в пробе.

Исследование проводили на автоматизированной установке «Гранд-Поток», разработанной и изготовленной ООО «ВМК-Оптоэлектроника» (г. Новосибирск). Атомно-эмиссионный комплекс «Гранд-Поток» предназначен для проведения экспресс определения состава порошковых проб природного и промышленного происхождения, состоит из генератора тока Fireball 40A v3, мощностью 4Квт и спектрометра Грант с анализатором МАЭС, высокого временного разрешения 4 мс. Встроенная компьютерная программа позволяет выбирать режим работы генератора, транспортера подачи проб и модуля дополнительного взмучивания проб. Установка позволяет проводить эмиссионный спектральный анализ твердофазных дисперсных проб как в обычном режиме, так и сцинтилляционным способом, что обеспечивается специальным дополнением в программе «Атом». Образец, находящийся в порошкообразном состоянии, подается в электрическую дугу, возникающую между графитовыми электродами. Масса навески составляла 50 мг, время полной экспозиции 15с, время базовой экспозиции в сцинтилляционном режиме 4 мс. Преимущества метода «просыпки» между горизонтальной угольной дугой: экспрессность, экономичность, возможность проанализировать представительную навеску, простота обслуживания. Применение современной системы регистрации спектров с высоким временным разрешением, что дает принципиально новые возможности для исследования вещества. Программное обеспечение «Атом» осуществляет управление всеми приборами комплекса атомно-эмиссионного спектрального анализа; отображение зарегистрированных спектров в любом масштабе (обзор всего спектра, участка спектра, отдельной линии), совмещение изображений нескольких спектров для визуального сравнения, отображение градуировочных графиков и таблиц результатов, статистическую обработку результатов анализа. Метод позволяет проследить кинетику поступления микропримесей пробы в плазму и установить корреляцию отдельных групп сигналов с минеральным составом пробы.

Состав проб донных осадков оз. Котокель изучен с применением разработанного метода, явным преимуществом которого является отсутствие химической пробоподготовки. Прямым атомно-эмиссионным анализом определено 20 элементов с содержанием на уровне от 0.1 до 100 ppm. Для построения градуировочных графиков применялись стандартный образец состава БИЛ-1, разработанный Иргеохи СО РАН, и стандартный образец состава графитового коллектора микропримесей СОГ-28, (ГСО 7751-2000), выпускаемый Российской арбитражной лабораторией испытания материалов ядерной энергетики Уральского государственного технического университета. При проведении анализа аналитические линии выбирались с учетом возможных наложений сопутствующих элементов. Результаты анализов применяемым атомно-эмиссионным способом с высокой вероятностью совпадают с результатами анализа этих проб атомно-абсорбционным методом, который требует сложной и длительной химической пробоподготовки. Одновременная регистрация спектров с высоким временным разрешением позволила оценить минеральный состав пробы и оценить размеры частиц.

Zinnatova E.A., Frolova L.A.

PALEOLIMNOLOGICAL RESEARCHS OF THERMOKARST WATER BODIES IN THE NORTH OF THE KRASNOYARSK REGION ON THE BASIS OF ANALYSIS OF RECENT CLADOCERA COMMUNITIES

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Kremlevskaya str., 18
zinnatova.1994@mail.ru

Of particular interest are studies of Arctic and subarctic ecosystems, due to lakes of current zones are exposed to minimal anthropogenic influence. Our research was conducted to study the composition of cladoceran community of lakes in the Khatanga River basin using paleoecological methods. We identified 20 cladoc-

eran taxa from the sediments, consisting primarily of littoral chydorid species. Most abundant taxa were, *Chydorus* cf. *sphaericus*, *Eubosmina longispina*, *Daphnia longispina*. Palaearctic and Holarctic species, belonging to the number of littoral species, are dominate in the reservoir. The average value of the Shannon index was 2.41, that allows to classify lakes as moderately polluted. The average value of the Pielu index was 0.80, that indicates the proximity to stable and aligned community structure.

Зиннатова Э.А., Фролова Л.А.

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ВОДОЕМОВ СЕВЕРА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕЦЕНТНЫХ СООБЩЕСТВ CLADOCERA

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, ул. Кремлевская, 18
zinnatova.1994@mail.ru

Озерные донные отложения являются великолепными палеоэкологическими и палеоклиматическими архивами. В них с хорошим разрешением записаны изменения климата, геомагнитного поля и других событий эволюции окружающей среды в целом за последние тысячелетия (Нургалиев, 2009). Остатки рецентных и субфоссильных водных растений и животных, таких как диатомовые водоросли, хирономиды, остракоды и Cladocera, в донных отложениях озер достаточно широко используются для палеореконструкций экологических условий прошлого (Kattel et al., 2007; Kienast et al., 2011). Изучение озерных отложений позволяет воссоздать детальную картину смены абиотических и биотических условий в озере и его окрестностях. Среди палеоиндикаторов все большую популярность приобретает анализ донных отложений на основе остатков ветвистоусых ракообразных. Хитиновые части экзоскелета Cladocera (головные щиты карапаксы, постабдомены, постабдоменальные коготки, мандибулы, и пр.) позволяют идентифицировать обнаруженные остатки до различных таксономических рангов (Frolova, 2016). Кладоцерный анализ часто дает более полное представление о составе кладоцерного сообщества, чем долгие гидробиологические наблюдения.

Нами были исследованы поверхностные донные отложения 20 озер бассейна реки Хатанга севера Красноярского края. Хатанга протекает по Северо-Сибирской низменности в юго-восточной части полуострова Таймыр в широкой долине, разбиваясь на рукава и впадает в Хатангский залив моря Лаптевых. Большинство озер являются мелководными (средняя глубина 6,45 м) и относительно небольшими (средняя площадь 0,04 км^2). pH варьирует от 5.09 до 8,02 (среднее значение 6.82). Анализ ионного состава показал, что в катионах с HCO3 – в качестве первичного аниона преобладали Ca2+ и Mg2+. Удельная электропроводность между озерами варьировала от 30.5 до 183.2 мкСм/см (среднее значение 54,2) (Фролова и др., 2017).

В рамках российско-германской экспедиции «Хатанга-2011» были отобраны поверхностные донные отложения, а также гидрохимические и морфометрические данные 20 озер бассейна реки Хатанга. Обработка проб проводилась по стандартной методики. Для идентификации использовались как современные специализированные определители рецентных Cladocera (Szeroczyńska, Sarmaja-Korjonen, 2007; Фролова, 2011; Korosi, Smol, 2012), так и определители современных Cladocera (Smirnov, 1971; Alonso, 1996; Flössner, 2000; Kotov et al., 2010). Микроскопирование и определение субфоссильных остатков Cladocera проводилось с использованием светового микроскопа Axio Lab A1. При подсчете остатков карапаксов за один экземпляр Cladocera принимались две обнаруженные в грунте створки раковины. В каждой пробе было идентифицировано минимум 200 остатков Cladocera.

В составе субфоссильного кладоцерного сообщества выявлено 20 таксонов, принадлежащих 5 семействам: Bosminidae (3), Daphniidae(3), Sididae (1), Macrothricidae (1), Chydoridae (12). В большем количестве были представлены виды семейства Chydoridae. Сообщество ветвистоусых ракообразных поверхностных донных отложений озер бассейна р. Хатанга характеризовались обилием в пробах видов: *Chydorus* cf. *sphaericus*, *Eubosmina longispina*, *Daphnia longispina*. Такие таксоны как, *Camptocercus lilljeborgi*, *Camptocercus fennicus*, *Eurycercus macracanthus* были найдены впервые для Красноярского края. По нашим данным, в водоемах преобладают виды, свойственные зонам палеарктики и голарктики. По биотипической принадлежности большинство ветвистоусых ракообразных в исследованных озерах принадлежали к литоральным видам, встречающихся среди макрофитов. Во всех озерах кладоцерные сообщества достаточно богаты и разнообразны с относительно устойчивой структурой.

Индекс Шеннона, показатель биоразнообразия и трофического состояния экосистемы, варьировал между 1,66 и 3,01, в среднем-2,41, что характерно для олиготрофных β-мезотрофных условий. Среднее значение индекса Пиелу составило 0,80, что свидетельствует о приближенности к стабильной и выровненной структуре сообщества. Индекс видового разнообразия Симпсона варьировал от 0,53 до 0,85 (среднее значение 0,75), что свидетельствует о равномерном распределении видов в исследованных нами озерах.

Работа выполнена в рамках программы повышения конкурентоспособности Казанского федерального университета и при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-05-00406).

Zuyev Y.

DISTRIBUTION OF ZOOBENTHOS OF LADOGA LAKE ON THE ROCKY LITTORAL

Federal State Budgetary Scientific Establishment "Berg State Research Institute on Lake and River Fisheries" (FSBSI "GosNIORH") Makarova nab. 26, St. Petersburg, Russia 199053
yzuyev@ya.ru

The littoral communities of Valaam island in Lake Ladoga were investigated. This area has common relief for northern part of the lake. The nearshore bottom consists of boulders and rocks (Stepanova et al.,

2016). The area was chosen because there is minimal anthropogenic impact there. Areas without aquatic macrophytes were preferred for the benthic investigation on the open parts of shore.

The detailed descriptions of littoral relief and grounds were made for definition optimal displace of benthic samples. A syringe-sampler was used for the sampling of zoobenthos (including mobile species) and the estimation of benthic abundance on hard and mix grounds (Zuyev, Zuyeva, 2013).

In total, 155 taxa were recorded in the bottom communities. Amphibiotic insects were the group with the highest taxonomic number. Chironomid larvae with 58 taxa and Trichoptera larvae with 19 taxa were the first and third diverse groups. Oligochaeta consisted of 29 taxa.

The abundance of zoobenthos changed from 570 to 21150 individuals·m^{-2} and a biomass – from 0,57 to 68,51 g·m^{-2}. The most of the benthic abundance (43%) belong to Chironomid larvae and more than 48% of benthos biomass formed by crustaceans. Large mollusks absented and all zoobenthos could be consumed by benthophage fish.

How well our research reflected taxonomic composition and quantitative characteristics of rocky littoral bottom communities have been tested by the method assessment of maximum theoretically possible number of species (Heltshe, Forrester, 1983; Chao, 1987). More than 85% of zoobenthos species composition on the all types of ground was defined correctly. The quantity characteristics of zoobenthos were compared with data getting from other samplers (Peterson grab, quantitative frame). The usable methods of investigation of rocky littoral better than the others has reflect quantitative characteristics practically all invertebrate groups on hard bottom including the well-swimming and hiding crustaceans. The exception was numerous small oligochaetes from Naididae family which no composing the significant part of biomass. The benthic abundance and biomass on the soft bottom were comparable with data getting by other samplers (Peterson grab, quantitative frame).

The littoral the bottom communities on different grounds reliable varied from each other by number of taxa (on sand– 21,0±4,5, on boulders – 11,0±3,0, on rocks – 10,0±1,2 taxa and so on). However, the depth and relief significantly affected on the quantity characteristics of zoobenthos. For the first time, the distribution data of many native (*Monoporeia affinis, Pallaseopsis quadrispinosa, Mysis relicta*) and invasive crustacean species (*Gmelinoides fasciatus*) across the whole littoral range have been obtained.

Зуев Ю.А.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООБЕНТОСА ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА НА КАМЕНИСТОЙ ЛИТОРАЛИ

Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга (ФГБНУ «ГосНИОРХ») 199053 Россия, Санкт-Петербург, набережная Макарова, д.26
yzuyev@ya.ru

Исследовались донные сообщества литорали о. Валаам в Ладожском озере. Это область с типичным, для северной части, озера рельефом. Выбор района был обусловлен минимальным антропогенным прессом. На открытом побережье для анализа факторов определяющих формирование донных сообществ выбирались участки без водной растительности. Для определения оптимального расположения станций сбора бентоса было выполнено подробное описание форм рельефа и типов грунта прибрежного свала до глубин 20–25 м. Поршневой пробоотборник использовался для количественного сбора макрозообентоса, включая подвижные виды, на твердых грунтах (Зуев, Зуева, 2013).

Всего в составе донных сообществ отмечено 155 таксона. Наибольшее количество таксонов отмечено среди личинок амфибиотических насекомых: среди личинок комаров-хирономид отмечено 58, а ручейников – 19 таксонов. Кольчатые черви (Oligochaeta) были представлены 29 таксонами, Численность зообентоса в пределах исследуемого района варьировала в диапазоне от 0,57 до 21,15 тыс. экз./$м^2$, биомасса – от 0,27 до 68,51 г/$м^2$. Наибольший вклад в численность осуществляли личинки комаров-хирономид (43%), в биомассу – ракообразные (48%). Крупные моллюски отсутствовали, и весь бентос относится к категории кормового для рыб-бентофагов.

С помощью методов оценки максимального теоретически возможного числа видов (Heltshe, Forrester, 1983; Chao, 1987) было проверено насколько предложенные методы отражают видовой состав и обилие донных сообществ каменистой литорали. Показано, что более 85% видового состава зообентоса на всех типах субстрата отражается достоверно. Полученные количественные характеристики были сопоставлены с данными полученными с помощью других орудий сбора (дночерпатель Петерсона, количественная учетная рамка). Используемый метод лучше других отражает обилие для практически всех групп беспозвоночных на твердых грунтах, включая хорошо плавающих ракообразных. В пределах литорали достоверно различались по числу таксонов бентосные сообщества, расположенные на различных грунтах (песок – 21,0±4,5, крупные камни – 11,0±3,0, скала – 10,0±1,2 и тд.). Однако, на количественные характеристики зообентоса большее влияние оказывало изменение глубины и рельефа дна. Данные о распределении многих реликтовых аборигенных (*Monoporeia affinis, Pallaseopsis quadrispinosa, Mysis relicta*) и чужеродных (*Gmelinoides fasciatus*) видов ракообразных в диапазоне всей литорали были получены впервые.

Zvereva Yu.M., Medvezhonkova O.V., Naumova T.V., Sheveleva N.G., Sorokovikova E.G., Timoshkin O.A.

INFAUNA ASSOCIATED WITH THE ENDEMIC SPONGE *LUBOMIRSKIA BAICALENSIS* (PALLAS, 1771) IN A PERIOD OF ECOLOGICAL CRISIS IN LAKE BAIKAL

Limnological institute SB RAS, Irkutsk, Russia
zvereva@lin.irk.ru

Our investigation was conducted during a period of ecological crisis in the Lake Baikal coastal zone. One of the crisis consequences was mass disease and mortality of the endemic sponges *Lubomirskia baicalensis* (Pallas, 1771)

affecting the entire lake. *L. baicalensis* specimens were subdivided into 3 groups depending on type and level of their body damage: "healthy" (1), diseased (2), and dead (3). Sampling was carried out quarterly from December 2015 through September 2016 at two stations those are located in the Southern basin of Lake Baikal: near Berezovy Cape and Chernaya Bay. A total of 31 sponge specimens were collected by SCUBA divers from depths ranging between 5-9 m. We revealed that infauna in the "healthy" group was almost absent. In the diseased group, quantitative characteristics of the fauna multi-fold increased, and varied in relation to the body damage type. The parts of diseased sponges without visible damage were inhabited by communities with an average abundance of 13 ind./dm^2, and consisted of Oligochaeta, Nematoda, Harpacticoida, and Chironomidae. In the sponges with destroyed tissues, the average abundance of infauna was 1300 ind./dm^2, while Harpacticoida, Tardigrada, Cyclopoida, Oligochaeta were predominant. The largest concentration of animals (18293 ind./dm^2) was observed in spots on the sponge's surface that were covered by filamentous cyanobacteria. Nematodes solely dominated such spots. In the dead sponge, numerous and the most diverse communities were noted. The average abundance of infauna there was 4767 ind./dm^2, with the predominance of Nematoda, Tardigrada, Turbellaria, and Oligochaeta.

The present study confirms that infauna is uncharacteristic for healthy *L. baicalensis*. The beginning of disease leads to a deterioration of the sponge body and presents an opportunity for the development of a taxonomically rich and numerous community inside the body. The highest density of invertebrates was observed in the fouling formed by *Tychonema* sp. with some other filamentous cyanobacteria.

Financial support was provided by the State Project of SB RAS №АААА-А16-116122110067-8.

Зверева Ю.М., Медвежонкова О.В., Наумова Т.В., Шевелева Н.Г., Сороковикова Е.Г., Тимошкин О.А.

ИНФАУНА, АССОЦИИРОВАННАЯ С ЭНДЕМИЧНОЙ ГУБКОЙ *LUBOMIRSKIA BAICALENSIS* (PALLAS, 1771) В ПЕРИОД ЕЕ МАССОВОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

Лимнологический Институт СО РАН, Иркутск, Россия
zvereva@lin.irk.ru

Исследования проводились в период экологического кризиса прибрежной зоны озера Байкал, одно из крупномасштабных проявлений которого – массовая заболеваемость и гибель эндемичных ветвистых губок *Lubomirskia baicalensis* (Pallas, 1771) (Timoshkin et al., 2016). Губки в зависимости от типа и степени повреждений тела были разделены на 3 группы: условно здоровые (1); больные (2); мертвые (3). На первом этапе работы для губок из каждой группы были изучены количественные показатели и видовой состав мейобентосных животных, которые обитают внутри тела губок (инфауна). Материал отбирали на двух станциях (в окрестностях м. Березовый и пади Черная, Южный Байкал) с декабря 2015 по сентябрь 2016 г. ежеквартально, в диапазоне глубин 5-9 м, с помощью легкого водолазного снаряжения.

Выявлено, что в группе условно здоровых губок инфауна практически отсутствует, а в больных губках ее количественные характеристики многократно возрастают и варьируют в зависимости от типа повреждения. Участки больных губок без видимых повреждений населены сообществами со средней численностью 13 экз./дм^2, состоящими из олигохет, нематод, гарпактицид и хирономид. В участках тела губки с разрушенными мягкими тканями средняя численность инфауны составляет 1300 экз./дм^2, а доминирующими группами являются гарпактициды, тихоходки, циклопы и олигохеты. Наибольшая концентрация фауны наблюдается в местах развития обрастаний с участием нитчатых цианобактерий (в среднем 18293 экз./дм^2). Здесь развиваются сообщества с доминированием нематод. На мертвых губках отмечены наиболее разнообразные сообщества с высокой численностью организмов (4767 экз./дм^2) и доминированием среди них нематод, тихоходок, турбеллярий и олигохет. Наше исследование подтверждает, что для здоровых губок инфауна в норме нехарактерна, а заболевшие губки становятся доступным субстратом для развития инфауны благодаря разрушению мягких тканей. Деградация губок сопровождается образованием на их поверхности биопленок и обрастаний, а также ведет к развитию в этих обрастаниях сообществ беспозвоночных с наибольшей плотностью.

Финансовая поддержка исследования осуществлялась за счет госбюджетного проекта №АААА-А16-116122110067-8.

Zhdanov A.A., Gnatovsky R.Yu., Blinov V.V., Granin N.G.

METHODICAL JUSTIFICATION OF GEOSTROPHIC CURRENTS ESTIMATION FOR THE PURE BAIKAL WATER CONDITIONS.

Limnological institute SB RAS, Irkutsk, Russia
listandy@mail.ru

At present time, interest in the data on the currents of the lake Baikal, obtained without the installation of buoy stations has increased, primarily purely for economic reasons. On the basis of data on the distribution of water temperature obtained using high-precision probes (such as SBE-25 and others), geostrophic currents can be calculated.

For Baikal, the first works on geostrophic currents were carried out in the 1970s by V.A. Krotova (1970). According to the data on the temperature of water obtained by deep-water thermometers, using the dynamic method, she calculated the flow velocities of the upper layer of the lake.

Later, the dynamic method was almost not used for Lake Baikal, until the works of Chen and Millero (1978) for the equation of state of sea water appeared. Since 1981 this equation has been called UNESCO (United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization) (1981) and for 30 years it has been successfully used for the needs of thermohydrodynamics. For pure water, the equation was adapted by Chen-Millero

(1977). Unfortunately, for very pure Baikal waters this equation was not directly applicable. It was necessary to carry out special experiments *in situ*, and to obtain empirical equations that take into account the influence of temperature and pressure on the electrical conductivity (Hohman et al., 1997; Blinov et al., 2006). In addition, even in the 1980s, a number of questions arose in other reservoirs of practicing limnologists about the applicability of the Chen-Millero equation of state in individual cases.

In order to eliminate inconsistencies in the Chen-Millero equation, as well as a more comprehensive coverage of data throughout the World Ocean, SCOR (Scientific Committee on Oceanic Research) and IAPSO (International Association for the Physical Sciences of the Oceans) established the WG 127 Working Group on Thermodynamics and the equation of state of sea water. The task of the group was to develop recommendations for updating, expanding and improving the EOS-80 (Equation of Seawater). Unlike EOS-80, all the equations in hydrodynamics now use the free energy equation, which is based on the Gibbs equation (Wagner, 2002; Feistel, 2003; Feistel, 2008). In 2010, the results of the international project TEOS-10 (2010) (Thermodynamic Equation of Seawater) were published, which represent a package of programs and are positioned as final and all-encompassing.

Currently, to solve the problems associated with the use of the equation of state of water, all overseas oceanographers and limnologists use data from the TEOS-10 project.

When carrying out calculations for Baikal waters using the TEOS-10 software package, it turned out that, like with the Chen-Millero equation, problems arise. Therefore, it was decided to conduct methodological work comparing the different methods for calculating geostrophic currents.

The results of methodical work have shown that the use of TEOS-10 for the calculation of geostrophic currents in Lake Baikal is unacceptable. In order to obtain correct results in TEOS-10, it is necessary to make changes in the programs for calculating the geopotential anomaly. In calculating the geopotential anomaly for the ocean, an anomaly of the specific volume is used, calculated as the difference in specific volume at a temperature of 0°C and standard sea salinity of 35.16504 g/kg and the specific volume at the measured temperature and salinity of sea water. When performing calculations for Baikal waters, when calculating the anomaly of the specific volume, it is necessary to use an average salinity for the lake of 0.0964 g/kg.

Жданов А.А., Гнатовский Р.Ю., Блинов В.В., Гранин Н.Г.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЕТА ГЕОСТРОФИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЙ ДЛЯ УСЛОВИЙ ПРЕСНЫХ БАЙКАЛЬСКИХ ВОД.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

В настоящее время усилился интерес к данным по течениям оз. Байкал, получаемым без установки буйковых станций, прежде всего, чисто по экономическим причинам. На основе данных о распределении температуры воды, получаемых с помощью высокоточных зондов (таких как SBE-25 и др.) можно рассчитывать геострофические течения.

Для Байкала первые работы по геострофическим течениям проведены в 1970-х годах В.А. Кротовой (1970). Она по данным о температуре воды, полученной глубоководными термометрами, с применением динамического метода рассчитывала скорости течения верхнего слоя озера.

В дальнейшем динамический метод почти не использовался для Байкала, пока не появились работы Чена и Миллеро (Chen-Millero, 1977) для уравнения состояния морской воды. С 1981 г. это уравнение носило название UNESCO (United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization) (1981) и в течение 30 лет успешно использовалось для нужд термогидродинамики. Для пресной воды уравнение было адаптировано Ченом-Миллеро (Chen-Millero, 1978). К сожалению, для очень пресных байкальских вод напрямую это уравнение оказалось неприменимо. Приходилось проводить специальные эксперименты *in situ*, и получать эмпирические уравнения, учитывающие влияние температуры и давления на электропроводность (Hohman et al., 1997; Блинов и др., 2006). Кроме того, и на других водоемах у лимнологов-практиков еще в 80-х годах возник ряд вопросов к применимости уравнения состояния Чена-Миллеро в отдельных случаях.

Для устранения нестыковок в уравнении Чена-Миллеро, а также более полного охвата данных по всему Мировому океану в 2005 году SCOR (Scientific Committee on Oceanic Research) и IAPSO (International Association for the Physical Sciences of the Oceans) учредили рабочую группу WG 127 по Термодинамике и уравнению состояния морской воды. Задача группы заключалась в разработке рекомендаций, по обновлению, расширению и совершенствованию EOS-80 (Equation Of Seawater). В отличие от EOS-80, все соотношения в гидродинамике теперь используют уравнение свободной энергии, основой которого являются уравнения Гиббса (Wagner, 2002; Feistel, 2003; Feistel, 2008). В 2010 году опубликованы результаты международного проекта TEOS-10 (2010) (Thermodynamic Equation Of Seawater), которые представляют собой пакет программ и позиционируются как окончательные и всеохватывающие.

В настоящее время для решения задач, связанных с использованием уравнения состояния воды, все зарубежные океанологи и лимнологи используют данные проекта TEOS-10.

При проведении расчётов для байкальских вод с использованием пакета программ TEOS-10 оказалось, что как и с уравнением Чена-Миллеро, возникают проблемы. Поэтому было решено провести методические работы по сравнению разных методов для расчета геострофических течений. Результаты методических работ показали, что использование TEOS-10 для расчета геострофических течений Байкала неприемлемо. Для получения корректных результатов в TEOS-10 необходимо вносить изменения в программы расчётов геопотенциальной аномалии. При вычислении геопотенциальной аномалии для океана используется аномалия удельного объёма, рассчитываемая как разница удельного объёма при температуре 0°C и стан-

дартной морской солёности 35.16504 г/кг и удельного объёма при измеренных температуре и солёности морской воды. При проведении расчётов для вод Байкала при вычислении аномалии удельного объёма необходимо использовать среднюю солёность для озера 0.0964 г/кг.

Zhdanova A.N.[1], Krivonogov S.K.[1, 2], Solotchina E.P.[1], Solotchin P.A.[1]

BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE MALYE CHANY: MINERALOGY AND GEOCHEMISTRY

[1]V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, prosp. Koptyuga 3, Novosibirsk, 630090, Russia
[2]Novosibirsk State University, st. Pirogova 1, Novosibirsk, 630090, Russia
zhdanova@igm.nsc.ru

Lake Chany is located in the central part of the Baraba steppe region at the south of Western Siberia and it is the largest endorheic lake of Asian Russia. The lake surface is about 1840 km^2, its depth is 1.4 m in average. Lake Chany is a system of three associated lakes: Lakes Bolshye Chany, Malye Chany and Yarkul, which are connected by narrow channels. The Kargat and Chulym rivers, which provide 45% of the lake system water balance (Savkin, 2006), flow into Lake Malye Chany.

We studied mineral and chemical composition of the Lake Chany bottom sediments by the methods of X-ray diffraction, IR-spectroscopy and X-ray fluorescence analysis with synchrotron radiation (SR XRF). The age data from the bottom sediments suggest their formation during the last 6-7 ka of the Holocene (Zhilich et al., 2016; Khazin et al., 2016). Authigenic carbonates started to precipitate in Lake Malye Chany approximately 4000 years ago. Since that time, the ostracod (Khazin et al., 2016) and palynological records (Zhilich et al., 2016) are available.

The dominant minerals of the Lake Malye Chany sediments are quartz, feldspar, carbonates and clay minerals. Small amounts of gypsum, bassanite and pyrite are presented in the upper part of the sediments. The carbonate minerals are low magnesian and intermediate magnesian calcite with amount of $MgCO_3$ up to 11 mol. %, which differ this site from the Yarkov pool (Lake Bolshye Chany), where these minerals were found together with high magnesian calcite, excess-Ca dolomite and aragonite (Zhdanova et al., 2017). Accumulation of various carbonates is related to different salinity and different content of Mg and Ca in these two water basins.

High input of terrigenous riverine material is featured for the early stage of the development of Lake Malye Chany. About 4000 years BP, the lake was shallow with moderate salinity and high Mg/Ca ratio in the lake water. Intermediate magnesian calcites with amount of $MgCO_3$ from 7 to 11 mol. % precipitated in that time. Simultaneous sharp increase of $\delta^{18}O$ and $\delta^{13}C$ values indicates significant shallowing of the lake.

Since 3200 years BP, the lake sediments record an increase in the proportion of the organic matter, as well as bromine. Total content of carbonates increases but the amount of $MgCO_3$ in calcite gradually decreases together with the replacement of intermediate magnesian calcite by low-magnesian calcite. Appearance of pyrite in the upper sediment layer indicates change of the oxidative conditions to reducing ones. Additionally, about 300 years ago, the contents of Zn and Cu sharply increased.

Thus, mineral and chemical compositions of the Lake Malye Chany bottom sediments reflect the reaction of the reservoir to external environmental changes and internal geochemical changes.

This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project nos. 16-05-00244 and 18-05-00329.).

Жданова А.Н.[1], Кривоногов С.К.[1, 2], Солотчина Э.П.[1], Солотчин П.А.[1]

ДОННЫЕ ОСАДКИ ОЗЕРА МАЛЫЕ ЧАНЫ: МИНЕРАЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ

[1]Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 630090, г. Новосибирск, пр. ак. Коптюга, 3
[2]Новосибирский Государственный Университет, 630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1
zhdanova@igm.nsc.ru

Озеро Чаны расположено в центре Евразии, в центральной части Барабинской степи (54°30′–55°09′ с. ш. и 76°48′–78°12′ в. д.). Это крупнейший бессточный минерализованный водоем Азиатской России, площадь водного зеркала которого 1840 км^2. Правильнее считать Чаны системой озер, поскольку оно включает в себя Большие Чаны, Малые Чаны и Яркуль. В озеро Малые Чаны впадают реки Каргат и Чулым, обеспечивающие 45% водного бюджета всей системы озер (Савкин, 2006).

Минеральный и химический состав донных осадков озера Чаны изучался методами рентгеновской порошковой дифрактометрии (XRD), ИК-спектроскопии и РФА СИ. Для определения возраста отложений получены даты по органическому веществу и торфу, которые позволяют предполагать формирование отложений оз. Малые Чаны в течение 6-7 тыс. лет (Жилич и др., 2016; Хазин и др., 2016). Возраст начала осаждения аутигенных карбонатов составляет около 4 тыс. лет назад. Начиная с этого времени, в осадках обнаружены остракоды (Хазин и др., 2016) и содержится достаточное количество пыльцы для палинологического анализа (Жилич и др., 2016).

Доминирующими минералами донных осадков оз. Малые Чаны являются кварц, полевые шпаты и карбонаты, в подчиненных количествах присутствуют гипс, бассанит, пирит, слюда, хлорит, каолинит. Для осадков озера Малые Чаны характерны низкомагнезиальные и промежуточные магнезиальные кальциты с содержанием $MgCO_3$ до 11 мол.%, в то время как в осадках Ярковского плеса оз. Большие Чаны установлены также высокомагнезиальный кальцит, Ca-доломит и арагонит (Жданова и др., 2017). Это связано с различной соленостью и содержанием Mg и Ca в воде в этих двух бассейнах.

На ранних этапах развития в озере Малые Чаны преобладал привнос терригенного материала впадавшими в него реками (Чулым, Каргат). Около 4 тыс. лет назад Малые Чаны стали мелководным озером, с увеличенной соленостью и высоким отношением Mg/Ca в воде. В это время шло активное

осаждение промежуточного Mg-кальцита с содержанием $MgCO_3$ от 7 до 11 мол.%. О значительном обмелении озера в этот период свидетельствует одновременно резкое повышение значений $\delta^{18}O$ до − 7 ‰ и $\delta^{13}C$ до − 3‰.

С 3,2 тыс. лет следует отметить рост содержания органического вещества, а также брома. Общее содержание карбонатов возросло, но при этом постепенно снизилось содержание $MgCO_3$ в кальците, и промежуточный магнезиальный кальцит сменился низкомагнезиальным кальцитом. Появился пирит, что свидетельствует о смене окислительной обстановки на восстановительную. Около 300 лет назад наблюдается резкое увеличение содержания в донных осадках Cu и Zn.

Таким образом, минеральный и химический составы донных осадков озера Малые Чаны отражают реакцию водоема на внешние изменения условий окружающей среды и внутренние изменения геохимической системы озера.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, гранты №16-05-00244 и №18-05-00329.

Zhukova T.V.

NUTRIENT DYNAMICS AS INDICATOR OF THE PRESENT-DAY EVOLUTION OF THE NAROCHANSKIE LAKES (BELARUS)

Belorussian State University, Minsk, Belarus
tvzhukova@tut.by

Here we use the multiyear data on nutrient dynamics in the Narochanskie lakes (1977-2017) to analyze principal stages of their present-day evolution. These lakes (Batoryn, Miastro, Naroch) form a single ecosystem (Ecological system of Narochanskiye lakes, 1985), but they significantly differ in morphological and hydrological parameters as well as in water quality. The specified period, though relatively short, is characterized by substantial changes of the lakes. Four evolutionary stages can be identified: 1) anthropogenic eutrophication in the 1970s; 2) prevention measures of the 1980s and reversal of eutrophication; 3) invasion of *Dreissena polymorpha* Pallas. in the 1990s and benthification; 4) present-day status (Ostapenya et al., 2012; Zhukova, 2013, 2017). The lakes Batoryn, Miastro, Naroch being in the beginning of the survey hypereutrophic, eutrophic and mesotrophic became eutrophic, mesotrophic, and meso-oligotrophic respectively. This was confirmed by comprehensive study of water ecology and Carlson trophic state index calculation (Adamovich et al., 2016, 2017). The singular spectrum analysis revealed four groups of temporary fluctuations: very slow (17-22 years), slow (7-15 years), average (4-7 years) and fast (less than 4 years) (Kazantseva et al., 2018).

The Lake Batoryn, the uppermost of these lakes, has the highest specific water catchment and the least turnover time, and shows the most distinct response to the changes. The weakest of the relashionship in question characterizes the lake Naroch, the last and the largest of the lakes, which has a slow turnover. The lake Miastro has a peculiarity. This is the lake where benthification processes play a major role as compared to the other two lakes. Only this lake located in the center of the lakes' ecosystem is marked by the most significant change in phosphorous dynamics. Besides these changes of total phosphorous concentration, we should notice the following: mineral (phosphate) phosphorous in all three lakes is usually found in traces (≤ 5 μg/l), except the lake Miastro where since the late 80ies 30-70 μg/l of phosphorous are measured in the second half of each vegetation season, i.e. here phosphorous is no more limiting nutrient for the primary production.

The most significant changes in all three lakes were characteristic for the recovery period (1986-1991) when the external phosphorous load fell by circa 30% due to conservative measures over the catchment area (Zhukova, Ostapenya, 2000). Water quality indicators such as chlorophyll *a*, suspended organic carbon, and total suspended matter became lower thus improving water transparency.

The previous period of anthropogenic eutrophication (1978-1985) and subsequent zebra mussel invasion (1992-2004) was marked by a very labile state of ecosystem with a high interannual variation of all these indicators.

The dynamics of total nitrogen in water was diverse. The total nitrogen during eutrophication and recovery of all three lakes changed erratically and had high amplitude. The next distinct period of low total nitrogen in all three lakes is synchronous with the zebra mussel invasion in their ecosystem. Nowadays since 2005, the nitrogen concentration has increased again and become close to the above said periods of eutrophication and recovery, though the interannual amplitude is much lesser. The dynamics of total, mainly dissolved, carbon turned out to be the most stable.

Жукова Т.В.

РЕЖИМ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СОВРЕМЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР (БЕЛАРУСЬ)

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь
tvzhukova@tut.by

На основании многолетних наблюдений за режимом биогенных элементов (1977-2017 гг.) проанализированы основные этапы современной эволюции Нарочанских озер которые представляют единую экосистему (Баторино, Мястро и Нарочь) (Экологическая система Нарочанских озер, 1985), но заметно различаются по морфологическим и гидрологическим параметрам, а также качеству воды. В рассматриваемом периоде, несмотря на его относительную непродолжительность во временном масштабе, Нарочанские озера претерпели значительные изменения. Эволюция экосистемы Нарочанских озер включает четыре этапа: антропогенное эвтрофирование в 70-х годах прошлого столетия, деэвтрофирование в результате природоохранных мер на водосборной территории в 80-х годах, бентификация вследствие инвазии моллюска-фильтратора *Dreissena polymorpha* Pallas. в 90-х годах и современное состояние (Остапеня и др., 2012; Жукова, 2013, 2017). Существенное изменение экологического состояния Нарочанских озер от высокоэвтроф-

ного оз. Баторино, слабоэвтрофного оз. Мястро и мезотрофного оз. Нарочь в начале исследования режима биогенных элементов изменилось до эвтрофного, мезотрофного и мезотрофного с признаками олиготрофии соответственно. Это подтверждено комплексными гидроэкологическими исследованиями и расчетом индекса трофии по Карлсону (Адамович и др., 2016, 2017). Методом Singular Spectrum Analysis выявлены 4 группы временных колебаний: очень медленные (17-22 гг.), медленные (7-15 гг.), средние (4-7 гг.) и быстрые (менее 4 г.) (Казанцева и др., 2018).

Наиболее четкий отклик на происходящие перемены прослеживается в оз. Баторино – верхнем в цепи озер, характеризующемся наиболее высоким удельным водосбором и наименьшим в ряду озер временем водообмена. Для оз. Нарочь, замыкающего экосистему водоема, самого крупного и малопроточного в ряду озер характерны наименее прочные рассматриваемые связи, что указывает на большее число «шумов» и неопределенностей при использовании статистических подходов анализа. Оз. Мястро занимает особое положение. Именно здесь процессы бентификации, инициированные вселением дрейссены, должны играть бóльшую, по сравнению с двумя другими озерами, роль. Только в этом водоеме, занимающем центральную часть в озерной экосистеме, происходят наиболее существенные изменения в режиме фосфора. Помимо указанных выше изменений, отражающихся на концентрации общего фосфора в воде всех трех озер, необходимо отметить следующее. Минеральный (фосфатный) фосфор в воде озер аналитически обнаруживается лишь в следовых количествах (≤ 5 мкг/л), и лишь в воде оз. Мястро, начиная с конца 80-х годов, во второй половине вегетационного сезона регистрируются концентрации до 30-70 мкг/л, т.е. фосфор перестает быть лимитирующим первичную продукцию элементом. Наиболее значимые перестройки во всех трех озерах характерны для периода деэвтрофирования (1986-1991 гг.), когда внешняя биогенная нагрузка по фосфору за счет природоохранных мероприятий на водосборной территории была снижена примерно на 30% (Жукова, Остапеня, 2000). С этим сопряжены такие показатели качества воды как концентрации хлорофилла-а, взвешенного органического углерода, общего количества взвешенных веществ и, соответственно, увеличение прозрачности воды.

Предшествующий период, определяемый как антропогенное эвтрофирование (1978-1985 гг.) и последующий период заселения озер дрейссеной (1992-2004 гг.) характеризовались крайне неустойчивым состоянием экосистемы с большой межгодовой амплитудой колебаний всех рассмотренных показателей. Динамика концентрации в воде общего азота была отличной от указанных выше параметров. Общий запас азота в периоды эвтрофирования и деэвтрофирования в воде всех трех озер изменялся незакономерно с большой амплитудой колебаний. Следующий четко прослеживаемый период более низкого уровня содержания общего азота в воде всех трех озер по времени совпадает с заселением экосистемы инвазивным видом – дрейссеной. На современном этапе, начиная с 2005 года, концентрация азота вновь увеличивается до близкого к рассматриваемым выше этапам эвтрофирования и деэвтрофирования, но с заметно меньшим размахом межгодовых колебаний. Наиболее стабильным оказался режим общего, преимущественно растворенного органического углерода.

Zimens E.A., Sukhanova E.V.

ENZYMIC ACTIVITY AND ANTIBIOTIC RESISTANCE OF BACTERIA ISOLATED FROM WATER AND BIOFILMS OF LAKE BAIKAL

Limnological institute SB RAS, Irkutsk, Russia
ekaterinasiemens93@gmail.com

This work aimed to study quantitative composition of various physiological groups of microorganisms, to evaluate and compare the enzymatic activity and antibiotic resistance of bacteria isolated from water and epilithic biofilms of Lake Baikal. Thus, the obtained results on the number of heterotrophs, as well as other physiological and biochemical groups of microorganisms, indicate that epilithic biofilms are a place of more intensive destruction of organic matter than the water column, and, therefore, are actively involved in maintaining the processes of self-purification of Lake Baikal. The physiological and biochemical properties and anti-robustness of individual isolates isolated from water and biofilms differed insignificantly.

Зименс Е.А., Суханова Е.В.

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ И АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТЬ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ВОДЫ И БИОПЛЕНОК ОЗЕРА БАЙКАЛ

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия
ekaterinasiemens93@gmail.com

Гетеротрофные бактерии играют важную экологическую роль в окружающей среде, поскольку они участвуют в круговороте углерода, азота и других органических и неорганических веществ. Микробные сообщества, в том числе и биопленочные, реагируют на влияние антропогенного фактора, например, изменением численности сапрофитных микроорганизмов и бактерий, устойчивых к антибиотикам с широким спектром действия, то есть микроорганизмы могут служить индикаторами при изучении уровня антропогенной нагрузки на водную экосистему (Верхозина и др., 2016).

Цель работы – изучить количественный состав различных физиолого-биохимических групп микроорганизмов, оценить и сравнить ферментативную активность и антибиотикорезистентность бактерий, изолированных из воды и эпилитических биопленок озера Байкал.

Штаммы гетеротрофных бактерий были выделены из воды и биопленок озера Байкал в южной котловине в ходе экспедиционных работ на 4 станциях: п. Б. Коты, п. Б. Голоустное, Пролив Малое Море, б. Ая. Используя различные питательные среды и условия культивирования, определили численность: гетеротрофных (РПА/10, 22°С), аллохтонных (МПА, 37°С), амилолитиков (КА – крахмальный агар, 22°С), протеолити-

ков (МА – молочный агар, 22°С), липолитиков (ЖА – желточный агар, 22°С), силикатных (СБ – глюкозосодержащая среда с $CaSiO_3$, 22°С), фосфатрастворяющих (ФРМ) и фосфатмобилизующих микроорганизмов (ФММ). Изоляцию чистых культур проводили на твердых питательных средах R2A и РПА/10. Всего было получено 127 штаммов (вода 52 и биопленки 75), которые были проанализированы на внеклеточные ферменты: протеолитическая активность (казеин и желатина), лецитиназная активность (лецитин), амилазная (крахмал), фосфатазная активность (фосфатаза), каталазная и оксидазная активности (Практикум…, 2005). Для тестирования на антибиотикорезитентность взято 100 штаммов (вода 41 и биопленки 59), которые проанализированы к 11 антибиотикам: азитромицин (15 мкг), бензилпенициллин (10 ЕД), ванкомицин (30 мкг), амоксициллин + клавулоновая кислота (20 мкг/10 мкг), гентамицин (120 мкг), ампициллин (10 мкг), левомицетин (30 мкг), сульфаниламид (300 мкг), амоксициллин (20 мкг), тетрациклин (30 мкг), меропенем (10 мкг), набор ДИ-ПЛС-50-01 НИЦФ (г. Санкт-Петербург, Россия).

В результате учета численности показано, что средние значения культивируемых гетеротрофных (ЧКГБ) и аллохтонных бактерий в эпилитических биопленках превышали таковые в воде на три порядка, значения составили 127552 и 115776 КОЕ/см^2, соответственно (таблица). Численность протеолитиков, амилолитиков, липолитиков, фосфатрастворяющих, фосфатмобилизующих и силикатных микроорганизмов в пробах эпилитических биопленок также значительно превышала таковую в воде (таблица). Тестирование выделенных в чистую культуру изолятов на наличие внеклеточных ферментов из эпилитических биопленок показало высокий процент бактерий, обладающих протеолитической активностью в отношении желатины. Способность утилизировать казеин, лецитин и крахмал отмечена у 41–57% проанализированных штаммов. Определение ферментативной активности гетеротрофных бактерий из водной толщи и эпилитических биопленок оз. Байкал показало сопоставимый процент штаммов, обладающих лецитиназной, амилолитической и протеолитической активностью (желатина).

Таблица. Численность физиолого-биохимических групп микроорганизмов в эпилитических биопленках (КОЕ/см^2) и придонной воде (КОЕ/см^3)

	РПА/10	МПА	СБ	ФРМ	ФММ	КА	ЖА	МА
Биопленки	127552	115776	19301	16502	122677	1138	6706	2428
Вода	148	137	5	2	143	6	24	76

Примечание: в таблице представлены средние значения численности культивируемых бактерий по четырем станциям литоральной зоны оз. Байкал. При этом изоляты из воды показали более высокую казеиназную активность. Липолитическая активность (трибутирин) показана только для пяти культур, которые были изолированы из водной толщи. Показано, что все исследуемые штаммы обладали каталазой. Доля микроорганизмов, обладающих оксидазой, была более высокой для изолятов из биопленок (65%), в то время как для водной толщи только 27%. Высокая фосфатазная активность выявлена для бактерий из обеих экологических ниш (87-90%). Антибиотикоустойчивые штаммы были выявлены во всех четырех станциях отбора проб. Стоит отметить, что степень чувствительности к антибиотикам у изолятов из воды и эпилитических биопленок была сопоставима. Устойчивых к действию всех антибиотиков среди биопленочных штаммов было 33% от проанализированных, среди выделенных из воды – 43%. При этом, наиболее эффективное антимикробное действие отмечено для тетрациклина и меропенема, доля устойчивых к ним штаммов составила 74%. Наибольшая резистентность исследуемых штаммов показана для ванкомицина и гентамицина.

Таким образом, полученные результаты по численности гетеротрофов, а также других физиолого-биохимических групп микроорганизмов свидетельствуют о том, что эпилитические биопленки являются местом более интенсивной деструкции органического вещества, чем водная толща, а, следовательно, и активно участвуют в поддержании процессов самоочищения озера Байкал. Физиолого-биохимические свойства и антиботикоустойчивость отдельных изолятов, выделенных из воды и биопленок отличались незначительно.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме №0345-2016-0003 (АААА-А16-116122110061-6) “Микробные и вирусные сообщества в биопленках …” и при поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-34-00443.

Zinnatova E.A., Frolova L.A.

PALEOLIMNOLOGICAL RESEARCHS OF THERMOKARST WATER BODIES IN THE NORTH OF THE KRASNOYARSK REGION ON THE BASIS OF ANALYSIS OF RECENT CLADOCERA COMMUNITIES

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Kremlevskaya str., 18
zinnatova.1994@mail.ru

Of particular interest are studies of Arctic and subarctic ecosystems, due to lakes of current zones are exposed to minimal anthropogenic influence. Our research was conducted to study the composition of cladoceran community of lakes in the Khatanga River basin using paleoecological methods. We identified 20 cladoceran taxa from the sediments, consisting primarily of littoral chydorid species. Most abundant taxa were, *Chydorus cf. sphaericus*, *Eubosmina longispina*, *Daphnia longispina*. Palaearctic and Holarctic species, belonging to the number of littoral species, are dominate in the reservoir. The average value of the Shannon index was 2.41, that allows to classify lakes as moderately polluted. The average value of the Pielu index was 0.80, that indicates the proximity to stable and aligned community structure.

Зиннатова Э.А., Фролова Л.А.

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ВОДОЕМОВ СЕВЕРА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕЦЕНТНЫХ СООБЩЕСТВ CLADOCERA

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, ул. Кремлевская 18
zinnatova.1994@mail.ru

Озерные донные отложения являются великолепными палеоэкологическими и палеоклиматическими архивами. В них с хорошим разрешением записаны изменения климата, геомагнитного поля и других событий эволюции окружающей среды в целом за последние тысячелетия (Нургалиев, 2009). Остатки рецентных и субфоссильных водных растений и животных, таких как диатомовые водоросли, хирономиды, остракоды и Cladocera, в донных отложениях озер достаточно широко используются для палеореконструкций экологических условий прошлого (Kattel et al., 2007; Kienast et al., 2011). Изучение озерных отложений позволяет воссоздать детальную картину смены абиотических и биотических условий в озере и его окрестностях. Среди палеоиндикаторов все большую популярность приобретает анализ донных отложений на основе остатков ветвистоусых ракообразных. Хитиновые части экзоскелета Cladocera (головные щиты карапаксы, постабдомены, постабдоменальные коготки, мандибулы, и пр.) позволяют идентифицировать обнаруженные остатки до различных таксономических рангов (Frolova, 2016). Кладоцерный анализ часто дает более полное представление о составе кладоцерного сообщества, чем долгие гидробиологические наблюдения.

Нами были исследованы поверхностные донные отложения 20 озер бассейна реки Хатанга севера Красноярского края. Хатанга протекает по Северо-Сибирской низменности в юго-восточной части полуострова Таймыр в широкой долине, разбиваясь на рукава и впадает в Хатангский залив моря Лаптевых. Большинство озер являются мелководными (средняя глубина 6,45 м) и относительно небольшими (средняя площадь 0,04 км^2). pH варьирует от 5,09 до 8,02 (среднее значение 6,82). Анализ ионного состава показал, что в катионах с HCO3 – в качестве первичного аниона преобладали Ca2+ и Mg2+. Удельная электропроводность между озерами варьировала от 30,5 до 183,2 мкСм/см (среднее значение 54,2) (Фролова и др., 2017).

В рамках российско-германской экспедиции «Хатанга-2011» были отобраны поверхностные донные отложения, а также гидрохимические и морфометрические данные 20 озер бассейна реки Хатанга. Обработка проб проводилась по стандартной методике. Для идентификации использовались как современные специализированные определители рецентных Cladocera (Szeroczyńska, Sarmaja-Korjonen, 2007; Фролова, 2011; Korosi, Smol, 2012), так и определители современных Cladocera (Smirnov, 1971; Alonso, 1996; Flössner, 2000; Kotov et al., 2010). Микроскопирование и определение субфоссильных остатков Cladocera проводилось с использованием светового микроскопа Axio Lab A1. При подсчете остатков карапаксов за один экземпляр Cladocera принимались две обнаруженные в грунте створки раковины. В каждой пробе было идентифицировано минимум 200 остатков Cladocera.

В составе субфоссильного кладоцерного сообщества выявлено 20 таксонов, принадлежащих 5 семействам: Bosminidae (3), Daphniidae(3), Sididae (1), Macrothricidae (1), Chydoridae (12). В большем количестве были представлены виды семейства Chydoridae. Сообщество ветвистоусых ракообразных поверхностных донных отложений озер бассейна р. Хатанга характеризовались обилием в пробах видов: *Chydorus* cf. *sphaericus*, *Eubosmina longispina*, *Daphnia longispina*. Такие таксоны как, *Camptocercus lilljeborgi*, *Camptocercus fennicus*, *Eurycercus macracanthus* были найдены впервые для Красноярского края. По нашим данным, в водоемах преобладают виды, свойственные зонам палеарктики и голарктики. По биотипической принадлежности большинство ветвистоусых ракообразных в исследованных озерах принадлежали к литоральным видам, встречающихся среди макрофитов. Во всех озерах кладоцерные сообщества достаточно богаты и разнообразны с относительно устойчивой структурой. Индекс Шеннона, показатель биоразнообразия и трофического состояния экосистемы, варьировал между 1,66 и 3,01, в среднем – 2,41, что характерно для олиготрофных β-мезотрофных условий. Среднее значение индекса Пиелу составило 0,80, что свидетельствует о приближенности к стабильной и выровненной структуре сообщества. Индекс видового разнообразия Симпсона варьировал от 0,53 до 0,85 (среднее значение 0,75), что свидетельствует о равномерном распределении видов в исследованных нами озерах.

Работа выполнена в рамках программы повышения конкурентоспособности Казанского федерального университета и при финансовой поддержке РФФИ (проект №18-05-00406).

Zobkova M.V.

CONCENTRATION OF HUMIC SUBSTANCES IN SURFACE WATERS OF HUMID ZONE

Northern Water Problems Institute of the Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk, Karelia, Russia
rincalika21@yandex.ru

Humic substances are one of the most important aquatic ecosystems components and play an essential role in the global organic carbon cycle. For this reason, case studies are in the field of great interest.

Humic substances concentration and allocation studies were estimate in different type surface waters of Karelia (Russia) including Lake Onego and its tributaries. All water bodies were differ from each other by hydrological and hydrochemical indexes such as specific catchment area, water retention time, humusness and trophy level. Humic substances was isolated from water by diethylaminoethyl cellulose adsorption after that desorption was realized with NaOH. Fractionation of humic substances by solubility in alkali and acid was used.

It was found that humic substances were essential organic matter (OM) component (more than 50% of

total OM) in the most of surface waters except oligohumic small lakes there humic substances were only 20-40% of total OM. Humic substances concentrations were varied from 1.1 to 27.2 mg/l that occur due to different type of catchment area of water bodies. Humic substances concentrations were increased from central part of the Lake Onego to its bays (4.4 and 7.8 mg/l respectively). It was related with intensive terrigenous OM inflow with lake tributaries there humic substances concentrations were high 8.7-19.8 mg/l.

Fulvic acids were dominate part of total humic substances 74-92% (mean 85%), while humic acids were small one 8-26% (mean 15%) in all surface waters. It was occurred due to humic acids have strong bonds with soil as metal ion complexes that are characterized by low solubility in water. For this reason humic acids inflow from catchment area is limited. Fulvic and humic acids ratio was varied from 3:1 for polyhumic water bodies to 10:1 for oligohumic ones and in average was 6:1.

Зобкова М.В.

СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ГУМИДНОЙ ЗОНЫ

Институт водных проблем Севера – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»,
г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
rincalika21@yandex.ru

Гумусовые вещества являясь одним из важнейших компонентов круговорота углерода на Земле, вовлечены в различные внутриводоемные процессы, поэтому их изучение до сих пор остается актуальной задачей. Исследование содержания и распределения гумусовых веществ проводилось на ряде водных объектов Карелии, отличающихся по гидрологическим и гидрохимическим показателям, включая Онежское озеро и его основные притоки. Выделение гумусовых веществ из воды осуществлялось адсорбцией на диэтиламиноэтилцеллюлозе после чего проводилась их десорбция раствором NaOH. Полученные гумусовые вещества разделялись на фульвовые и гуминовые кислоты путем кислотной обработки (при подкислении раствора до pH = 2, гуминовые кислоты выпадали в осадок, а фульвовые оставались в растворе).

Было установлено, что в большинстве исследованных объектов гумусовые вещества являлись основным компонентов органического вещества (ОВ), превышая 50% от общего ОВ, исключение составляли олигогумусные малые озера, в которых их количество не превышало 20-40% от общего ОВ. Содержание гумусовых веществ изменялось в широких пределах от 1,1 до 27,2 мг/л, что связано с различным характером водосборной территории исследованных водных объектов. В Онежском озере концентрация гумусовых веществ увеличивалась от центрального плеса к губам, составляя 4,4 и 7,8 мг/л соответственно. Такое отличие связано с интенсивным поступлением терригенного ОВ с водосборной территории озера с притоками, в которых содержание гумусовых веществ варьировало от 8,7 до 19,8 мг/л.

Во всех объектах превалировали фульвовые кислоты, на них приходилось 74-92% (в среднем 85%) от общего количества гумусовых веществ, в то время как на гуминовые кислоты – от 8 до 26% (в среднем 15%). Связано это с тем, что гуминовые кислоты интенсивно закрепляются в почвах в виде комплексов с ионами металлов, и для них характерна меньшая растворимость в воде, а значит поступление с водосборной территории ограничено. Соотношение фульвовых и гуминовых кислот изменялось от 3:1 в мезополи- и полигумусных водных объектах до 10:1 в олигогумусных и в среднем составило 6:1.

Zolnikova I.F., Silkin I.I., Anikiyenko I.V.

USE OF MORPHOLOGICAL METHODS IN GEOECOLOGICAL RESEARCHES OF THE BAIKAL REGION

Irkutsk State Agricultural University of name A.A. Ezhevsky
irinamn555@yandex.com, ivsi@list.ru, babushcina@mail.ru

The researchers conducted by us allowed to reveal the tension of function of adrenal gland of the muskrat living in conditions of the city of Irkutsk, caused by influence on an organism of animals of the environment of their dwelling, directed on maintenance of function of cells of cortical substance of an adrenal gland and also it is confirmed by increase in thickness of a bundle and retina zone of cortical substance of an adrenal gland of the muskrat living in the changed conditions as in numerous researches it was shown that the territories living on the pollution exceeding standards of concentration of chemical elements of the animals entering a food allowance and in the conditions of natural biogeochemical anomalies can cause increase the morph functional of indicators of sizes of functional zones, kernels and cages of cortical substance of an adrenal gland.

The greatest tension of function of adrenal gland at the studied animals it was noted in the conditions of the northwest suburb of the city of Irkutsk (Novo-Lenino), and the smallest morph functional indicators are noted at the individuals living in conditions of the delta of the Selenga River. Thus morph functional indicators of cortical substance of adrenal glands at females were slightly higher, than at males.

Зольникова И.Ф., Силкин И.И., Аникиенко И.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»
irinamn555@yandex.com, ivsi@list.ru, babushcina@mail.ru

Метод биологических индикаторов при изучении их в морфофункциональном аспекте часто используется в эколого-физиологических исследованиях. Морфологические методы исследования яв-

ляются наиболее высокоинформативными, поэтому позволяют более объективно оценить реакцию организма на конкретные природно-климатические факторы, а также при влиянии антропогенных воздействий. Изменчивость морфофункциональных показателей органов эндокринной регуляции, как правило, связана с определенными адаптивными сдвигами метаболизма животных в результате действия различных факторов окружающей среды. Большинство исследователей в качестве тест-объекта используют мелких млекопитающих из отряда Грызунов. В доступной нам литературе имеется много научно-исследовательских работ посвященных изучению морфофункциональных изменений щитовидной железы, надпочечников, семенников и яичников европейской рыжей полевки обитающей в условиях интенсивной техногенной загрязненностью и на территориях биогеохимической провинции. Однако ареал распространения европейской рыжей полевки ограничивается территорией Европы, европейской части России и заканчивается на территории Красноярского края (р. Енисей, Западные Саяны).

Поэтому в наших геоэкологических исследованиях Байкальского региона в качестве морфофункционального биоиндикатора экологической обстановки нами использовалась ондатра, которая тоже относится к подсемейству Полевковые. Данный вид мелких млекопитающих благодаря многочисленности, широте распространения и удобству изучения может успешно использоваться в разнообразных экологических исследованиях в качестве тест-объекта в нашем регионе. Ондатра ведет полуводный образ жизни и в связи с этим имеет непосредственный контакт не только с почвой, но и с водой. Как обитатель поверхности и водной среды она первая вступает в контакт с вредными веществами, накапливаемыми субстратами, реагирует на воздействие того или иного вещества и может служить для биоиндикационных целей. В связи с этим, использование её в качестве морфофункционального индикатора экологической обстановки объективные результаты. Ондатра также существует в условиях городской среды, оказываясь вовлеченной в процесс сиантропизации, под воздействием чего приобретает ряд новых экологических особенностей и адаптаций.

Целью проведенных нами эколого-гистологических исследований заключалась в том, что используя ондатру, обитающую в условиях города Иркутска и районе дельты реки Селенги в качестве биоиндикатора, оценить экологическую обстановку разных районов города, используя морфофункциональные показатели толщины зон и клеток коры надпочечника. Для осуществления поставленных задач в период полевых экспедиций собирался экспериментальный материал от условно здоровых половозрелых особей в разных районах города Иркутска, где были замечены популяции ондатры (*Ondatra zibetica*) и в районе дельты реки Селенги (Кабанский район Республики Бурятия), где она существует в относительно естественных природных условиях.

Для гистологических исследований надпочечные железы фиксировали в 10%-ном нейтральном формалине, нейтральной фиксирующей смеси Шабадаша и в жидкости Карнуа, парафиновые срезы толщиной 5-7 мкм окрашивали гематоксилин-эозином и по методу ван Гизон. Гистологические препараты изучали при помощи микроскопа «Levenhuk». Микро-морфометрические измерения производили при помощи программного обеспечения «Levenhuk C 510 NG 5 M pixels» с учетом классических методов. Таким образом, нами впервые была использована в качестве биоиндикатора ондатра, обитающая в условиях городской среды, а также проведены эколого-гистологические исследования по оценке экологической обстановки в различных районах города Иркутска и в условиях естественной природной среды.

Проведенные нами исследования позволили выявить напряжение функции надпочечной железы ондатры, обитающей в условиях города Иркутска, обусловленное влиянием на организм животных среды их обитания, направленное на поддержание функции клеток коры надпочечника, а также это подтверждается увеличением толщины пучковой и сетчатой зоны коры надпочечника ондатры, обитающей в измененных условиях, так как в многочисленных исследованиях было показано, что превышающие нормы концентрации химических элементов входящих в рацион питания животных обитающих на антропогенно-загрязнѐнных территориях и в условиях естественных биогеохимических аномалий могут вызывать увеличение морфофункциональных показателей величин функциональных зон, ядер и клеток коркового вещества надпочечника. Наибольшего напряжения функции надпочечной железы у исследуемых животных была отмечена в условиях северо-западной окраины города Иркутска (Ново-Ленино), а наименьшие морфофункциональные показатели отмечены у особей, обитающих в условиях дельты реки Селенги. При этом морфофункциональные показатели коры надпочечников у самок были несколько выше, чем у самцов.

Zubkov I.N., Fedorova G.A., Kuzmin A.V., Belykh O.I.

SAXITOXIN DETERMINATION IN BIOTA OF EASTERN SIBERIA AND LAKE HOVSGOL

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

Saxitoxin is a naturally occurring neurotoxic poison belonging to paralytic shellfish toxins group. Saxitoxin and its analogues are produced by dinoflagellates in marine environment and cyanobacteria in fresh waters. Saxitoxin is extremely toxic for warm-blooded organisms particularly for humans. Drinking of poisoned water can cause intoxication. So monitoring of saxitoxin and its analogues is an important problem. The highest paralytic shellfish poisons concentrations occur in water during harmful algae bloom periods. Nowadays water blooms take place even in northern regions, including some areas of Lake Baikal, Lake Hovsgol and their tributaries. The purpose of this work was quantification of saxitoxin in phytoplankton samples from waters of Baikal ecosystem and Lake Hovsgol.

The determination was carried out using the method based on target compounds derivatization with 2,4-dinitrophenylhydrazine and subsequent liquid chromatography – mass-spectrometry analysis. 27 samples were analyzed (23 samples from Lake Baikal and its tributaries, 3 samples from Lake Hovsgol and 1 sample from the upper tail of Irkutsk Hydropower Station). Genes coding paralytic shellfish toxins producing were previously identified by PCR analysis. Seven samples were found out to contain saxitoxin with concentration between 200 and 3800 μg/kg dry biomass. Neosaxitoxin was detected in five samples. Its content varied from 770 to 2300 μg/kg dry biomass. The dependence of toxins content on producer strain was noted. The largest amounts of saxitoxin are produced by *Nostoc pruniforme* and *Dolichospermum lemmermanni*; *Gloeotrichia echinulata* produces the highest amount of neosaxitoxin.

Зубков И.Н., Фёдорова Г.А., Кузьмин А.В., Белых О.И.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ САКСИТОКСИНА В БИОТЕ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И ХУБСУГУЛА

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

Сакситоксин – природный нейротоксичный алкалоид, принадлежащий группе паралитических токсинов моллюсков. Сакситоксин и его аналоги продуцируются динофлагеллятами в морских экосистемах и цианобактериями в пресных водоемах. Сакситоксин чрезвычайно токсичен для теплокровных, в том числе для человека. Причиной отравления может стать потребление зараженной воды, поэтому мониторинг сакситоксина и его аналогов является важной задачей. Наибольшие концентрации паралитических токсинов в воде наблюдаются в периоды массового размножения продуцентов («цветения» водоемов). В условиях усиливающегося антропогенного воздействия «цветения» стали обычным явлением в северных регионах, в том числе в отдельных районах оз. Байкал, оз. Хубсугул и их притоков. Целью данной работы являлась количественная оценка содержания сакситоксина в пробах фитопланктона из различных водоемов Байкальской экосистемы и оз. Хубсугул.

Определение проведено с помощью методики, основанной на дериватизаци целевых соединений 2,4-динитрофенилгидразином с последующим анализом смеси производных методом жидкостной хроматографии – масс-спектрометрии. Выполнен анализ 27 проб: 23 образца из оз. Байкал и его притоков, 3 образца из оз. Хубсугул и 1 образец с верхнего бьефа плотины Иркутской ГЭС. Во всех отобранных пробах предварительно методом ПЦР показано наличие генов, кодирующих синтез паралитических токсинов моллюсков. Сакситоксин обнаружен в семи образцах, его содержание варьировалось от 200 до 3800 мкг/кг сухой биомассы. Также в пяти образцах обнаружен неосакситоксин – аналог сакситоксина. Содержание неосакситоксина составило от 770 до 2300 мкг/кг сухой биомассы. Отмечено, что содержание токсинов напрямую зависит от штамма-продуцента. Наибольшее количество сакситоксина из исследованных штаммов продуцируют *Nostoc pruniforme* и *Dolichospermum lemmermanni*, а неосакситоксина – *Gloeotrichia echinulata*.

Zuyeva N., Zuyev Yu., Voyakina E., Babin A., Kulichenko A., Stepanova A.

THE TROUT FARM INFLUENCE ON A BAY OF VALAAM ARCHIPELAGO (LADOGA LAKE)

Российский государственный гидрометеорологический университет
192007 Россия, Санкт-Петербург, ул. Воронежская, д. 79
nady.zuyeva@ya.ru

The Malaya Nikonovskay Bay in Valaam Archipelago (Ladoga Lake) has been investigated. The trout farm has constracted in the bay since 2001. The limnological characteristics of the bay have been recorded for the period of trout farm function. The hydrophisical, hydrobiological and hydrochemical aspects of the water area have been investigated. The ecological stage of the surface water mass was good. But the superfluous organic matter can be accumulated on the bottom due to the low water cycle and it would form bacterial mat and affect on benthic communities.

Зуева Н.В., Зуев Ю.А., Воякина Е.Ю., Бабин А.В., Куличенко А.Ю. Степанова А.Б.

ВЛИЯНИЕ ФОРЕЛЕВОГО ХОЗЯЙСТВА НА ЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУХТЫ ВАЛААМСКОГО АРХИПЕЛАГА (ОЗ. ЛАДОЖСКОЕ)

Российский государственный гидрометеорологический университет
192007 Россия, Санкт-Петербург, ул. Воронежская, д. 79
nady.zuyeva@ya.ru

Ладожское озеро – крупнейшее озеро Европы. Его северная часть в районе о. Валаам – практически не подвержена антропогенному влиянию. Однако, отдельные заливы Валаамского архипелага находятся под прямым воздействием хозяйственной деятельности. Так, В Малой Никоновской бухте с 2001 г. функционирует рыборазводное (преимущественно форелевое) хозяйство. Это одно из крупнейших садковых хозяйств Карелии, в 2015 г. здесь было произведено 60 т рыбной продукции (Степанова и др., 2016). Целью работы было выявить влияние форелевого хозяйства на лимнологические характеристики полузакрытой бухты Валаамского архипелага.

Залив имеет сложную форму, площадь его акватории составляет 0,85 км^2. Он относительно глубоководен, средняя и максимальная глубины равны соответственно 16,8 и 25,5 м. Сложение литорали разнообразно: побережье представляет собой как выходы скал и россыпи валунов, так и песчаные отмели с выходами глин. Кутовая часть залива имеет форму чаши, отделена от озера островами и явля-

ется полузакрытой, ее площадь 0,34 км^2. В этой, закрытой от штормов части бухты и расположена основная часть садков.

За период функционирования форелевого хозяйства значения лимнологических параметров варьировали в широком диапазоне. В разные годы температура в летний период на поверхности воды изменялась от 8,4 до 22,1°С. В период максимального прогрева воды (июль–август) на глубоких точках не всегда формировалась четко выраженная температурная стратификация. Для акватории бухты были характерны высокие значения прозрачности (2,4-4,9 м). На поверхности высоко содержание растворенного кислорода (80-126% насыщения), в тоже время в летний период (июль–август) в придонных горизонтах его содержание понижено (12-65%). Периодически отмечались высокие значения концентраций биогенных элементов в поверхностном и придонном горизонтах. В июле 2015 г. концентрация аммонийного азота (0,65 мг/л) и фосфатов (0,031 мг/л) на поверхности воды была максимальной.

В составе фитопланктона Малой Никоновской бухты было обнаружено 92 таксона рангом ниже рода из 8 отделов. По числу видов превалировали диатомовые и цианобактерии. Показатели обилия фитопланктона также значительно варьировали за исследованный период, биомасса фитопланктона изменялась от 0,8 до 13,0 мг/л (среднее значение было 4,1 мг/л). Чаще всего в состав видов доминант входили *Aphanizomenon flos-aquae, Planktolyngbya limnetica, Woronichinia sp.,* и виды рода *Aulacoseira* и *Cryptomonas*. В составе зоопланктона бухты идентифицировано 32 вида ракообразных (Cladocera – 15, Copepoda – 17) и 18 видов коловраток. В летний период в состав доминантного комплекса входили *Polyarthra dolichoptera, Synchaeta stylata, Conochilus unicornis, Asplanchna priodonta, Cyclops lacustris, Eudiaptomus gracilis, Thermocyclops oithonoides* и *Daphnia cristata*. В период выраженной термической стратификации доля коловраток в общей численности достигала 90%. Значения общей биомассы зоопланктона варьировали от 0,12 до 0,50 мг/л, индекса Шеннона – от 1,5 до 2,5 бит.

Большая площадь бухты, сложная береговая линия, различные субстраты на литорали создают условия для формирования высокого видового богатства и разнообразия водных макрофитов. Число видов растений здесь насчитывает 36, причем 10 из них – истинно-водные. Индекс Шеннона очень высок (5,0 бит/экз.). Дно центральной части бухты практически безжизненно. На нескольких станциях отмечены единичные экземпляры олигохет сем. Tubificidae. На скалистых стенках и каменистых свалах литорали и ниже до глубин 16 м – напротив, присутствует характерная для северной части Ладоги фауна реликтовых ракообразных, личинок комаров-хирономид и моллюсков (*Pallaseopsis quadrispinosa, Monoporeia affinis, Valvata* sp., *Tanytarsus* gr. *gregarius*).

В 2006 и 2015 гг. проводились подробные обследования бухты, которые показали, что всё дно профундали занято разными типами ила. Описано бактериальное покрытие (мат) сформировавшееся в районе форелевого хозяйства. По данным 2006 г. мат занимал площадь непосредственно под садками на глубине более 24 м. К 2015 г. площадь мата значительно увеличилась, он уже занимал треть площади кутовой части бухты, а его граница примерно совпадала с изобатой 15 м. Таким образом, в ходе проведенных работ не было выявлено существенных изменений растительного покрова, структуры фито-, зоопланктона и лимнологические характеристик. По всей видимости, это связано с водообменом поверхностного слоя вод бухты с остальной частью Ладоги. Поэтому все наблюдаемые параметры практически не выходят из значений нормы для открытой части озера. Однако, несмотря на относительно благополучную экологическую ситуацию в поверхностных горизонтах, на дне, из-за затрудненного водообмена, может накапливаться избыточное органическое вещество. Это отражается в характеристиках макрозообентоса и формировании бактериального мата. Существенное расширение площади мата за последние 10 лет может отражать серьезное ухудшение состояния экосистемы профундали бухты.

Zyryanov V.N.

EDDIES UNDER THE ICE IN THE EKMAN BOUNDARY LAYER WITH THE APPLICATION TO GIANT ICE RINGS ON LAKE BAIKAL

Water Problems Institute RAS, Moscow, Russia
v.n.zyryanov@yandex.ru , zyryanov@iwp.ru

In 2009 giant ice rings were discovered on Lake Baikal ice cover with the use of satellite images for the first time (Granin, 2009). In subsequent years, such rings were recorded regularly on satellite images on the ice sheet of Lake Baikal (Kouraev et al., 2016). The attentive examinations of satellite images from the previous years showed that rings were recorded even earlier, starting from the year 2001 (Kouraev et al., 2007, a, b). Similar rings were also discovered in 2008 on Lake Hovsgol in Mongolia (Kouraev et al., 2016).

Rings mentioned above have almost circular form of the diameter of 5-7 km, with the width of the darker and thinner ice of the order of 1 km (Kouraev et al., 2016). Of course, such giant rings could only be seen by satellites. Within and out of the ring the ice is white and the ice thickness reaches 1 m, while on the ring itself the ice thickness may be 20-30 cm and can be of a great danger for humans and cars. Under the ice hydrological measurements of currents and thermal structures of waters in the area of the rings shows (Kouraev et al., 2016), that under the ice ring in geostrophic area of the lake the anticyclonic vortex is located, and it results in upwelling of warmer deep water to the bottom of the ice surface, and leads to melting of ice from the bottom (Kouraev et al., 2016). But the question why the ice is being melted from the bottom side of the ice cover in the form of a ring still remains open. This paper is devoted to the theory of this phenomenon. Melting of the ice in the form of a ring occurs in the Ekman layer adjoining the lower surface of the ice. Let's have a look at the geostrophic anticyclonic eddy and the Ekman layer under the ice. In the cylindrical coordinates for

radial $v_r(r,z)$ and azimuthal $v_\varphi(r,z)$ velocities in the Ekman layer we obtain (Zyryanov, 1985):

$$v_r(r,z) = v_\varphi^{(g)}(r)\exp(-\alpha z)\sin(\alpha z)$$

$$v_\varphi(r,z) = -v_\varphi^{(g)}(r)[1-\exp(-\alpha z)\cos(\alpha z), \quad (1)$$

where $v_\varphi^{(g)}(r)$ is the azimuthal velocity in the geostrophic eddy (McCartney, 1975; Zyryanov, 1985), $\alpha = \sqrt{f/2E_v}$, f –dimensionless Coriolis parameter, $E_v = f_0 / A_z H_0^2$ – vertical Ekman number, A_z – coefficient of vertical turbulent exchange. The radial geostrophic velocity is excluded from (1) as it is equal to zero.

Consider a homogeneous fluid. Set the structure of the anticyclonic geostrophic eddy as the topographic eddy (McCartney, 1975; Zyryanov, 1985). In fact, as observation shows the rings normally occur in the corners of the canyons of Lake Baikal and the hydrodynamics of its' formation is not clear yet. Leaving aside for now the reasons of the formation of geostrophic eddies, we focus on the dynamics of flows in the Ekman layer. We assume that the kinematic of the geostrophic vortices in Lake Baikal is similar to topographic eddies. Note that both are anticyclonic. As it is seen from the developed theory warmer deep water rises within the anticyclonic geostrophic eddy into the Ekman layer. The most intensive horizontal and vertical water movements occur in the Ekman layer on the periphery of the geostrophic eddy – in the viscous Stuartson's layer. It is caused by the formation of the viscous Stuartson's layer on the side boundary of the geostrophic vortex. Horizontal velocity field in the under-ice vortex in the Ekman layer is strongly divergent. The velocity vector deviation angle from the tangent to the ring averages between 30° to 45° to the left of the ring based on the observation across the ice ring near cape Nizhnee Izgolov'e (Lake Baikal, 2014, April 3), (Kouraev et al., 2016). According to the theory, the velocity vector deviates by an angle of ~ 38° to the left of the ring.

We can make the main conclusion – melting of the ice cover from the bottom side in the form of a ring is due to the formation of the Stuartson's layer on the lateral surface of the geostrophic eddy and, as a result, generation of the divergent ring vortex in the Ekman layer under the ice.

The reported study is supported by RFBR research project 16-05-00209.

LIST OF PARTICIPANTS
СПИСОК УЧАСТНИКОВ

Abasov Nikolay L.A. Melentiev Institute of Energy Systems, Irkutsk, Russia nva@isem.irk.ru
Abukenova Veronika Karaganda State University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, The Republic of Kazakhstan abu-veronika@yandex.ru
Adamovich Boris Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus belaqualab@gmail.com
Aghajanyan Evelina Yerevan State University, RI "Biology", Yerevan, Armenia re_avalyan@mail.ru
Alekseeva Julia Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
Alyoshina Anastasia Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia delvig.nastya@gmail.com
Andrianova Anna Institute of computational modeling SB RAS, Krasnoyarsk, Russia AndrAV@icm.krasn.ru
Anikienko Inna Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia babushcinai@mail.ru
Anisimov Mikhail St. Petersburg University, St. Petersburg, Russia m.anisimov@spbu.ru
Annenkov Vadim Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia annenkov@lin.irk.ru
Annenkova Natalia Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia tasha.annenkova@gmail.com
Anoshko Pavel Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia apn000@mail.ru
Antokhina Olga V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia antokhina@iao.ru
Aslamov Ilya Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia ilya_aslamov@bk.ru
Astel Alexander Pomeranian University in Slupsk, Slupsk, Poland aleksander.astel@apsl.edu.pl
Axenov-Gribanov Denis Institute of Biology at Irkutsk State University, Irkutsk, Russia denis.axengri@gmail.com
Babenko Tatyana Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia krom_07@lin.irk.ru
Baigal-Amar Tuulaikhuu School of Agroecology, Mongolian University of Life Sciences, Institute of General and Experimental Biology, Mongolia tbaigalamar@muls.edu.mn
Balin Yuri V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia nsvtsk@gmail.com
Bashenkhaeva Maria Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia maria.bashenkhaeva@gmail.com
Baturina Natalia Novosibirsk State University, Institute of Systematics and Ecology of Animals, Novosibirsk, Russia Natalya.s.baturina@gmail.com
Baturina Maria Institute of Biology of KSC UB RAS, Syktyvkar, Komi Republic, Russia baturina@ib.komisc.ru
Bazarsadueva Selmeg Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russia bselmeg@gmail.com
Bazhenova Olga Omsk State Agrarian University named after P.A. Stlypin, Omsk, Russia olga52@bk.ru
Bazova Natalia Institute Of General And Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia selengan@yandex.ru
Bedoshvili Ekaterina Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia bedoshvilied@list.ru
Belikov Sergey Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia belikov@lin.irk.ru
Belkina Natalia Northern Water Problems Institute KarRC RAS, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia bel110863@mail.ru
Belov Sergey M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia Belov_Sergej@Mail.Ru
Belykh Olga Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia belykh@lin.irk.ru
Bessudova Anna Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia annabessudova@mail.ru
Bezmaternykh Dmitriy Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia bezmater@iwep.ru
Blinov Vadim Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia bwad@lin.irk.ru
Bobrov Vladislav V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia bobr@igm.nsc.ru
Bogdanov Bakhtiar Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia bakhtiar.bogdanov@mail.ru
Bogdanov Vladimir Editor-in-Chief of "Ecology"
Bolgov Mikhail Water Problems Institute RAS, Moscow, Russia bolgovmv@mail.ru
Bolotova Natalia Vologda State University, Vologda, Russia, bolotova.vologda@mail.ru
Bondarenko Nina Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia nina@lin.irk.ru
Bukhchuluun Tsegmid Institute of General and Experimental Biology, Mongolian State University of Life Sciences, Mongolia btsegmid@gmail.com
Bukin Sergey Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia sergeibukin@lin.irk.ru
Bukin Yuri Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia bukinyura@mail.ru
Burdiyan Natalia A.O.Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russia burdiyan@mail.ru
Butina Tatyana Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia tvbutina@mail.ru
Bystrova Ksenia Institute of Biology KarRC RAS, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia bystrovakseniia@gmail.com
Chekmareva Ekaterina Branch of the Institute of water problems RAS, Ivankovskaya NIS, Tver Region, Konakovo, Russia s_taya@list.ru
Chernitsyna Svetlana Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia sveta@lin.irk.ru
Chernogor Lyubov Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia lchernogor@mail.ru

Chernyshov Maxim Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia chernishov@lin.irk.ru
Chernyaev Gerar A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow, Russia gerarchernyaev@mail.ru
Chuiko Georgiy I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia gchuiko@mail.ru
Chuparina Elena A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia lchup@igc.irk.ru
Churilova Tatyana Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russia tanya.churilova@gmail.com
Darkazanli Mohamad Department of Experimental Biology and Biotechnologies, Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University, Yekaterinburg mdarkazanli@urfu.ru
Datsenko Yuri M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia yuri0548@mail.ru
Davydova Alexandra National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia starinshikova@mail.ru
Denisov Dmitriy Institute of North Industrial Ecology Problems KSC RAS, Apatity, Russia proffessuir@gmail.com
Diaz-de-Quijano Daniel Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia daniquijano@gmail.com
Dmitrieva Darya Petrozavodsk State University, Northern Water Problems Institute KarRC RAS, Republic of Karelia, Petrozavodsk, Russia dda290395@mail.ru
Dobretsov Nikolay Academician, Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia
Doenz Carmela Institute of Ecology and Evolution, Aquatic Ecology and Evolution, Bern, Switzerland carmela.doenz@eawag.ch
Dolid Evgeniy Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
Domysheva Valentina Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia hydrochem@lin.irk.ru
Downing John Large Lakes Observatory at the University of Minnesota Duluth, Duluth, USA
Drozdova Polina Irkutsk State University, The Institute of Biology, Irkutsk, Russia drozdovapb@gmail.com
Drucker Valentin Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia drucker@lin.irk.ru
Dzyuba Elena Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia e_dzuba@lin.irk.ru
Dulmaa Ayur Institute of General and Experimental Biology at Mongolian Academy of Sciences, Mongolia ayush_ch21@yahoo.com
Dyomin Viktor National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia dyomin@mail.tsu.ru
Efimova Lyudmila M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia ef_river@mail.ru
Eropova Irina Irkutsk State University, "Baikal Research Center", Irkutsk, Russia eropova.irina@yandex.ru
Fedorov Yuri Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia fed29@mail.ru
Fedorova Galina Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia fgalina@mail.ru
Fedotov Andrey Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia mix@lin.irk.ru
Fefilova Elena Institute of Biology of KSC UB RAS, Syktyvkar, Komi Republic, Russia fefilova@ib.komisc.ru
Fialkov Vladimir Baikal Museum ISC SB RAS, Irkutsk, Russia
Filatov Nikolay Northern Water Problems Institute KarRC RAS, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia nfilatov@rambler.ru
Flerova Ekaterina P.G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production – Federal State Budget Scientific Institution «Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Yaroslavl, Russia katarinum@mail.ru
Fokina Natalia Institute of Biology KarRC RAS, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia fokinann@gmail.com
Frolova Larisa Kazan Federal University, Kazan, Russia larissa.frolova@mail.ru
Gagarinova Olga V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia whydro@irigs.ru
Gaevsky Nikolay Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia nikgna@gmail.com
Galach'yants Agnia Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia agniagal@lin.irk.ru
Galakhina Natalia Northern Water Problems Institute KarRC RAS, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia kulakovanata@mail.ru
Garmaev Endon Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russia garend1@ya.ru
Gasarov Polycarp Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia gapovla@yandex.ru
Gerasimov Yuri I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia gu@ibiw.yaroslavl.ru
Glyzina Olga Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia glyzina@lin.irk.ru
Golobokova Lyudmila Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia lg@lin.irk.ru
Golova Viktoria FSBI State Scientific & Production Center of Fishery, Tuymen, Russia ecotoxic@gosrc.ru
Gomboev Bair Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russia bgom@binm.ru
Goncharov Alexander M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia mama15333@mail.ru
Gorbatov Evgeniy O.Y. Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS, Moscow, Russia e.s.gor@mail.ru
Gordon Richard University of Manitoba, Winnipeg, Canada dickgordoncan@gmail.com
Gorin Sergey VNIRO Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia gorinser@mail.ru
Gorshkov Alexander Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia gorchkov_ag@mail.ru
Granin Nikolay Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia nick@lin.irk.ru
Grachev Michael Academician, Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
Grechushnikova Maria M.V. Lomonosov Moscow State University, Water Problems Institute RAS, Mos-

cow, Russia allavis@mail.ru
Grigoriev Andrey A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute**,** St. Petersburg, Russia Andrey_Grigiryev@vsegei.ru
Grigorieva Irina Water Problems Institute RAS, Moscow, Russia Irina_Grigorieva@list.ru
Guildford Stephanie Journal of Great Lakes Research, University of Minnesota, Duluth, Minnesota, USA sguildfo@d.umn.edu
Gurkov Anton Irkutsk State University, "Baikal Research Center", Irkutsk, Russia a.n.gurkov@gmail.com
Gurulev Aleksev Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
Hambaryan Lusine Scientific Center of Zoology and Hydroecology NAS RA, Yerevan, Republic of Armenia lus-ham@yandex.ru
Hecky Robert Journal of Great Lakes Research, University of Minnesota, Duluth, Minnesota, USA rehecky@gmail.com
Ibragimova Aisylu Kazan Federal University, Kazan, Russia Ais5_ibragimova@mail.ru
Ieshko Evgeniy Institute of Biology KarRC RAS, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia ieshko@krc.karelia.ru
Ivanov Eugeniy Institute biological problems of cryolithozone SB RAS, Yakutsk, Republic of Sakha, Russia xdiev@yandex.ru
Itskovich Valeria Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia itskovich@mail.ru
Ivacheva Maria Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia ivacevam@gmail.com
Ivshina Irina Academician, Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms UB RAS, Perm, Russia
Izimetova Maria Ural branch of Gosrybcentr FSBSI, Yekaterinburg, Russia izimetova.marya.3105@yandex.ru
Izosimova Oksana Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia izosimova@lin.irk.ru
Jewson David University of Ulster, Northern Ireland
Kalinkina Natalia Northern Water Problems Institute KarRC RAS, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia cerioda@mail.ru
Kalitina Elena Far East Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia microbiol@mail.ru
Kanaya Gen National Institute for Environmental Studies, Japan gen@nies.go.jp
Kaplyukova Julia Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
Karnaukhov Dmitriy Irkutsk State University, Irkutsk, Russia karnauhovdmitrii@gmail.com
Karnaukhova Galina Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia karnauh@crust.irk.ru
Kazakov Andrey Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia kazakov.gis@gmail.com
Kirilin Georgiy Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Berlin, Germany kirillin@igb-berlin.de
Kirillov Vladimir Institute for Water and Environmental Problems RAS, Barnaul, Russia vkirillov@iwep.ru
Kirilchik Sergey Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia kir@lin.irk.ru
Khabuev Andrey Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia shock@lin.irk.ru
Khalzov Inav Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia i_halz@lin.irk.ru
Khanaev Igor Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia igkhan@lin.irk.ru
Khludnev Georgiy Irkutsk State University, Irkutsk, Russia gosha00@inbox.ru
Khlystov Oleg Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia khloleg45@yandex.ru
Khodzher Tamara Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia khodzher@lin.irk.ru
Kholmogorova Nadezhda Udmurt State University, Izhevsk, Russia Nadjaholm@mail.ru
Khuriganova Olga Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia Khuriganowa@lin.irk.ru
Klimova Yna I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, Borok, Russia yna.klim@mail.ru
Kokryatskaya Natalia N.P. Laverov Federal Center for integrated Arctic Research RAS, Arkhangelsk, Russia nkokr@yandex.ru
Kolpakova Elena N.P. Laverov Federal Center for integrated Arctic Research RAS, Arkhangelsk, Russia kolpelen@yandex.ru
Kondratyeva Lyubov Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia kondratevalm@gmail.com
Kononov Eugeniy Limnological Institute SB RAS, V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia ekon@7395.ru
Konstantinova Elena Irkutsk state University, Irkutsk, Russia helena.vip.lena1998@mail.ru
Kopyrina Lyubov Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, Russia l.i.kopyrina@mail.ru
Koroleva Anastasia Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia takonedo.bb@mail.ru
Koroleva Irina Institute of North Industrial Ecology Problems KSC RAS, Apatity, Russia koririn@yandex.ru
Kosova Anna Institute of North Industrial Ecology Problems KSC RAS, Apatity, Russia annkosova1976@yandex.ru
Kostrova Svetlana Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Research Unit Potsdam, Potsdam, Germany; Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia Svetlana.Kostrova@awi.de
Kotovshchikov Anton Institute for Water and Environmental Problems RAS, Barnaul, Russia kotovschik@iwep.ru

Kotsar Oleg Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
Kouraev Alexei University of Toulouse, Toulouse, France kouraev@legos.obs-mip.fr
Kouřil Jan University of South Bohemia in Ceske Budejovice, Faculty of Fisheries and Protection of Waters, Husova, Czech Republic kouril@frov.jcu.cz
Kovalenko Anna Gosrybcentr FSBSI, Tyumen, Russia gidrochim@gosrc.ru
Krasnopeev Andrey Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia andrewkrasnopeev@gmail.com
Ksenofontova Marta Institute of Applied Ecology of the North, Yakutsk, Russia ksemaria@mail.ru
Kudryavtsev Alexandr Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia kudrphys55@mail.ru
Kulakova Nina Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia kulakova@lin.irk.ru
Kulikova Natalia Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia kulikova@lin.irk.ru
Kulikovskiy Maxim K.A. Timiryazev Institute of Plant Physiology RAS, Moscow, Russia max-kulikovsky@yandex.ru
Kustova Olga Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia kustova_ov@lin.irk.ru
Kuzmin Michael Academician, Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia
Kuzmina Lena Yakutsk branch of Gosrybcentr FSBSI, Yakutsk, Russia kuzmina_lena_in@inbox.ru
Leonova Galina V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia leo-nova@igm.nsc.ru
Likhoshway Elena Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia yel@lin.irk.ru
Lipko Irina Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia irinalipko@yandex.ru
Litasova Alyona Perm scientific center UD RAS, Perm, Russia alyona12.92@mail.ru
Lomakina Anna Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia lomakina@lin.irk.ru
Lubyaga Yuliya The Institute of Biology at Irkutsk State University, “Baikal Research Center”, Irkutsk, Russia yuliya.a.lubyaga@gmail.com
Lukerin Aleksey Altai Branch of Gosrybcentr FSBSI, Barnaul, Russia artemiaprgn@mail.ru
Lukhnev Anton Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia luhnev.ant@yandex.ru
Madyarova Ekaterina The Institute of Biology at Irkutsk State University, “Baikal Research Center”, Irkutsk, Russia madyarovae@gmail.com
Magritskiy Dmitriy M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia magdima@Yandex.ru
Maikova Olga Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia idboo8@mail.ru
Majhi Sullip Kumar ICAR-National Bureau of Fish Genetic Resources, Telibagh, Lucknow, India sul-lipkm@gmail.com
Makarevich Tamara Belarusian State University, Republic of Belarus, Minsk makarta@tut.by
Makarkina Natalia Irkutsk State University, Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia pet-rych_m_n@mail.ru
Makarov Mikhail Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia mmmsoft@hlserver.lin.irk.ru
Mamedova Tamara Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
Mamontov Anatoliy Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia mamontov@lin.irk.ru
Man’kovsky Viktor Marine Hydrophysical Institute RAS, Sevastopol, Russia mankovskiy@mhi-ras.ru
Marchenkov Artem Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia marchenkov.am@bk.ru
Marinaite Irina Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia marin@lin.irk.ru
Maslikova Oksana Water Problems Institute RAS, Moscow, Russia ensut78@gmail.com
Massol Francois University of Lille, France francois.massol@univ-lille1.fr
Matafonov Dmitriy Baikalian Branch of Gosrybcentr FSBSI, Ulan-Ude, Russia dimataf@yandex.ru
Matafonov Peter Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita Russia ben-thos@yandex.ru
Matveev Arkadiy Irkutsk State University, Irkutsk, Russia matvbaikal@mail.ru
Maximova Eugeniya Irkutsk State University, Irkutsk, Russia evgen_max@list.ru
Maximova Natalia Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia max@lin.irk.ru
Maximova Olga State Research Institute of Lake and River Fisheries, St. Petersburg, Russia olgamaxi-mova@mail.ru
Mayor Tatyana Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia tatyanabfo@mail.ru
Medvezhonkov Vasily Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
Medvezhonkova Olga Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia popova-olga87@yandex.ru
Medvinsky Alexander Institute of Theoretical and Experimental Biophysics RAS, Pushchino, Russia alexan-der_medvinsky@yahoo.com
Mihaylenko Anna Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia avmihaylenko@sfedu.ru
Mikhailov Ivan Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia mikhailov-89@mail.ru
Mikhailova Lyudmila Northern Trans-Ural State Agricultural University, Gosrybcentr FSBSI, Tyumen, Russia ecotoxic@gosrc.ru
Mincheva Elena Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia elenakuznetsova01@gmail.com
Mitrofanova Elena Institute for Water and Environmental Problems RAS, Barnaul, Russia emit@iwep.ru
Mizandrontsev Igor Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia mizandr@lin.irk.ru
Molkova Alena Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia molkova-1980@rambler.ru
Molozhnikova Elena Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia yelena@lin.irk.ru

Moore Marianne Dept. of Biological Sciences, Wellesley College, USA mmoore@wellesley.edu
Morenko Svetlana Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
Morozko Anastasia Novosibirsk branch of Gosrybcentr FSBSI, Novosibirsk, Russia nagayka.88@mail.ru
Morozov Aleksey Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia morozov@lin.irk.ru
Murzina Svetlana Institute of Biology KarRC RAS, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia murzina.svetlana@gmail.com
Naganawa Hidetoshi The United Graduate School of Agricultural Science, Gifu University, Japan naganawa@doctor.interq.or.jp
Nagornaya Galina Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
Nalugwa Allen Makerere University, Uganda allennalugwa@yahoo.co.uk
Nasonov Sergey V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia nsvtsk@gmail.com
Natyaganova Antonina Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia avn61@mail.ru
Naumkina Dina Novosibirsk branch of Gosrybcentr FSBSI, Novosibirsk, Russia d541089@gmail.com
Naumova Elena Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia elena.baikalensis@gmail.com
Naumova Tatyana Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia tvnaum@lin.irk.ru
Nazarova Anna Irkutsk State University, Irkutsk, Russia Annazarova1995@gmail.com
Nefedova Zinaida Institute of Biology KarRC RAS, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia peksvetlana@mail.ru
Netsvetaeva Olga Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia r431@lin.irk.ru
Nikulina Yulia National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia julianikulina0506@gmail.com
Nigmatullin Niyaz Kazan Federal University, Kazan, Russia niyaz.nigmatullin.1995@mail.ru
Niska Monika Pomeranian University in Słupsk, Institute of Geography and Regional Studies, Poland monika.niska@apsl.edu.pl
Obolewski Krystian Kazimierz Wielki University, Polish obolewsk@ukw.edu.pl
Obolklin Vladimir Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia obolkin@lin.irk.ru
Obolklina Lyubov Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia ola@lin.irk.ru
Onishchuk Natalia Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia onischuk@lin.irk.ru
Osipov Eduard Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia eduard@lin.irk.ru
Osipova Olga V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia olga@irigs.irk.ru
Ovdina Ekaterina V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia ovdina@igm.nsc.ru
Pavlov Igor Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude,Russia, Russia pavlov@binm.ru
Pavlova Olga Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia pavlova@lin.irk.ru
Panchenko Mikhail V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia pmv@iao.ru
Paradina Lyudmila Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia paradina@lin.irk.ru
Parmon Valentin Academician, RAS Vice-President SB RAS President, Novosibirsk, Russia
Pekkoeva Svetlana Institute of Biology KarRC RAS, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia peksvetlana@mail.ru
Penkova Olga Irkutsk State University, Irkutsk, Russia olg-penkova@yandex.ru
Perry Carole School of Science & Technology, Nottingham, UK
Pestunov Dmitriy V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Polytechnic University, Tomsk, Russia pest@iao.ru
Poberezhnaya Alexandra Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia poberezhnaya@lin.irk.ru
Podlesnaya Galina Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia Podlesnaya@lin.irk.ru
Pogodaeva Tatyana Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia tatyana@lin.irk.ru
Poletaeva Vera A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS alieva@igc.irk.ru
Poroshina Anastasia Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia bbc170304@gmail.com
Potapov Sergey Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia poet1988@list.ru
Potemkina Tatyana Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia tat_pot@lin.irk.ru
Pozdnykov Shamil Institute of Limnology RAS, St Petersburg, Russia lake@limno.org.ru
Protasov Evgeniy Institute of Biology at Irkutsk State University, Irkutsk, Russia protasov.evgenii@gmail.com
Prozorova Larisa FSC East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, Vladivostok, Russia lprozorova@mail.ru
Prusevich Lidia Novosibirsk branch of Gosrybcentr FSBSI, Novosibirsk, Russia sibribniiproekt@mail.ru
Puzanov Alexander Institute for Water and Environmental Problems RAS, Barnaul, Russia puzanov@iwep.ru
Radnaeva Larisa Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russia radld@mail.ru
Raynaud Dominique National Research Center in Grenoble, France dominique.raynaud@univ-grenoble-alpes.fr
Romanov Roman Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Institute for Water and Environmental Problems of the SB RAS, Novosibirsk, Russia romanov_r_e@ngs.ru
Rozhkova Natalia Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia rozhkova@lin.irk.ru
Rubtsova Maria Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia rubtsova83@inbox.ru
Rudchenko Anastasia Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia rudchenko.a.e@gmail.com
Rudstam Lars Cornell University, Department of Natural Resources, Biological Field Station at Shackelton Point, NY, USA lgr1@cornell.edu
Ryazanov Mark Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia ryaza-

nov.marikysk2010@gmail.com
Ryzhakov Alexandr Northern Water Problems Institute KarRC RAS, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia irina_potapova@inbox.ru
Sabylina Albina Northern Water Problems Institute of KarRC RAS, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia efremova.nwpi@mail.ru
Sakirko Maria Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia Sakira@lin.irk.ru
Sandel Michael University of West Alabama, Livingston, USA msandel@uwa.edu
Sapelko Tatyana Institute of Limnology RAS, St Petersburg, Russia tsapelko@mail.ru
Sapozhnikova Yulia Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia jsap@mail.ru
Savchenko Nikolay Novosibirsk State Agricultural University, Novosibirsk, Russia savchenkonv52@mail.ru
Savkin Valeriy Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia savkin@iwep.nsc.ru
Saydakova Lyubov Novosibirsk Teachers' Professional Re-Training Institute, Novosibirsk, Russia lasaidakova@mail.ru
Sayvanova Svetlana Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia ms.svetikss@mail.ru
Semenchenko Sergey Gosrybcentr FSBSI, Tyumen, Russia semsm07@yandex.ru
Semenov Mikhail Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia msemenov@lin.irk.ru
Semenova Lidia Gosrybcentr FSBSI, Tyumen, Russia ecology@gosrc.ru
Selz Oliver Department of Fish Ecology and Evolution, Centre for Ecology, Evolution & Biogeochemistry, Eawag; Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Kastanienbaum, Switzerland oliver.selz@eawag.ch
Shatsky Andrey State Research Institute of Lake and River Fisheries, St. Petersburg, Russia shatsky72@yandex.ru
Shchapova Ekaterina Irkutsk State University, Institute of Biology at Irkutsk State University, Irkutsk, Russia shchapova.katerina@gmail.com
Shcherbul Zinaida Institute of Geothermal Problems DSC RAS, Makhachkala, Russia ipgzina@rambler.ru
Sherbakov Dmitriy Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia sherb@lin.irk.ru
Sherstyankin Pavel Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia ppsherst@lin.irk.ru
Sheveleva Natalia Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia shenv@lin.irk.ru
Shikano Shuichi Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, Sendai, Japan shikano@tohoku.ac.jp
Shimaraev Mikhail Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia shimaraev@lin.irk.ru
Shiretorova Valentina Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russia vshiretorova@rambler.ru
Shirokova Yulia Irkutsk State University, Institute of Biology at Irkutsk State University, Irkutsk, Russia yuliashirokova2501@gmail.com
Shishlova Marina Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia hishlova1@rambler.ru
Shishlyannikov Sergey Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia sershi@lin.irk.ru
Shishlyannikova Tatyana Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia tatiano@mail.ru
Shitova Marina N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Moscow, Russia shitova-m@rambler.ru
Shkiria Mikhail Irkutsk National Research Technical University. OOO "GELIOS", Irkutsk, Russia shkirya.ms@gmail.com
Shorina Natalia N.P. Laverov Federal Center for integrated Arctic Research RAS, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia nvshorina@yandex.ru
Shtykova Yulia Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia tulupova@lin.irk.ru
Shubenkova Olga Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia olya@lin.irk.ru
Shul'ga Tatyana Marine Hydrophysical Institute RAS, Sevastopol, Russia shulgaty@mail.ru
Sidorova Tuyana Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia tuyana_be@mail.ru
Simonenko Denis V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia simon@iao.ru
Silow Eugeniy Irkutsk State University, Institute of Biology, Irkutsk eugenesilow@gmail.com
Sinyukovich Valeriy Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia sin@lin.irk.ru
Sitnikova Tatyana Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia sit@lin.irk.ru
Slaveykova Vera University of Geneva, Geneva, Switzerland
Slukovskii Zakhar Institute of Geology KarRC RAS, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia slukovskii_z@igkrc.ru
Smeshlivaya Natalia Gosrybcentr FSBSI, Tyumen, Russia nsmeshlivaya@mail.ru
Smirnov Vasily Baikal Museum ISC RAS, Listvyanka, Russia bmsmirnov@mail.ru
Solovyev Mikhail Institute of Systematics and Ecology of Animals, Novosibirsk, Russia yarmak85@mail.ru
Sorokovikova Larisa Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia lara@lin.irk.ru
Stepanova Vera Gosrybcentr FSBSI, Tyumen, Russia ecology@gosrc.ru
Stepanova Olga Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia sog@lin.irk.ru
Sterner Robert Large Lakes Observatory at the University of Minnesota Duluth, USA stern007@umn.edu
Strakhovenko Vera V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia strahova@igm.nsc.ru
Sturm Michael Eawag, Dubendorf, Switzerland michel.sturm@emeriti.eawag.ch
Subetto Dmitry Northern Water Problems Institute KarRC RAS, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia

subetto@mail.ru
Sukhanova Elena Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia Sukhanovalena17@gmail.com
Sukhanova Lyubov Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia lsukhanova@lin.irk.ru
Suslin Vyacheslav Marine Hydrophysical Institute RAS, Sevastopol, Russia slava.suslin@mhi-ras.ru
SuslayevValentin National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia susl@mail.tsu.ru
Suslova Maria Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia suslova@lin.irk.ru
Sutorikhin Igor Institute for Water and Environmental Problems RAS, Barnaul, Russia sia@iwep.ru
Suturin Alexander Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia san@lin.irk.ru
Sutyrina Ekaterina Irkutsk State University, Irkutsk, Russia ensut78@gmail.com
Tanabe Yukiko National Institute of Polar Research, Japan ukko@nipr.ac.jp
Tabakova Maria Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia mary.1311@mail.ru
Tanaka Yuji Tokyo University of Marine Science and Technology, Japan ytanaka@kaiyodai.ac.jp
Taraskin Vasiliy Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russia vvtaraskin@mail.ru
Tasiemski Aurelie University of Lille, Lille, France aurelie.tasiemski@univ-lille1.fr
Terekhov Anton Institute of Limnology RAS, St Petersburg, Russia antonvterekhov@gmail.com
Teryaeva Irina Altai branch of Gosrybcentr FSBSI, Barnaul, Russia artemiaprgn@mail.ru
Tikhonova Irina Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia iren@lin.irk.ru
Timchenko Alexander Director General, Association of Lake Regions, Irkutsk, Russia
Timoshkin Oleg Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia tim@lin.irk.ru
Titova Lyubov Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia titova_873@mail.ru
Toda Kei Kumamota University, Japan
Tolmachova Yulia Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia tjul78@mail.ru
Trifonov Andrey National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia packtrif@mail.ru
Troitskaya Elena Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia elena.troitskaya@lin.irk.ru
Tsegmid Namsraijav Mongolian State University of Agriculture Ulaanbaatar, Mongolia ab-hantse@yahoo.com
Tulochonov Arnold BINM SB RAS, Ulan-Ude, Burvatia, Russia aktulohonov@binm.ru
Turchaninova Irina Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
Tyagun Marina Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia mary@lin.irk.ru
Ulzetueva Irina Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russia idulz@mail.ru
Urabe Misako School of environmental Science, the University of Shiga Prefecture, Japan ura-be@ses.usp.ac.jp
Urgamal Magsariin Institute of General and Experimental Biology, Ulaanbaatar, Mongolia urgaa2007@gmail.com
Uskova Svetlana Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia uskova.ss@yandex.ru
Ushakov Mikhail North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute named after N.A. Shilo FEB RAS, Magadan, Russia mvilorich@narod.ru
Usoltseva Marina Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia usmarina@inbox.ru
Vakhrameeva Elena N.P. Laverov Federal Center for integrated Arctic Research RAS, Arkhangelsk, Russia vakhr-elena@yandex.ru
Vandysh Oksana Institute of North Industrial Ecology Problems KSC RAS, Apatity, Russia vandysh@inep.ksc.ru
Vereshchagina Ksenia Institute of Biology at Irkutsk State University, Irkutsk, Russia k.p.vereshagina@gmail.com
Vesnina Lyubov Altai branch of Gosrybcentr FSBSI, Barnaul, Russia artemiaprgn@mail.ru
Vitkovskaya Irina Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia demina.irina@bk.ru
Volkova Ekaterina Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia volkova@lin.irk.ru
Vologina Elena Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia vologina@crust.irk.ru
Vorobyov Danil National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia danilvorobiev@yandex.ru
Vorobyeva Irina V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia irene@irigs.irk.ru
Vorobyova Svetlana Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia lana@lin.irk.ru
Voronin Viktor Institute of Biology KarRC RAS, Petrozavodsk, Russia voronen-viktor@mail.ru
Vizer Lyubov Novosibirsk branch of Gosrybcentr FSBSI, Novosibirsk, Russia vizer51@mail.ru
Wanzenböck Josef Research Institute for Limnology Mondsee, University of Innsbruck, Mondsee, Austria josef.wanzenboeck@uibk.ac.at
Winfield Ian University of Manitoba, Winnipeg, Canada ijw@ceh.ac.uk
Wiśniewski Ryszard Department of Hydrobiology, Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Poland wisniew2@ukw.edu.pl
Yadrenkina Elena Institute of Systematics and Ecology of Animals, Novosibirsk, Russia Yadrenki-na@eco.nsc.ru
YakhnenkoAlena Irkutsk State University, yakhnenkoas@gmail.com
Yakhnenko Vera Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia vera@lin.irk.ru
Yamamuro Masumi Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, Kashiwa, Japan yama-muro@edu.k.u-tokyo.ac.jp
Yanygina Lyubov Institute for Water and Environmental Problems RAS, Barnaul, Russia yan_lv@mail.ru

Yeletskaya Elena Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia Lena-Gtfrid@mail.ru
Yermolaeva Nadezhda Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Novosibirsk, Russia hope413@mail.ru
Yurlova Natalia Institute of Systematics and Ecology of Animals, Novosibirsk, Russia yurlova@ngs.ru
Zabelina Svetlana N.P. Laverov Federal Center for integrated Arctic Research RAS, Arkhangelsk, Russia svetzabelina@gmail.ru
Zaidykov Igor Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia igorrock11@gmail.com
Zayakina Svetlana V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia zayak@igm.nsc.ru
Zemskaya Tamara Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia tzema@lin.irk.ru
Zhdanov Andrey Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia listandy@mail.ru
Zhdanova Anastasia V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia zhdanova@igm.nsc.ru
Zheleznyakov Vladimir Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia
Zherebtsov Geliy Academician, Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia
Zhukova Tatyana Naroch Biological Station named after G.G. Vinberg, Republic of Belarus, Minsk tvzhukova@tut.by
Zimens Ekaterina Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia zimens@lin.irk.ru
Zinnatova Elvira Kazan Federal University, Kazan, Russia zinnatova.1994@mail.ru
Zvereva Julia Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia zvereva@lin.irk.ru
Zobkova Maria Northern Water Problems Institute KarRC RAS, Republic of Karelia, Petrozavodsk, Russia rincalika21@yandex.ru
Zolnikova Irina Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia irinamn555@yandex.com
Zubkov Ilya Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia ilyagosldstein@gmail.com
Zyryanov Valery Water Problems Institute RAS, Moscow, Russia v.n.zyryanov@yandex.ru
Zuyev Yuri State Research Institute of Lake and River Fisheries, St. Petersburg, Russia yzuyev@ya.ru
Zuyeva Nadezhda Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia nady.zuyeva@ya.ru

INTERNATIONAL CONFERENCE
«FRESHWATER ECOSYSTEMS – KEY PROBLEMS»

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ПРЕСНОВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ – СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ»

10-14 SEPTEMBER, 2018
10-14 СЕНТЯБРЯ, 2018

ABSTRACTS
ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ И СТЕНДОВЫХ СООБЩЕНИЙ

Издано в авторской редакции

Подписано в печать 22.08.2018 г. Формат 60×84 1/8
Бумага офсетная. Гарнитура шрифта «Times New Roman»
Печать офсетная
Печ. л. 46.5. Тираж 300 экз. Заказ № 1539

Отпечатано в ООО «Мегапринт»
664025, г. Иркутск, ул. С. Разина, 42, оф.3
Тел.: 8 (3952) 20-20-59