

Краткий отчет

«СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ (по состоянию на сентябрь 2018 г.)»¹

Экспедиция проходила на НИС «В.А. Коптюг».

Сроки проведения: 16 – 31 сентября 2018 г.

Район работ – весь Байкал (см. карту, рис. 1)².

Состав экспедиции (см. фото ниже): д.б.н. Тимошкин О.А. (нач. отряда), к.б.н. Зайцева Е.П. (зам. нач. отряда), к.б.н. Непокрытых А.В., н.с. Лухнев А.Г., к.б.н. Побережная А.Е., инж. Гула М.И., асп. Подлесная Г.В., студентка ИГУ Жуйкова Н.С., проф. Мур Мэриэнн (Колледж Уеллсли, США), проф. Ямамуро Масуми (Токийский университет, Япония), проф. Танабе Юкико (Японский институт арктических исследований, Япония).

Водолазы: Черных В.И., Ющук Ю.А.



Основная цель: провести междисциплинарные исследования прибрежной зоны озера и оценить ее экологическое состояние в сентябре 2018 г.

Основные задачи экспедиции: 1) Снятие многолетних данных по придонной температуре на стандартных станциях (логгеры

¹ Отчет составлен Тимошкиным О.А. по результатам экспедиции на НИС «В.А. Коптюг».

² Карта любезно предоставлена к.б.н. Зайцевой Е.П.

автоматического зондирования TidBit); 2) Оценка состояния популяций ветвистых губок в 2018 г. по следующим критериям: 2.1) макрофотографирование и видеопрофилирование губок на двух стандартных трансектах в Южном Байкале; 2.2) макрофотографирование по 5-7 особей *Lubomirskia baikalensis*, собранных с гл. 5-10 м на стандартных станциях наблюдений, рассредоточенных по всему Байкалу; типов их повреждений и обрастаний; 3) отбор проб урути и элодеи (модельные виды макрофитов для выявления эвтрофированных участков озера); 4) отбор проб фитопланктона в 100 м от берега на всех станциях (сопутствующие измерения температуры воды, прозрачности); 5) отбор проб фитобентоса на минитрансектах (урез – 1.5 м), а также – на полных стандартных трансектах многолетних наблюдений (урез; 0.5; 1; 3; 7 м) stone-unit методом; 6) оценка размеров и состава береговых скоплений детрита (Заречное, Сеногда, о. Бол. Ушканий, бух. Максимиха и др.); 7) отбор проб макрозообентоса вдоль стандартных трансект во всех 3-х котловинах озера: (методы – stone-unit, рамка 1/10 м²) на глубинах 1; 3; 7 м на трансектах: м. Берёзовый, пос. Листвянка, БЦБК (2 трансекты), м. Елохин (2 трансекты), бух. Карганте, м. Нюргон, м. Ижимей, о. Б. Ушканий, напротив пос. Заречное; 8) отбор проб воды на содержание микропластика; 9) отбор гидрохимических проб интерстициальной и озерной воды; 10) отбор микробиологических проб интерстициальной и озерной воды; 11) общая оценка и количественные характеристики загрязнения побережий Малого моря твердыми бытовыми отходами (ТБО) на примере бухты Хоргойская (Малое море).

Большая часть материалов находится в стадии обработки. Ниже приведены выдержки из полевого дневника нач. экспедиции, Тимошкина О.А. и краткие выводы по экологическому состоянию прибрежной зоны озера Байкал. Как правило, краткие описания ситуации приведены для стандартных подводных трансект, на которых отбор проб осуществляется более 10 лет.

Анализ проб макрофитов, а также предоставленные фотографии выполнены автором отчета.

Внимаю читателей, ограниченных временем:

Выводы по каждому разделу отчета выделены красным цветом, наиболее общие выводы и оценка приведены в конце отчета.

СОДЕРЖАНИЕ

Название раздела:	Стр.
Введение: состав, сроки проведения, основные цели экспедиции	1, 2
Карта-схема Байкала и маршрут экспедиции	4
I. РАСПРОСТРАНЕНИЕ СПИРОГИРЫ И СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОЗ. БАЙКАЛ (НА СТАНДАРТНЫХ СТАНЦИЯХ НАБЛЮДЕНИЙ):	4
16–17; 19 сентября 2018 г. Залив Листвяничный	4
18 сентября 2018 г. Напротив БЦБК	5
18 сентября 2018 г. Напротив пос. Култук	5
19 сентября 2018 г. Залив Большие Коты и наиболее вероятные причины исчезновения феномена массового развития спирогиры	5
20 сентября 2018 г. Прибрежная зона напротив пос. Большое Голоустное	7
21 сентября 2018 г. Бухта Ая	7
21 сентября 2018 г. Бухта Хоргойская и проблема твердых бытовых отходов на Ольхоне	7
22 сентября 2018 г. Малое море, бухта Каргантэ (материковая часть) и напротив мыса Нюргон (о. Ольхон)	8
23 сентября 2018 г. Малое море, о. Ольхон. Бухта Шаманка, напротив Хужиры	10
23 сентября 2018 г. напротив мыса Ижимей (о. Ольхон)	10
24 сентября 2018 г. Баргузинский залив, напротив пос. Максимиха	10
25 сентября 2018 г. о. Большой Ушканий, бухта Северная	10
26 сентября 2018 г. Прибрежная зона возле мыса Бол. Солонцовый	10
26 сентября 2018 г. мыс Елохин	11
27 сентября 2018 г. бух. Сеногда	11
27 сентября 2018 г. напротив пос. Заречный	12
28 сентября 2018 г. губа Фролиха	12
28 сентября 2018 г. губа Аяя	12
28 сентября 2018 г. Банка экспедиции Дриженко	12
ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ	12-13
ЧАСТЬ II. ИЛЛЮСТРАЦИИ (рис. 2 – 25)	14-37



Рис. 1. Маршрут кругобайкальской экспедиции на НИС «В.А. Коптюг», сроки работ: 16.09.2018 - 30.09.2018 г. (карта составлена Е.П. Зайцевой).

I. РАСПРОСТРАНЕНИЕ СПИРОГИРЫ И СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОЗ. БАЙКАЛ (НА СТАНДАРТНЫХ СТАНЦИЯХ НАБЛЮДЕНИЙ)

16–17; 19 сентября 2018 г. Залив Листвяничный.

Вследствие быстрого повышения уровня воды в озере, практически по всему заливу создается ложное впечатление первозданной чистоты камней (=отсутствие обрастаний) и улучшения экологической ситуации (рис. 2). Однако, «чистые» камни в большинстве исследованных станций обнаруживаются лишь до глубины 1–1.5 м; из-за резкого повышения уровня воды в озере верхняя граница массовых зарослей спиругиры в сентябре 2018 г. просто была расположена глубже, чем в предшествующие годы.

На самом же деле, как и в прежние годы, каменистое дно залива на глубине 1.5 м и более было покрыто обильными обрастаниями

нитчаток, не менее чем на 90% состоящих из *Spirogyra* «морфотип 1» (рис. 3). Массовое развитие спирогиры здесь наблюдается круглогодично. Изменения донных сообществ катастрофические.

18 сентября 2018 г. Напротив БЦБК. Как и прежде, на глубинах до 3 м один из доминантов – *Spirogyra* «морфотип 1» (второй район круглогодичного массового развития спирогиры), на гл. 7 м доминируют сине-зеленые, в том числе – представители рода *Tolypothrix* (рис. 4).

18 сентября 2018 г. Напротив пос. Култук. Соскоб обрастаний с камней вокруг Угольного пирса. 100% доминант – спирогира морфотип 1 (рис. 5), с примесью 3-4 морфотипов, включая самый красивый – толстый 4-хлоропластный с тонкими хлоропластами и простой септой.

19 сентября 2018 г. Залив Большие Коты.

Ситуация в заливе является единственным положительным примером, когда состояние дна изменилось в лучшую сторону.

На протяжении 2011–2016 гг. каменистое дно прибрежной зоны залива в пределах поселка (от стационара ЛИН СО РАН на юге до гостиницы «Маяк» на севере) к сентябрю было практически сплошь (до 100% площади проективного покрытия дна) покрыто зарослями спирогиры морфотипа 1 (рис. 6.1–6:3). В сентябре 2017 г. эта картина, сохранявшаяся на протяжении 6 последних лет, начала меняться. Напротив студенческой столовой, где развитие спирогиры было наиболее массовым, водоросль практически исчезла (рис. 6.4–6:5)! Но на «окраинах» залива, а именно – напротив стационара ЛИН СО РАН и гостиницы «Маяк», цветение водоросли оставалось обильным.

В 2018 г. ситуация со спирогирой в заливе кардинально изменилась в лучшую сторону. Все мои попытки обнаружить массовые заросли спирогиры в заливе Бол. Коты «не увенчались успехом»! На всех 5-ти стандартных минитрансектах, расположенных вдоль береговой зоны залива, вплоть до сентября месяца, камни были лишены обильных зеленых обрастаний (рис. 6.6–6:7), а таксономический состав и обилие фитобентоса были такими же, как до начала экокризиса.

Важный вопрос: каковы причины, которые могли привести к практически полному исчезновению этой чужеродной для Байкала

водоросли в заливе Бол. Коты? По результатам экспедиции сентября 2018 г. достоверно можно утверждать, что ни глобальное потепление климата, ни колебание уровня, ни какие-либо другие абиотические факторы не могут являться причиной позитивных изменений в заливе. Перечисленные абиотические факторы универсальны и, очевидно, одинаково воздействуют на мелководные сообщества как в зал. Большие Коты, так и на каменистых участках прибрежной зоны напротив пос. Листвянка и Бол. Голоустное. Известно, что эти прибрежные поселки расположены всего лишь в 15–20 км от Бол. Котов. Но ситуация со спорогирой кардинально изменилась только в заливе Бол. Коты. В сентябре 2018 г. массовое развитие спорогиры «морфотипа 1» было характерно как для окрестностей Листвянки, так и Бол. Голоустного (см. данные наблюдений выше и ниже).

В 2015–2016 гг. сотрудниками Лаборатории биологии водных беспозвоночных ЛИН СО РАН были проведены следующие мероприятия: 1) чтение лекций об экологической ситуации в прибрежной зоне озера Байкала вообще и в заливе – в частности; 2) подготовка и распространение буклета *“НЕТ ФОСФАТНЫМ ПОРОШКАМ НА БАЙКАЛЕ”* (рис. 7). Лекции были прочитаны студентам Иркутского педуниверситета, а также студентам биолого-почвенного и географического факультетов Иркутского госуниверситета, проходящим летнюю практику на базе биостанции в Бол. Котах. Кроме того, эти лекции были также прочитаны в нескольких библиотеках и других публичных площадках г. Иркутска. Буклет на протяжении двух-трех летних сезонов распространялся среди жителей пос. Большие Коты, хозяев местных гостиниц, туристов, а также студентов-практикантов. По сообщению декана биолого-почвенного факультета, проф. Матвеева А.Н., для нужд студентов, проходящих практику в на биостанции пос. Бол. Коты, с 2015 г. закупаются исключительно бесфосфатные стиральные порошки и хозяйственное мыло (ведомости по закупке были предоставлены). По устному сообщению к.б.н. Бедулиной Д. (НИИ биологии при ИГУ), на территории биостанции, принадлежащей Институту, с 2015 г. применялись исключительно бесфосфатные стиральные порошки и моющие средства, в качестве спонсорской помощи предоставляемые фирмой SPLAT. Подобные же моющие средства (как основа) с 2016 г. стали приобретаться для ученых, работающих на стационаре Лимнологического института СО РАН.

ВЫВОД: Как это было показано ранее, *Spirogyra* “morphotype 1” является чувствительным индикатором загрязнения прибрежной зоны бытовыми сточными водами (Timoshkin, 2018; Timoshkin et al., 2018). Данные 7-летних натурных наблюдений в заливе Бол. Коты свидетельствуют о косвенной взаимосвязи между массовым развитием водоросли и применением фосфатсодержащих стиральных порошков и моющих средств. Следовательно, природоохранным ведомствам и Минприроды необходимо срочно разработать мероприятия по ограничению и полному запрету на применение подобных моющих средств, по крайней мере, в центральной экологической зоне озера. Положительный опыт по экологическому просвещению населения прибрежных поселков и их посетителей посредством лекций, выпуска трактатов и др. следует как можно скорее распространить и на другие районы Байкальской природной территории.

20 сентября 2018 г. Прибрежная зона напротив пос. Большое Голоустное. Несмотря на то, что НИС «Коптюг» прибыл на место работ поздно ночью (не удалось получить фото стандартных рамок с площадью проективного покрытия дна), было выяснено, что *Spirogyra* “morphotype 1” в осенний период являлась абсолютным доминантом водорослевых сообществ, развивавшихся в прибрежной зоне напротив поселка в сентябре 2018 г. (рис. 8). Также в этом районе на протяжении всего периода исследования стабильно встречаются нити других чужеродных водорослей, например, эдогониумов. Ситуация не меняется с 2013 г.

21 сентября 2018 г. Бухта Ая. За последние 3 года нитчатки рода *Spirogyra*, а также сине-зеленые рода *Tolypothrix* стабильно входят в число доминантов в водорослевых сообществах каменистых грунтов бухты Ая на глубине 1–1.5 м (рис. 9). Примерно до 2014 г. массового развития спирогиры в бухте Ая не наблюдалось.

21 сентября 2018 г. Бухта Хоргойская на Ольхоне. С 2011-2012 гг. побережье бухты является модельным для изучения динамики загрязнения побережий о. Ольхон твердыми бытовыми отходами.

Проблема бытового мусора на берегах Байкала.

По нашим данным, эта проблема наиболее актуальна для Малого моря, и, особенно – для красивейших бухт острова Ольхон. Члены экспедиционного отряда и команды НИС «Коптюг» (более 10 человек) собирали и взвешивали мусор с пляжа длиной 100 м (рис. 10). С пляжа стометровой длины мы убрали 37.7 кг мусора³ – в основном, различного рода пластика (одноразовая посуда, упаковки от еды и напитков, рыболовные сети, полиэтилен, пенопласт, и т.д.). На рис. 11 представлены фотографии побережья той же самой бухты, сделанные мною 6 лет назад. Общая характеристика проведенных работ по сбору, количественным характеристикам ТБО и очистке бухты приведены в работе Потапской и др. (2016). **Вывод: за 6 прошедших лет в данной бухте не обнаружено никаких положительных изменений по составу и количественным характеристикам ТБО. С этой точки зрения пляж бухты, по-прежнему, является весьма загрязненным.**

ИССЛЕДОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ БАЙКАЛА

УДК 502.4. 502.316

Н. В. ПОТАПСКАЯ, Н. Н. КУЛИКОВА, О. А. ТИМОШКИН, Е. П. ЗАЙЦЕВА,
А. В. НЕПОКРЫТЫХ, В. В. МАЛЬНИК

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск

ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ ОТХОДОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ И ДЕЛЬТЕ РЕКИ СЕЛЕНГИ

Проведен анализ распределения, состава и количества мусора на 33 участках, расположенных вдоль побережья оз. Байкал и в прибрежной зоне верхней дельты р. Селенги. Установлено, что наименьшие скопления мусора характерны для особо охраняемых природных территорий (мысы Малый Солонцовый, Елохин и о. Большой Ушканый), а наибольшие — для мест с максимальной рекреационной нагрузкой (побережье о. Ольхон, побережья в пределах населенных пунктов — поселки Листвянка, Большие Коты, Мурзино, Култук, Максимиха, Монахово), где обнаружены значительные объемы захороненных, полузахороненных и поверхностных навалов отходов. Выявлено, что в зоне заплеска оз. Байкал в составе отходов потребления преобладали изделия из разных видов полимеров, а в их ассортименте — упаковка из пластика, стекла, металла, картона, пригодная для вторичной переработки. Скопления отходов отмечены не только для мест с наибольшей посещаемостью, но и для труднодоступных участков побережья, куда перенос легких и плавучих компонентов мусора осуществляется ветрами, штормами, прибойными потоками. Установлено большое количество сигаретных окурков на пляжах многих участков, а также в береговых скоплениях детрита. Методом ИСП-МС в элементном составе береговых скоплений детрита найдено повышенное содержание подвижных соединений натрия, хлора, никеля, титана, кадмия, мышьяка, сурьмы.

³ Количественные характеристики ТБО на пляже бухты любезно предоставлены к.б.н. Непокрытых А.В.

22 сентября 2018 г. Малое море, бухта Каргантэ (материковая часть) и напротив мыса Нюргон (о. Ольхон). Обильное цветение сине-зеленых (толипотриков и формидиумообразных) в приурезовой зоне (сходное с таковым в зал. Бол. Коты, наблюдаемое в 2015–2016

Journal of Great Lakes Research 42 (2016) 487–497


Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Great Lakes Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jglr

IAGLR

Commentary

Rapid ecological change in the coastal zone of Lake Baikal (East Siberia): Is the site of the world's greatest freshwater biodiversity in danger? 

O.A. Timoshkin ^{a,*}, D.P. Samsonov ^b, M. Yamamuro ^c, M.V. Moore ^d, O.I. Belykh ^a, V.V. Malnik ^a, M.V. Sakirko ^a, A.A. Shirokaya ^a, N.A. Bondarenko ^a, V.M. Domysheva ^a, G.A. Fedorova ^a, A.I. Kochetkov ^b, A.V. Kuzmin ^a, A.G. Lukhnev ^a, O.V. Medvezhonkova ^a, A.V. Nepokrytykh ^a, E.M. Pasynkova ^b, A.E. Poberezhnaya ^a, N.V. Potapuskaya ^a, N.A. Rozhkova ^a, N.G. Sheveleva ^a, I.V. Tikhonova ^a, E.M. Timoshkina ^a, I.V. Tomberg ^a, E.A. Volkova ^a, E.P. Zaitseva ^a, Yu.M. Zvereva ^a, A.B. Kupchinsky ^a, N.A. Bukshuk ^a

^a Limnological Institute SD RAS, Ulan-Batorskaya str., 3, Irkutsk 664033, Russia
^b SPA Irkutsk, Pobedy str., 4, Oymyakon 248038, Russia
^c Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo Environment Bldg 562, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa 277-8563, Japan
^d Department of Biological Sciences, Wellesley College, Wellesley, MA 02481, USA

ARTICLE INFO

Article history:
Received 21 December 2015
Accepted 12 February 2016
Available online 4 March 2016

Communicated by Robert Hecky

Index words:
Coastal eutrophication
Endemic species
Ecosystem health
Biodiversity conservation

ABSTRACT

Ecological degradation of the benthic littoral zone is an emerging, urgent problem at Lake Baikal (East Siberia), the most species-rich lake on Earth. Within the last 5 years, multiple changes have occurred in the near shore benthos where most of the lake's endemic species reside. These changes include proliferation of benthic algae, death of snails and endemic sponges, large coastal wash-ups of dead benthic algae and macrophytes, blooms of toxin-producing benthic cyanobacteria, and inputs of industrial contaminants into parts of the lake. Some changes, such as massive coastal accumulations of benthic algae, are currently shared with the Laurentian Great Lakes (LGLs); however, the drivers of these changes differ between Lake Baikal and the LGLs. Coastal eutrophication from inputs of untreated sewage is causing problems at multiple sites in Lake Baikal, whereas in the LGLs, invasive dreissenid mussels redirect pelagic nutrients to the littoral substrate. At other locations in Lake Baikal, ecological degradation may have different causes including water level fluctuations and the input of toxic industrial contaminants. Importantly, the recent deterioration of the benthic littoral zone in both Lake Baikal and the LGLs has occurred while little change has occurred offshore. This highlights the necessity of monitoring both the littoral and pelagic zones of large lakes for assessing ecosystem health, change and conservation.

© 2016 International Association for Great Lakes Research. Published by Elsevier B.V. All rights reserved.



Groundwater contamination by sewage causes benthic algal outbreaks in the littoral zone of Lake Baikal (East Siberia)



O.A. Timoshkin ^{a,*}, M.V. Moore ^b, N.N. Kulikova ^a, I.V. Tomberg ^a, V.V. Malnik ^a, M.N. Shimaraev ^a, E.S. Troitskaya ^a, A.A. Shirokaya ^a, V.N. Sinyukovich ^a, E.P. Zaitseva ^a, V.M. Domysheva ^a, M. Yamamuro ^c, A.E. Poberezhnaya ^a, E.M. Timoshkina ^a

^a Limnological Institute, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Ulan-Batorskiy str., 3, Irkutsk 664033, Russia

^b Department of Biological Sciences, Wellesley College, Wellesley, MA 02481, USA

^c Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo Environment Bldg 502, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa 277-8563, Japan

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 June 2017

Accepted 25 January 2018

Available online 15 February 2018

Communicated by Joseph Makarewicz

Keywords:

Spirogyra bloom

Baikal

Drivers

Eutrophication

Remediation

ABSTRACT

Lake Baikal, an ancient lake in Siberia, contains more endemic species than any other lake in the world with most of them residing in the benthic littoral zone. Explosive growth of benthic *Spirogyra*, a filamentous green alga, began approximately in 2011 in localized coastal areas, with the most severe examples occurring near coastal towns that lack a wastewater treatment facility or have a malfunctioning system. At other sites (small settlements, harbors), however, the cause of its excess growth is less obvious. Multiple hypotheses have been offered including lake level fluctuations, climate warming, a relaxation of grazing pressure, and coastal eutrophication. We assessed these hypotheses using data on historical lake levels, water temperature, the spatial-temporal distribution of *Spirogyra* along inhabited and non-inhabited shorelines, and measurements of fecal coliform bacteria and nutrients in ground water, interstitial water, and lake water. These data suggest that groundwater contamination is the primary cause of coastal eutrophication. Most houses and buildings in small settlements around Lake Baikal lack septic tanks but use unlined cesspools to collect human waste. This untreated human waste enters groundwater via passive filtration through permeable soils and flows to the coastal zone where it drives excess growth of *Spirogyra*. Remediation – including installation of septic systems, modernization of existing sewage treatment plants in coastal towns, and the adoption of non-phosphate containing detergents – as well as a reconsideration of the federal monitoring system regarding the coastal zone is urgently needed to protect this extraordinary lake.

© 2018 International Association for Great Lakes Research. Published by Elsevier B.V. All rights reserved.

гг. – см. Timoshkin et al., 2016; Timoshkin, 2018). В Каргантэ, на гл. 1-1.5 м были многочисленны формициумообразные цианопрокариоты (рис. 12), а на Нюргоне, в приурезовой зоне – толипотрикссы (рис. 13).

В докризисный период массового цветения цианопрокариот в этой зоне никогда не наблюдалось.

23 сентября 2018 г. Малое море, о. Ольхон. Бухта Шаманка, напротив Хужира. На минитрансектах, как и в прошлые годы (период «экокризиса»), в число доминантов входили нитчатки - *Spirogyra* “morphotype 1”, а также – формициумообразные цианопрокариоты (рис. 14). Объективности ради следует заметить, что в 2018 г. спиригира в бух. Шаманка была не столь обильна, как в предшествующие годы – по ориентировочным оценкам, площадь проективного покрытия дна не превышала 20-30% (в 2015–2017 гг. этот показатель варьировал в пределах 70–100%).

23 сентября 2018 г. напротив мыса Ижимей (о. Ольхон). При внешне прозрачной воде и небольшом количестве водорослевых

обрастаний, на минитрансектах, до глубины 1.5 м, доминировали опять-таки формидиумообразные цианопрокариоты, золотистые и стигеоклониумы (рис. 15).

24 сентября 2018 г. Баргузинский залив, напротив пос. Максимиха. Береговые выбросы гниющих водорослей на побережье залива в пределах поселка оказались наиболее внушительными за весь период наблюдений, начиная с 2013 г. (рис. 16).

25 сентября 2018 г. о. Большой Ушканий, бухта Северная. Впервые за весь период наблюдений (1982–2018 гг.) на побережье бухты Северной наблюдалось огромное скопление выброшенных на берег цианопрокариот рода *Nostoc* (рис. 17), а также внушительные «облака» оторванных от субстрата ностоков в прибрежной зоне бухты. Обилие береговых скоплений ностоков на некогда самом чистом архипелаге сравнимо с выбросами этих цианопрокариот во внутренних эвтрофных участках Чивыркуйского залива.

26 сентября 2018 г. Прибрежная зона возле мыса Бол. Солонцовый. В плане чужеродных водорослей обстановка в этом районе выглядит вполне благополучно (рис. 18). На протяжении всего периода исследований (2013–2018 гг.) спирогиры здесь не были обнаружены ни разу. На глубинах 0.5–1.5 м доминировали представители байкальского комплекса – мелкие диатомеи, золотистые и улотрикс.

180926 Елохин (повторные, гораздо более подробные исследования были проведены на этом участке 29 сентября). На протяжении нескольких лет исследований (как минимум, 2016–2018 гг.), ежегодно, в этом районе нами диагностируется прекрасно выраженный пояс спирогиры (при явном доминировании «морфотипа 1»), вытесняющий комплекс байкальской донной флоры. Этот пояс в осенний период простирается вдоль западного борта от мыса Елохин до бухты Сеногда, прибрежной зоны Северного Байкала напротив пос. Заречный и устья р. Тыя (Timoshkin, 2018), в которую осуществляется сброс условно очищенных сточных вод г. Северобайкальска. Прерывистость в распределении спирогиры была обнаружена лишь на скальных грунтах. В 2018 г., из-за высокого уровня воды, верхняя граница пояса спирогиры была расположена на глубине 1.5–1.7 м (что примерно на 1 м глубже, чем в предыдущие годы – рис. 19); вследствие чего создавалось ложное представление внешнего

благополучия. Т.е. – полоса камней до глубины примерно 1.5 м, на большом протяжении вдоль берега, была практически голой (без видимых водорослевых обрастаний). Глубже 1.5 м площадь проективного покрытия дна спирогирой участками достигала 80–90%, причем, доминировал «морфотип 1» (рис. 20). На глубине 5–7 м преобладали сине-зеленые (рис. 20).

180927 бух. Сеногда. По той же причине высокого уровня воды в озере, **все массовые выбросы водорослей, которые были обнаружены в июне 2018 г. (при низком уровне воды), были смыты в прибрежную зону озера, создавая ложное представление о чистоте пляжей (рис. 20) и положительных изменениях в экологии прибрежной зоны данного участка.** Скопления свежей спирогиры на пляже были невелики, а гнилых водорослей практически не было видно (рис. 20). Без сомнения, смытые высокой водой перегнившие водоросли (рис. 20, три верхних фотографии), будучи причиной вторичного загрязнения, на следующий год приведут к массовому развитию нового поколения спирогиры. Вывод о том, что изменений к лучшему нет никаких, подтверждается результатами исследования пляжей напротив пос. Заречный, примерно в 8 км восточнее бухты Сеногда, берега которых и в сентябре были завалены перегнившими водорослями (см. ниже и рис. 22).

Дополнительно к 7 негативным экологическим процессам, обнаруженным в прибрежной зоне озера ранее (Тимошкин и др., 2014; Timoshkin et al., 2016), в сентябре 2018 г. впервые были обнаружены выбросы на берег мертвых рачков – эндемичных пелагических амфипод-макрогектопусов (рис. 21).

180927: напротив пос. Заречный. Как показано на рис. 22, береговые скопления перегнивших и свежих водорослей-спирогир на пляжах данного участка в сентябре 2018 г. были столь же обильны, как и на протяжении предыдущих 5-6 лет, несмотря на высокий уровень воды в озере.

180928 губа Фролиха. На протяжении всех 3-4 лет исследований ситуация в губе осенью остается стабильной: прибрежная полоса каменистого грунта в сентябре, на глубинах от 0.3–0.5 до примерно 1.5–2 м практически на 100% покрыта обрастаниями спирогиры морфотипа 1 (рис. 23). Глубже, где преобладают песчаные грунты, на дне обычны разноразмерные пятна, «облака» зеленых нитчаток,

которые в сентябре 2018 г. были также образованы, как ни странно, в основном, спирогирой того же морфотипа с примесью нитей однохлоропластной спирогиры разных морфотипов.

180928 губа Аяя. На этот раз ситуация с развитием чужеродных нитчаток в губе выглядела гораздо более спокойной. На глубинах 0.5 м на каменистых грунтах доминировал улотрикс, а на гл. 1.5 м – спирогира морфотип 1 (но ее обилие было гораздо меньше того, что наблюдалось во Фролихе, напротив Большого Голоустного и др. местах) (рис. 24). Скопления нитчаток на глубине около 3 м представляли собой смесь 4-5 морфотипов спирогир, а также – эдогониумов.

180928 Банка экспедиции Дриженко. Абсолютное доминирование цианопрокариот-толипотрикс с примесью других сине-зеленых (рис. 25). Подводные фотокадры дна, сделанные на глубине примерно 9-10 м, свидетельствуют о том, что эти донные сообщества представляют собой настоящее «царство» цианопрокариот и корковых губок (Timoshkin, 2018).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ:

1) ВСЕ ОБНАРУЖЕННЫЕ РАНЕЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ, А ИМЕННО – МАССОВОЕ РАЗВИТИЕ СПИРОГИРЫ, ДВУХ ТИПОВ СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ, ЗАБОЛЕВАНИЯ И ГИБЕЛЬ ГУБОК, ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИУСТЬЕВЫХ УЧАСТКОВ РЕК И МЕЛКОВОДИЙ, РАСШИРЕНИЕ АРЕАЛОВ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ, И Т.Д., В 2018 г. ОСТАВАЛИСЬ АКТУАЛЬНЫМИ И ДАЖЕ (ПО МОЕМУ МНЕНИЮ) УСИЛИЛИСЬ. В ЧАСТНОСТИ, В РАЙОНЕ БУХТЫ СЕНОГДА ВПЕРВЫЕ ЗА ВЕСЬ ПЕРИОД ИССЛЕДОВАНИЙ НАБЛЮДАЛИСЬ НЕ ТОЛЬКО МАССОВЫЕ БЫРОСЫ БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ, НО И ЭНДЕМИЧНОЙ ПЕЛАГИЧЕСКОЙ АМФИПОДЫ МАКРОГЕКТОПУСА (один из основных видов пищи омуля)

2) ИЛЛЮЗИЯ НЕКОТОРОГО УЛУЧШЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ (=«ЧИСТЫЕ КАМУШКИ» ДО ГЛУБИНЫ ОКОЛО 1,5 м, ОТСУТСТВИЕ ЯВНО ВЫРАЖЕННЫХ БЕРЕГОВЫХ СКОПЛЕНИЙ ВОДОРОСЛЕЙ И ДЕТРИТА В БУХТЕ СЕНОГДА, И Т.Д.) СОЗДАЕТСЯ ЗА СЧЕТ РЕЗКОГО ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В АВГУСТЕ-СЕНТЯБРЕ 2018 г. ПО ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ ПОДСЧЕТАМ, ПРОЦЕНТ ПОРАЖЕННЫХ ВЕТВИСТЫХ ГУБОК НЕ СТАЛ МЕНЬШЕ, ПРОСТО ЯВНЫЕ ПРИЗНАКИ ЗАБОЛЕВАНИЯ ВЫРАЖЕНЫ МЕНЬШЕ. СПИРОГИРА МОРФОТИП 1 МЕСТАМИ ОБРАЗУЕТ НАСТОЯЩИЕ РАСТИТЕЛЬНЫЕ ПОЯСА, ВЫТЕСНЯЯ АБОРИГЕННЫЕ ВИДЫ ВОДОРОСЛЕЙ. СИНЕ-ЗЕЛЕННЫЕ УЖАСАЮЩЕ ДОМИНИРУЮТ ВО МНОГИХ СООБЩЕСТВАХ МЕЛКОВОДЬЯ.

ПРОЗРАЧНОСТЬ В БОЛЬШИНСТВЕ ИССЛЕДОВАННЫХ РАЙОНОВ БЫЛА ОЧЕНЬ НИЗКОЙ (ПОКАЗАНИЯ ПО ДИСКУ СЕККИ).

3) ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗА 2017–2018 гг., МАССОВОГО РАЗВИТИЯ СПИРОГИРЫ В ЗАЛИВЕ БОЛЬШИЕ КОТЫ ОСЕНЬЮ 2018 г. НЕ НАБЛЮДАЛОСЬ. НАИБОЛЕЕ ВЕРОЯТНОЙ ПРИЧИНОЙ ЭТОМУ ЯВЛЯЕТСЯ ПРЕКРАЩЕНИЕ (ЛИБО – ЗНАЧИТЕЛЬНОЕ СОКРАЩЕНИЕ) ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОСФАТ-СОДЕРЖАЩИХ СТИРАЛЬНЫХ ПОРОШКОВ И МОЮЩИХ СРЕДСТВ СТУДЕНТАМИ-ПРАКТИКАНТАМИ ИРКУТСКОГО ГОСУНИВЕРСИТЕТА И МЕСТНЫМИ ЖИТЕЛЯМИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 3–5 ЛЕТ.

ЧАСТЬ II. ИЛЛЮСТРАЦИИ

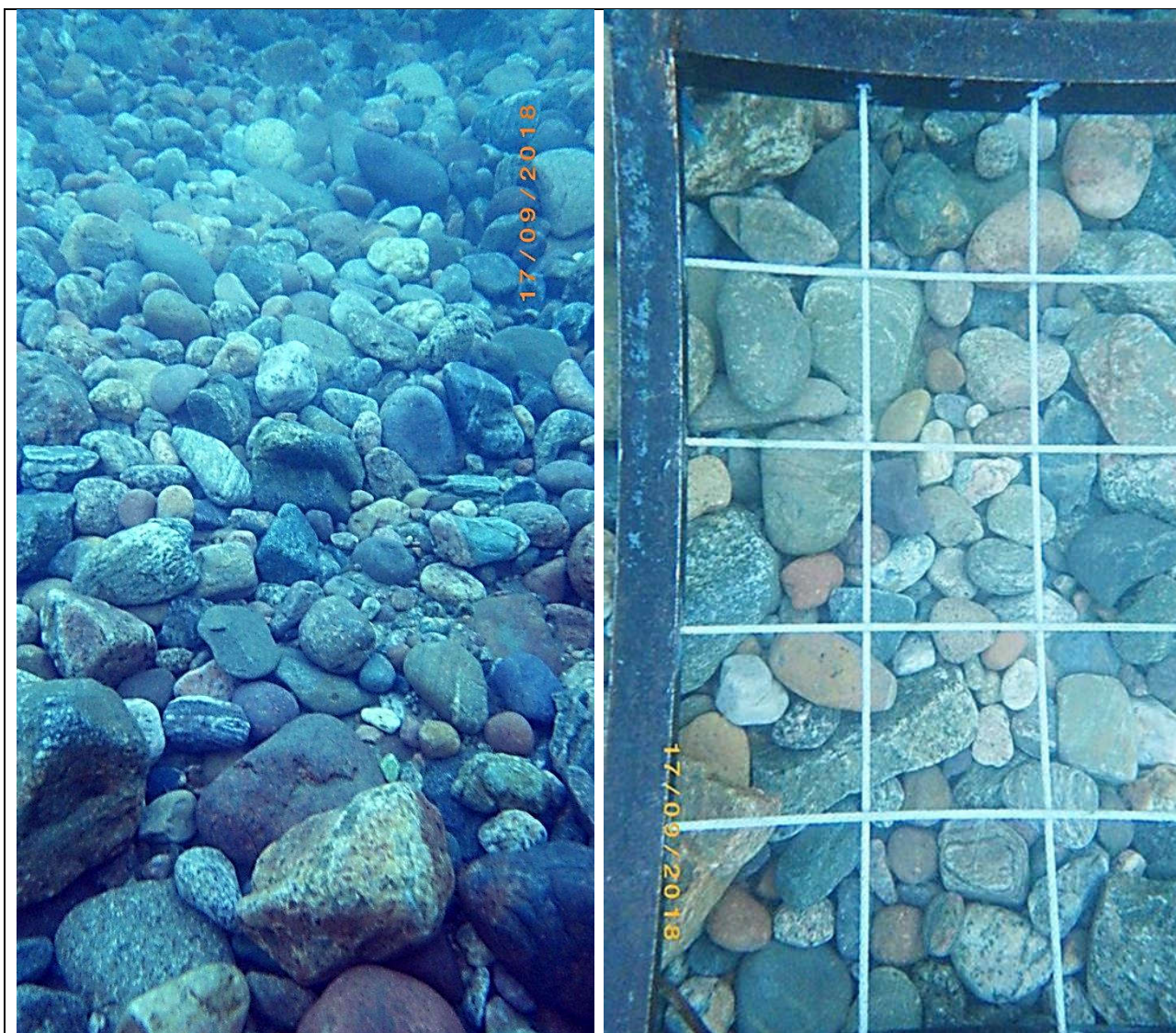


Рис. 2. 17 сентября 2018 г., зал. Листвяничный, напротив почты. «Идеально чистое» каменистое дно на глубине 1-1.3 (фото слева) и 0.5 м (фото справа).

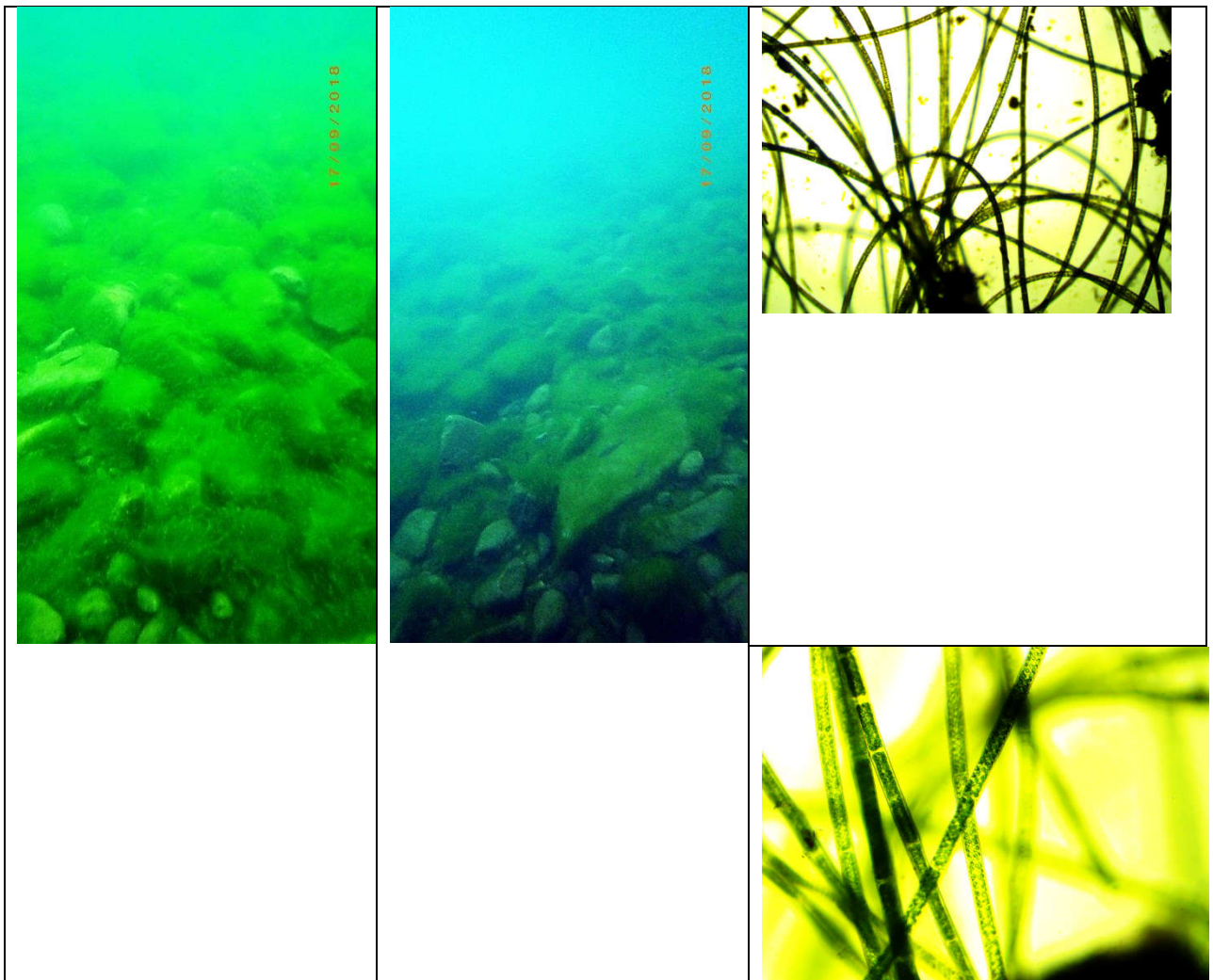


Рис. 3. 17 сентября 2018 г., зал. Листвяничный, гл. 1.5–2 м, обрастания, в основном, состоящие из спирогиры морфотипа 1. Напротив нерпинария, напротив почты (фото слева и в центре соответственно). Правый столбец – оптические микрофотографии спирогиры морфотипа 1, увеличение 40 и 100 X соответственно.

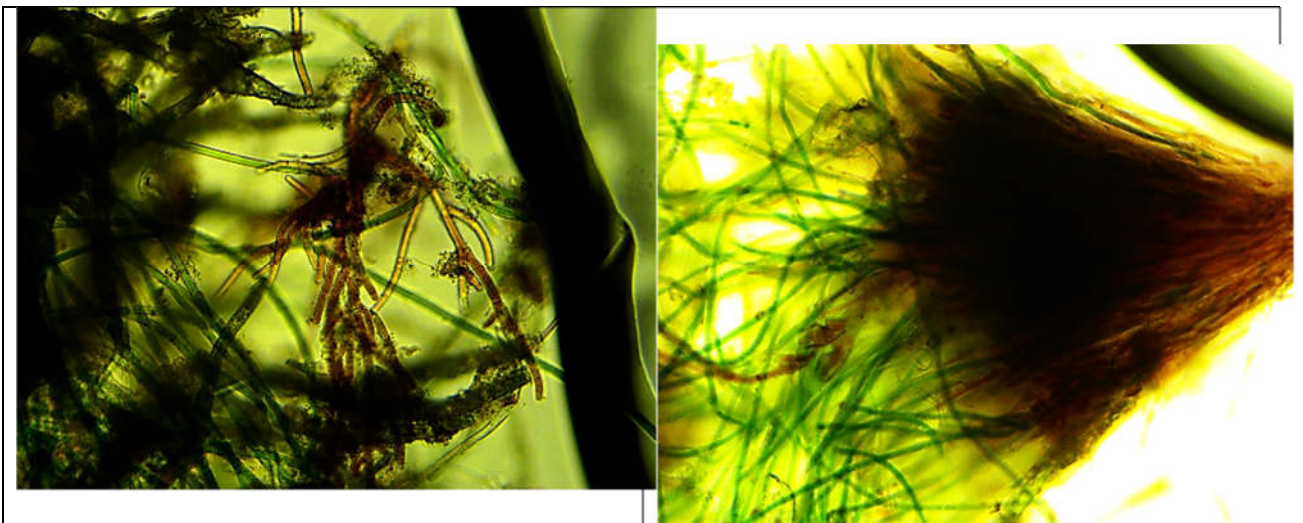


Рис. 4. 17 сентября 2018 г. Напротив БЦБК. Представители рода *Tolypothrix* с камней на гл. 7 м. Увеличение 100 X.

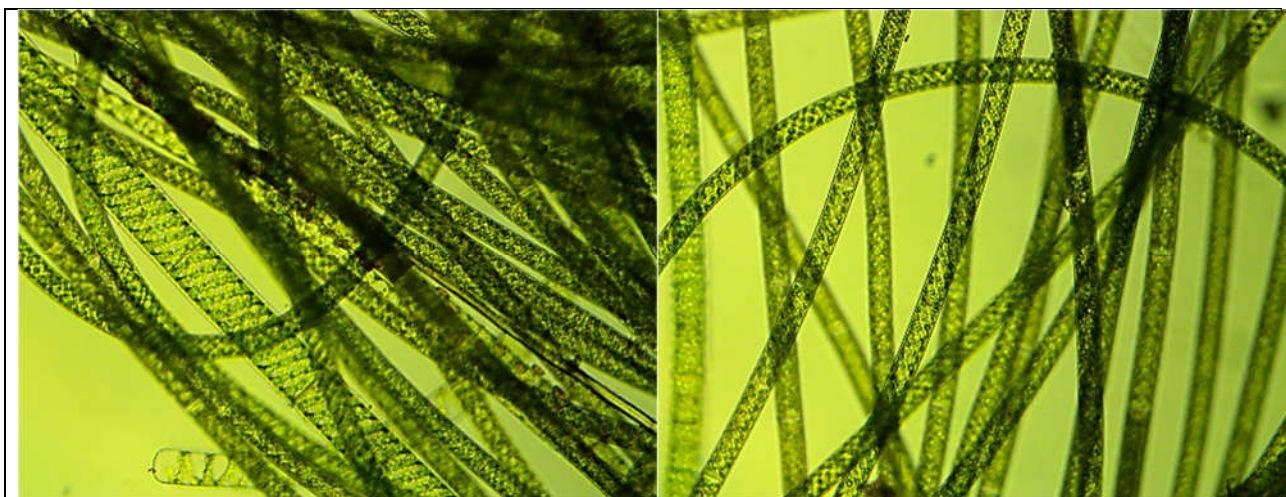
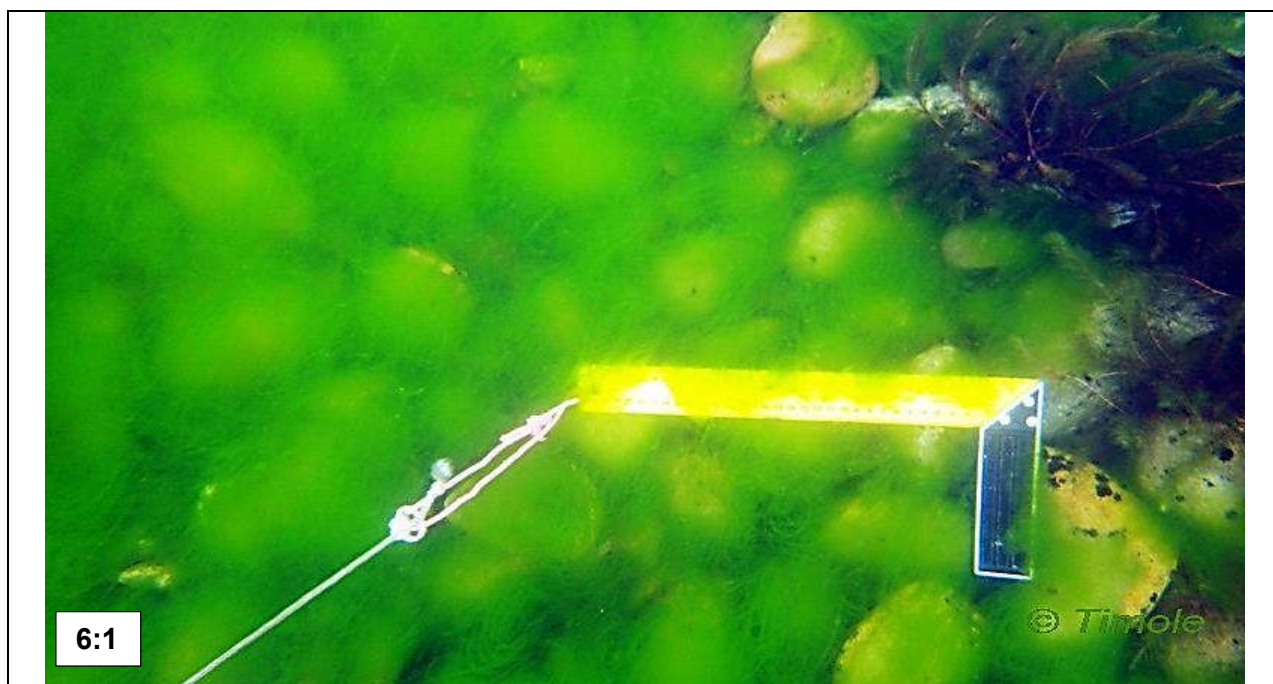


Рис. 5. Напротив пос. Култук. Соскоб с камней, гл. 0.5–1 м. Спирогира морфотип 1 доминирует. Увеличение 100 X.

H:\EXPEDITIONS 2018\180916-30 Коптыуг\180918
Kultuk\SPirogyraSoskobUgolPirsKltuk\SprgaKltkPirs 10X Mji





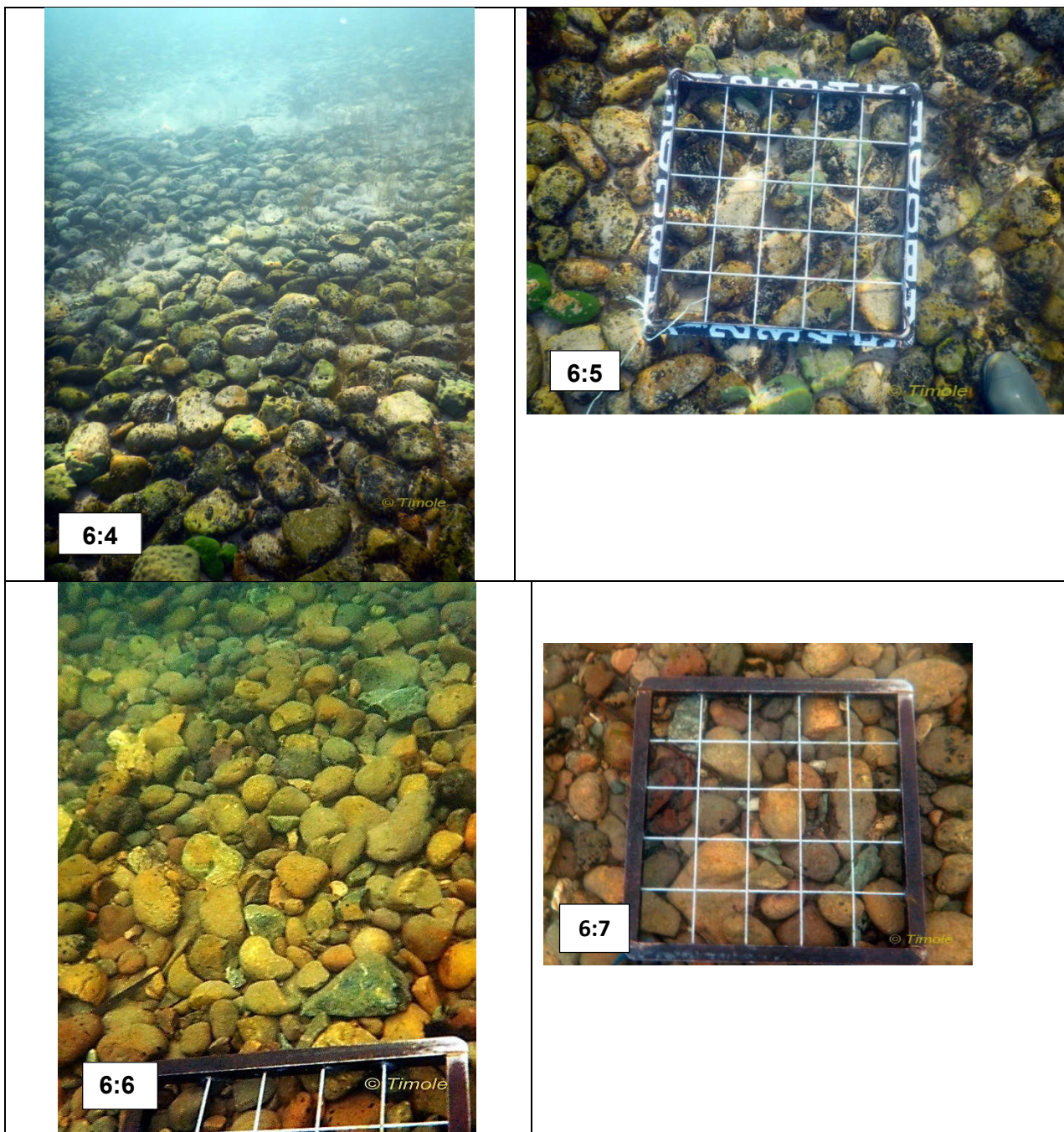


Рис. 6. Массовое развитие спирогиры «морфотип 1» в заливе Большие Коты, на гл. 1.5 м, напротив студенческой столовой, в осенний период (сентябрь-октябрь) в разные годы исследований: 1 - 2015 г.; 2, 3 – 2016 г.; 4-5 – 2017 г.; 6-7 – 2018 г. Фото сделаны в одном и том же месте, с возможной погрешностью не более 3-5 м по горизонтали.

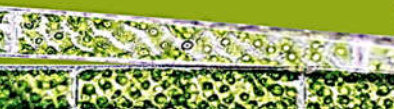
КТО ЖЕ ТАКАЯ СПИРОГИРА?

СПИРОГИРА (SPIROGYRA LINK)

род зеленых нитчатых водорослей, распространенный в пресных стоячих и медленно текущих водах (не путать с сине-зелеными водорослями). Род спиригира насчитывает около 400 видов.



Массовое цветение этих водорослей часто наблюдается в водоемах, подверженных эвтрофикации, т. е. перенасыщенных биогенными элементами (азот, фосфор). Ранее в Байкале спиригира отмечалась только в отдельных мелководных хорошо прогреваемых бухтах, заливах, притом только единичные нити (Ижболдина, 2007).



Составлено сотрудниками лаб. биологии водных беспозвоночных ЛИИ СО РАН по материалам статей Timoshkin et al, 2016; Д. Тимошкин. Байкал серьезно болен, 2015; Тимошкин и др. Экологический кризис; также использованы рисунки Е. Кротовой, Е Волковой и данные Д. Бедулиной. e-mail: popova-olga87@yandex.ru



ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС НА БАЙКАЛЕ

Образ «чистейшего в мире озера» настолько привычен и настолько силен для Байкала, что факты последних лет, говорящие о масштабном загрязнении прибрежной части озера, часто воспринимаются как нечто невероятное, во что невозможно поверить. Однако поверить нужно, и как можно скорее... Исследования учёных из Иркутского Лимнологического института показывают, что на Байкале происходит экологическое бедствие. Вот наиболее яркие факты:



Изменился состав сообществ прибрежных водорослей, около 50% мелководья озера осенью покрыто водорослью спиригрой, в некоторых местах гниющие горы которой покрывают некогда чистые пляжи. В них развиваются болезнетворные бактерии, отравляя воду. Спиригира занимает места нерестилиц рыбы желтокрылки, а она, в свою очередь, любимая пища байкальского омуля. Биомасса других водорослей в некоторых местах увеличилась в 6-10 раз.

По данным лимнологов массово развиваются сине-зеленые водоросли — некоторые из них вырабатывают опасные для жизни и здоровья человека токсины. Много сине-зеленых развивается и на умирающих губках.

Гибнут губки — естественный фильтр Байкальской воды. В мелководной зоне от 30 до 100% губок больны.

Основная причина этих событий в Байкале — эвтрофикация, наступающая в следствие многолетних поступлений через реки и грунт сточных вод от населенных пунктов, а также от кораблей. Значительную долю фосфатной нагрузки в них составляет фосфор из мощных средств (МС).

ВНИМАНИЕ! НЕ ИСПОЛЬЗУЙ ФОСФАТСОДЕРЖАЩИЕ МС!

Уважаемые посетители и жители берегов Байкала! Убедительно просим Вас отказаться от использования фосфатсодержащих моющих средств во время вашего пребывания на Байкале! Заранее купите удобные для Вас моющее средство. Читайте состав и воспользуйтесь нашими советами.



НЕЛЬЗЯ ИСПОЛЬЗОВАТЬ: стиральные порошки — опасные порошки (содержат фосфаты, триполифосфаты)

МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ, НО НЕ ЖЕЛАТЕЛЬНО: можно использовать, но не желательно: умеренно-опасные порошки (не содержат фосфатов, содержат фосфонаты (phosphonate), цеолиты (zeolite), хлор, отдушки, оптический отбеливатель, А-ПАВ (>7%))

НУЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ: безопасные порошки (содержат отметку «биоразлагаемое средство», «эко-средство»)

Лучший порошок для Байкала — хозяйственное мыло!
ПОМОГИТЕ БАЙКАЛУ!

МИРОВОЙ ОПЫТ

Большинство крупных озер проходит стадию культурной эвтрофикации. Мы в этом не одиноки. Озеро Бива в Японии, Великие Американские озера, Ладожское, Женевское озера, озеро Вашингтон, озеро Котокельское в Бурятии. Корень один — люди неограниченно использовали фосфатсодержащие МС, очистные сооружения отсутствовали или работали неэффективно.



ОДНАКО НЕКОТОРЫЕ ИЗ НИХ БЫЛИ СПАСЕНЫ:

В 1970-х крупнейшее озеро Японии Бива было настолько загрязнено, что из-за цветения планктонных водорослей там появились красные приливы, а у жителей начались серьезные проблемы со здоровьем. Тогда домохозяйки организовали общественную акцию «Мыльное движение» и убедили население отказаться от использования фосфатсодержащих порошков, а правительство ввело государственный запрет на их изготовление и импорт. В настоящее время поступление биогенов в озеро минимально и экосистема толщи воды восстанавливается.



В 1950 — 1970-е годы XX столетия со сточными водами в прибрежную зону Великих американских озер попадало значительное количество фосфатсодержащих детергентов, что привело к массовому развитию нитчатых водорослей. Ограничение использования фосфатных порошков позволило значительно улучшить состояние мелководья.

Рис. 7. Буклет “НЕТ ФОСФАТНЫМ ПОРОШКАМ НА БАЙКАЛЕ”, который в 2016–2018 гг. распространяли сотрудники лаборатории биологии водных беспозвоночных ЛИ СО РАН среди жителей и туристов пос. Большие Коты. Составлен О.В. Медвежонковой. Издан с помощью общественной организации

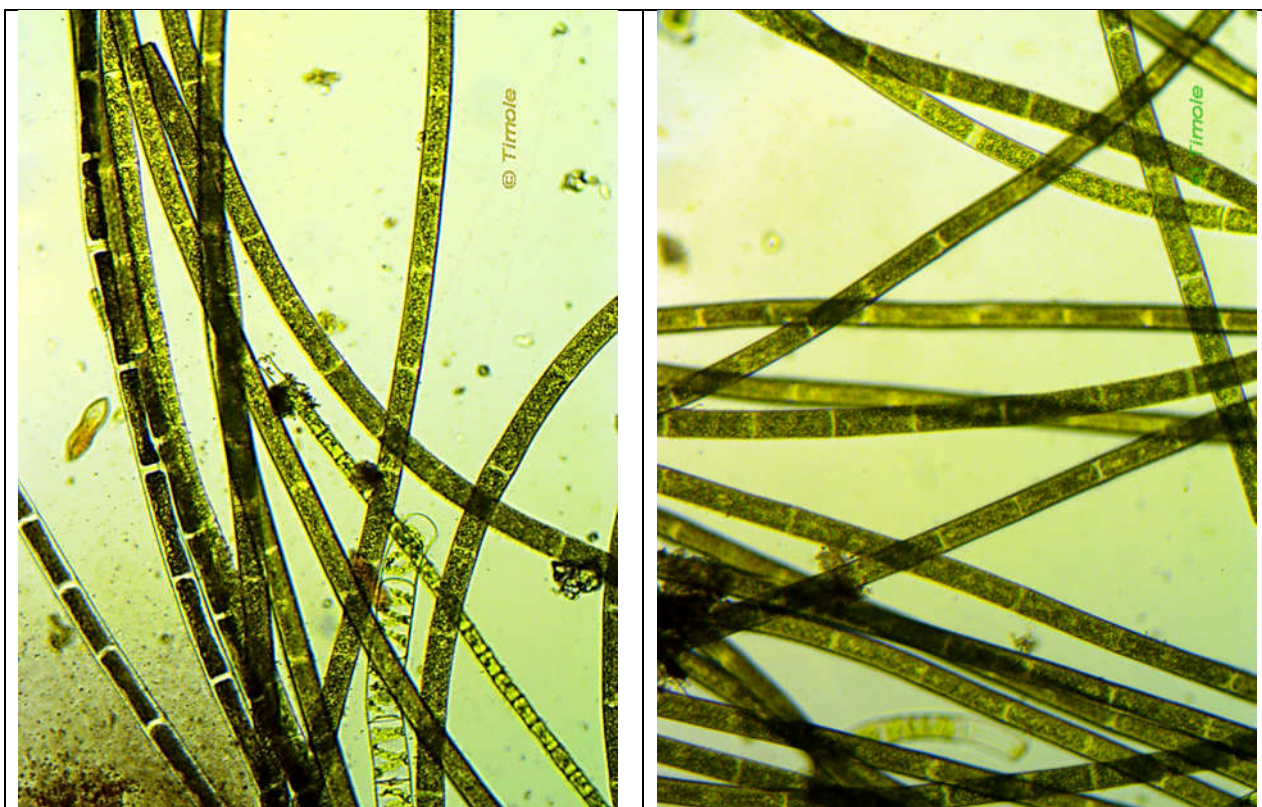


Рис. 8. Светооптические микрофотографии нитчатых водорослей прибрежной зоны напротив пос. Бол. Голоустное, на гл. 1.5 м. Увеличение 100X. Доминирует *Spirogyra* "morphotype 1" с примесью нитей эдогониумов и спирогиры других морфотипов.



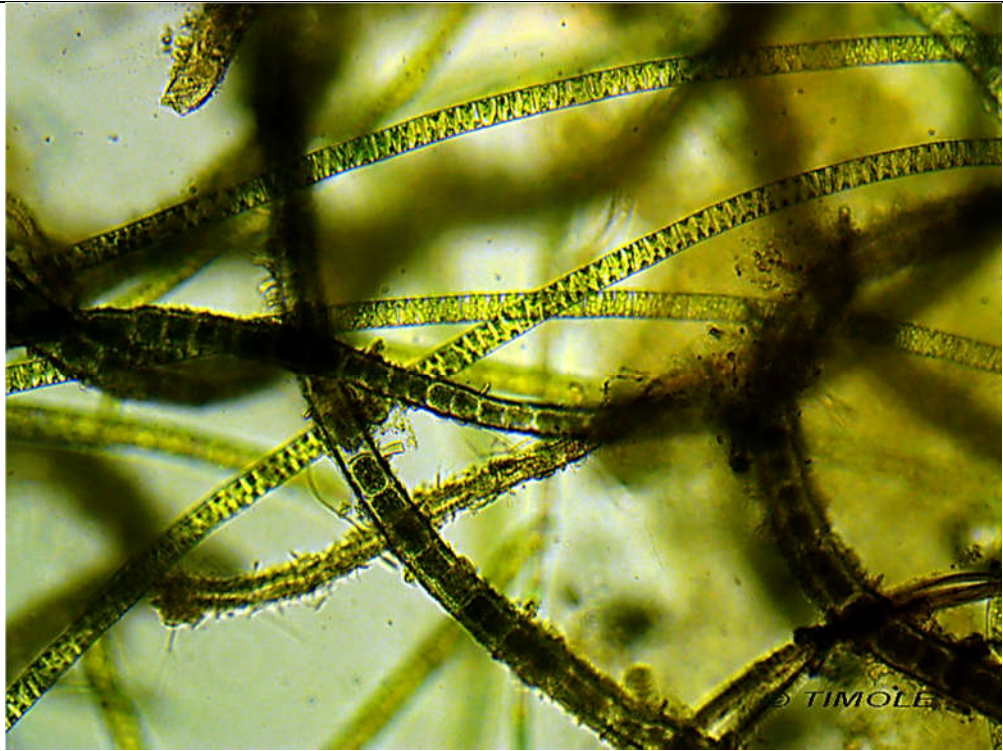


Рис. 9. Типичный состав водорослевого сообщества каменистых грунтов бухты Ая в сентябре 2018 г. на глубине 1.5 м: нити толипотриков (сине-зеленые), кладофор, нескольких морфотипов спирогиры; золотистые. Увеличение – 100X.



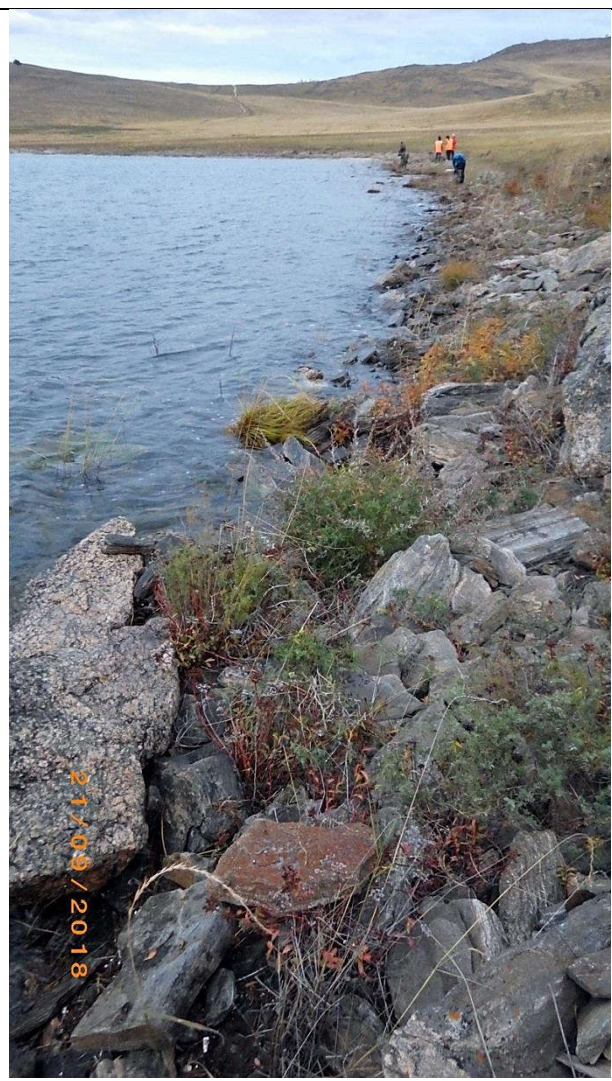
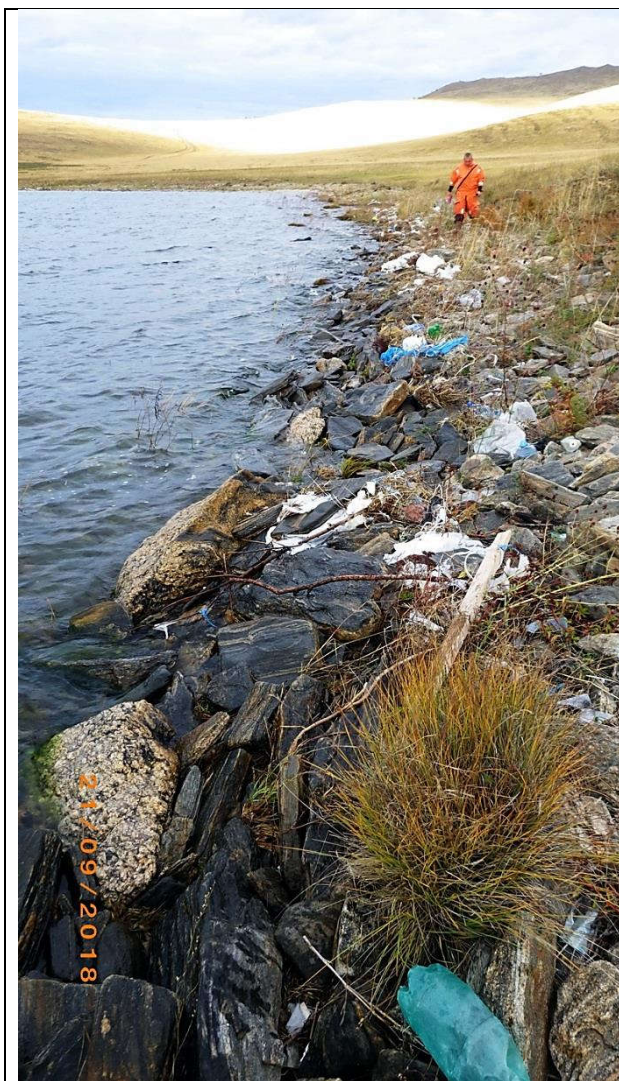


Рис. 10. 21 сентября 2018 г. Бухта Хоргойская. Скопления бытового мусора в приурезовой зоне, а также – пляж бухты после очистки (нижняя левая фотография).



Рис. 11. 19 сентября 2012 г. Бухта Хоргойская. Скопления бытового мусора в приурезовой зоне.

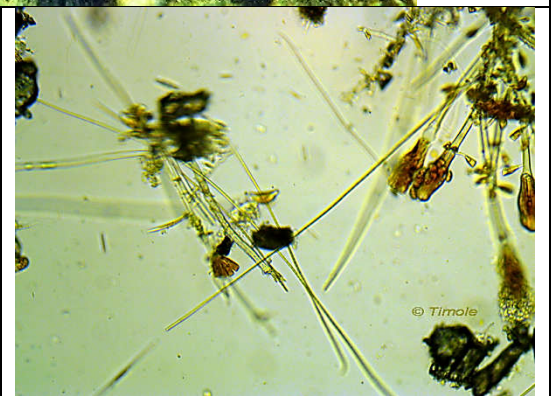
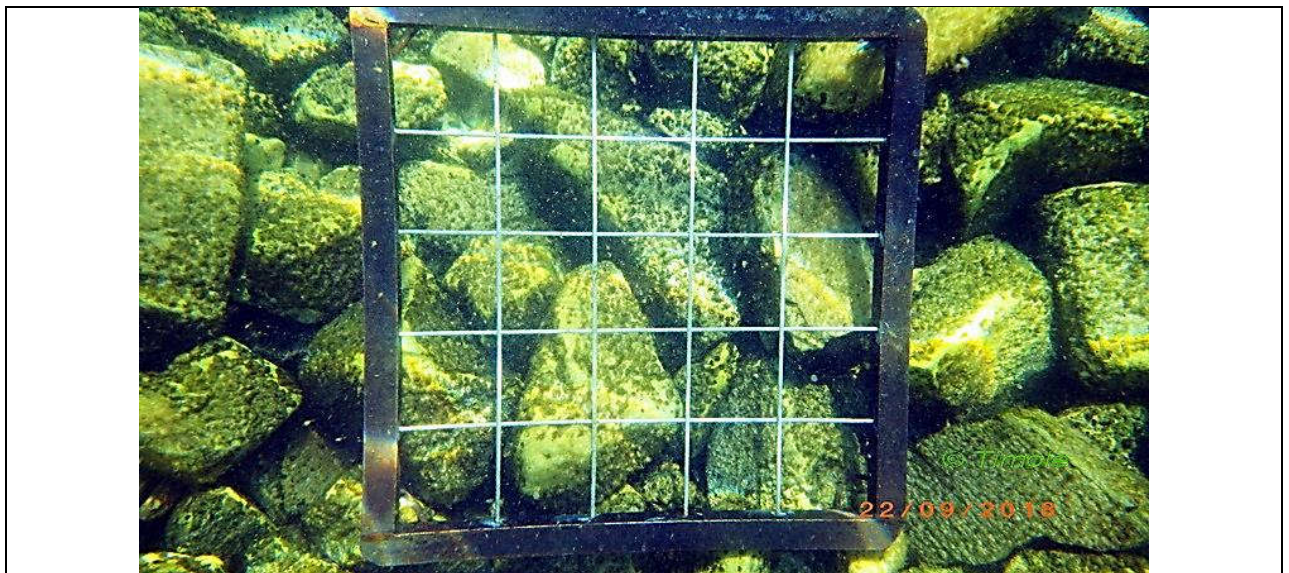
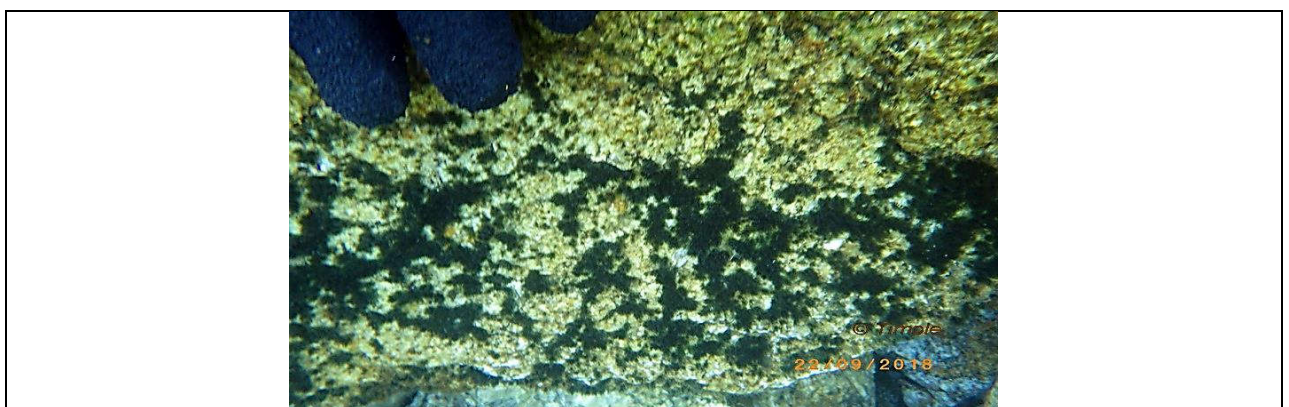


Рис. 12. 22 сентября 2018 г. Бухта Каргантэ, гл. 1.5 м, типичный вид дна (площадь рамки – четверть кв.м., верхняя фотография) и типичные прижизненные светооптические микрофотографии водорослей: формидиумообразные цианопрокариоты – в числе доминантов по встречаемости (2 нижних фото). Увеличение: 100X.



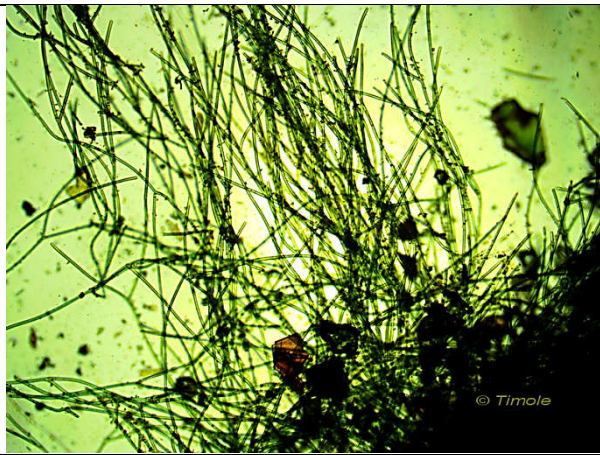
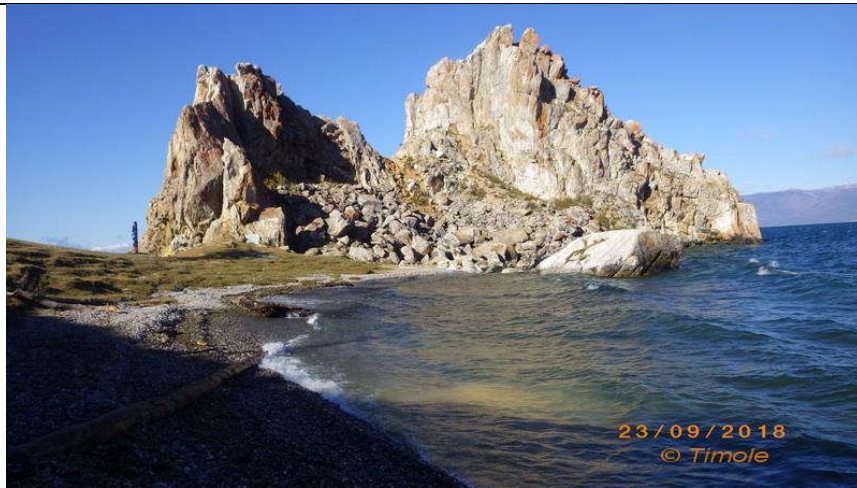


Рис. 13. 22 сентября 2018 г. Напротив мыса Нюргон, гл. 0.3 м. Обильные обрастания толипотриксов на боковых сторонах прибрежных камней (верхнее фото; ширина фотокадра примерно 26 см), прижизненные светооптические микрофотографии водорослей. Увеличение: 40 X (фото слева) и 100X (фото справа).



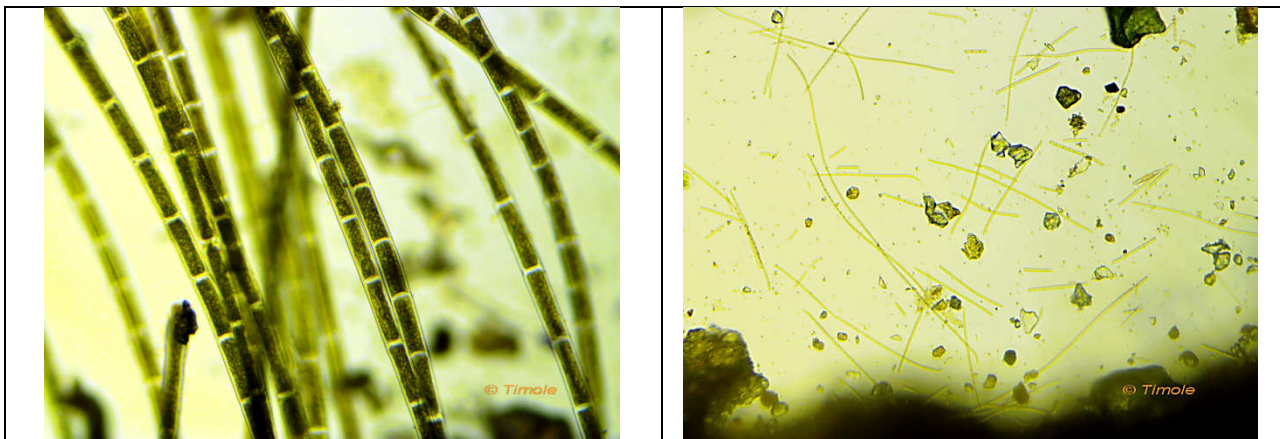
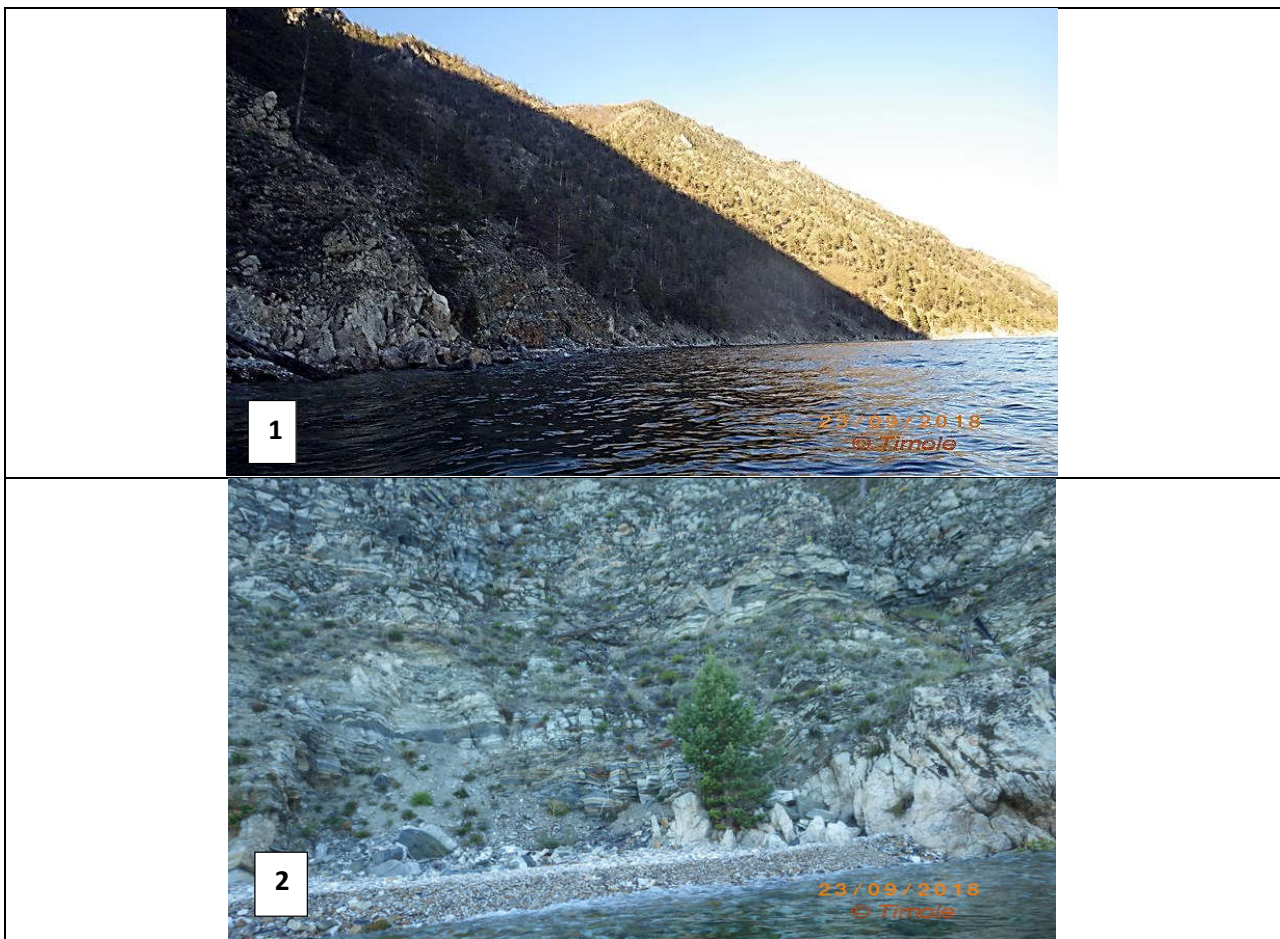


Рис. 14. 23 сентября 2018 г. Бухта Шаманка, пос. Хужир (верхнее фото). Типичный вид дна на гл. 1.5 м (второе фото сверху), доминирующие группы донных водорослей (*Spirogyra* "morphotype 1) и формициумообразные цианопрокариоты (нижние фото слева и справа соответственно). Увеличение – 100X.



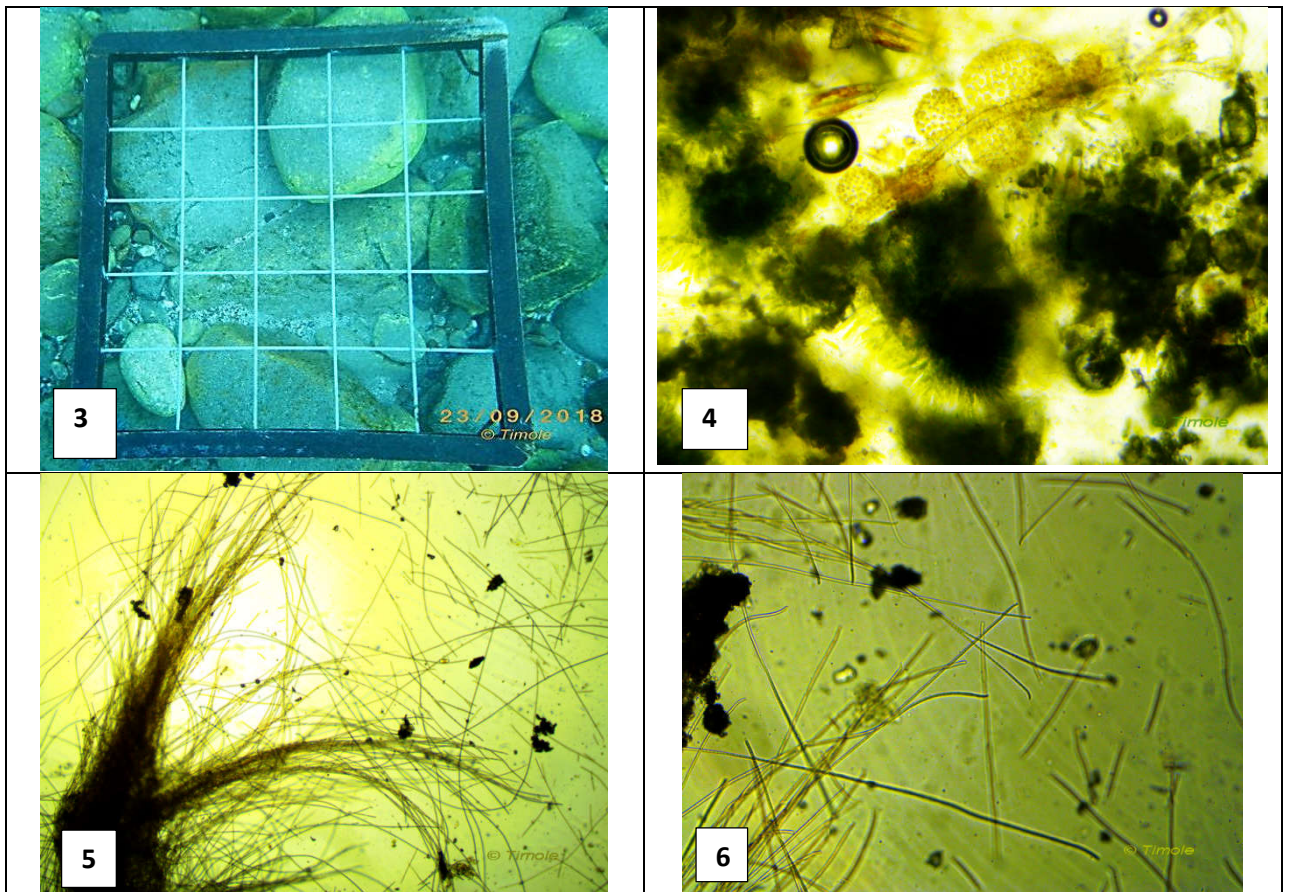


Рис. 15. 23 сентября 2018 г. Восточное побережье о. Ольхон, напротив мыса Ижимей (1, 2). Типичный вид дна на гл. 1.5 м (3: с рамка $\frac{1}{4}$ м²), доминирующие группы донных водорослей: стигеоклоныумы, дидимосфении и золотистые (4, увеличение 100X); формидиумообразные цианопрокарियोты (5, 6; увеличение – 40 и 100 X соответственно).





*Рис. 16. 24 сентября 2018 г. Напротив пос. Максимиха (Баргузинский залив).
Массовые выбросы водорослей на берег.*





Рис. 17. 25 сентября 2018 г. о. Большой Ушканий, бухта Северная. Береговые выбросы и прибрежные скопления сине-зеленых водорослей рода носток.



Рис. 18. 26 сентября 2018 г. Прибрежная зона возле мыса Бол. Солонцовый. Типичный вид каменистого дна на мелководье: обрастания водорослей очень бедны.

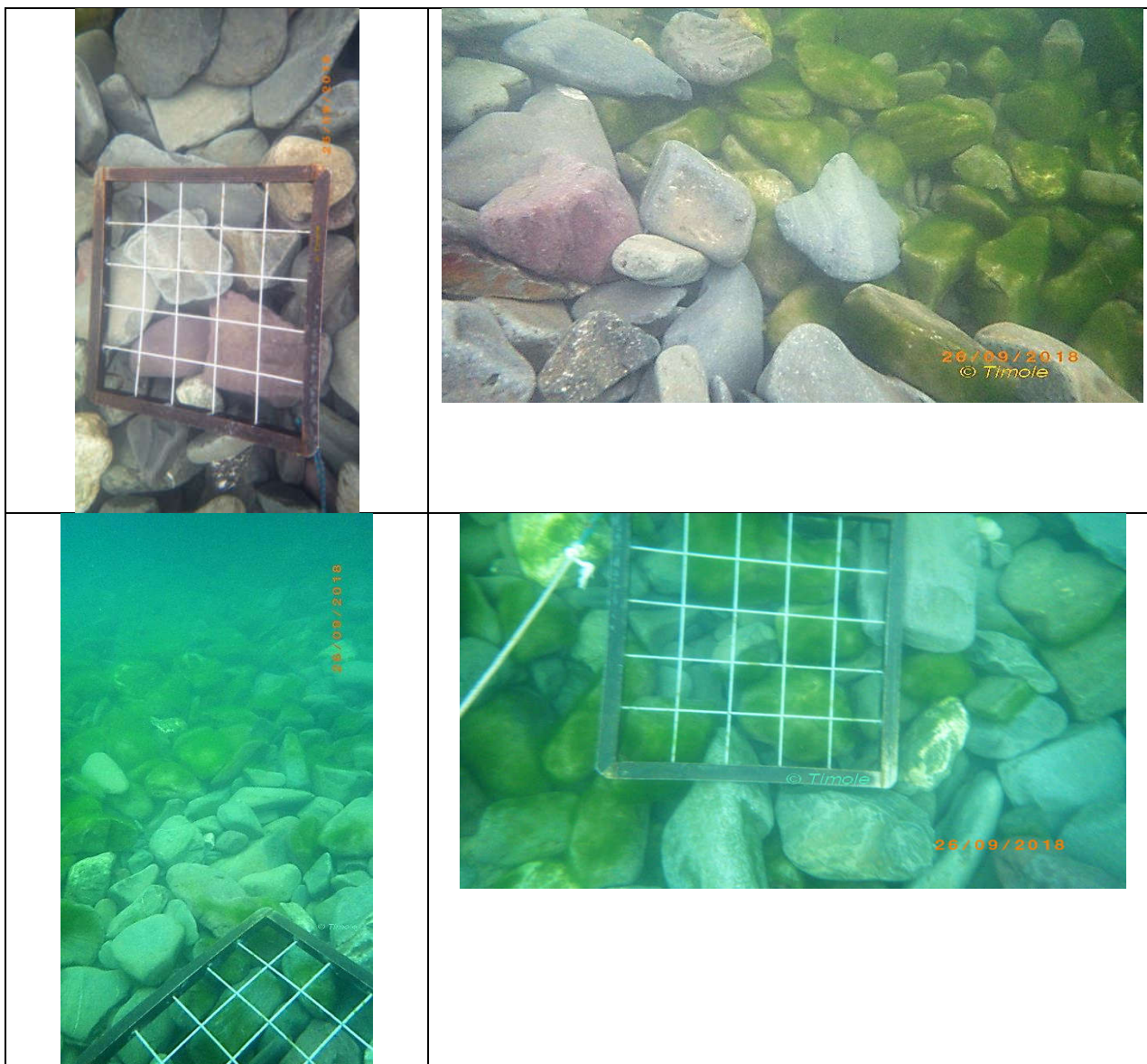
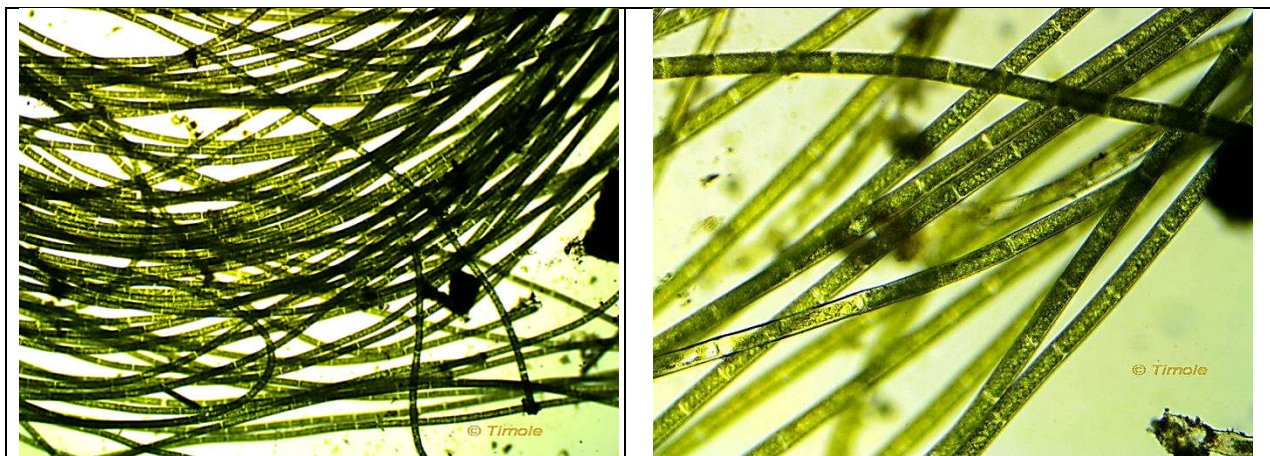


Рис. 19. 26 сентября 2018 г. Прибрежная зона возле мыса Елохин. Практически голые камни на глубинах до 1.3–1.5 м (фото слева сверху) и верхняя граница пояса спирогиры «морфотип 1» (три остальных фотографии). Площадь рамки – четверть кв.м.



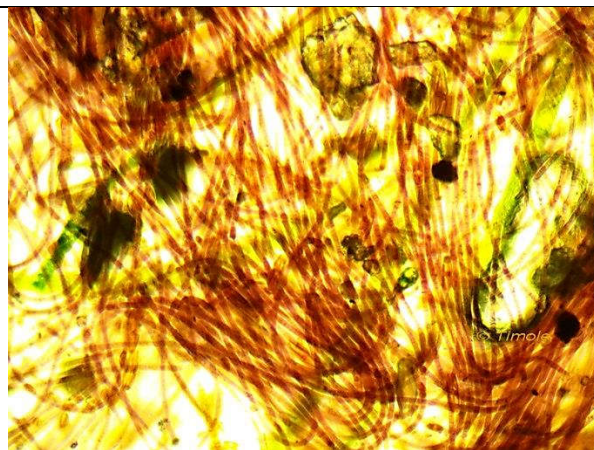
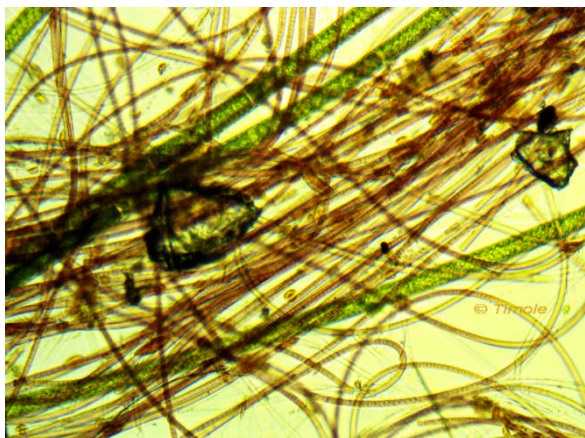


Рис. 20. 26 сентября 2018 г. Прибрежная зона возле мыса Елохин. Микрофотографии типичных представителей донной флоры, доминировавших на этом участке: спирогира «морфотип 1» (40 и 100X соответственно), а также – цианопрокариоты и тот же морфотип спирогиры, 100X.



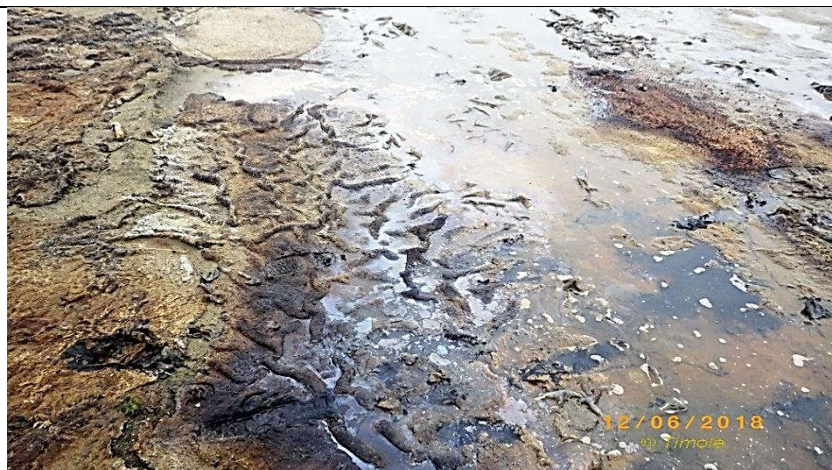
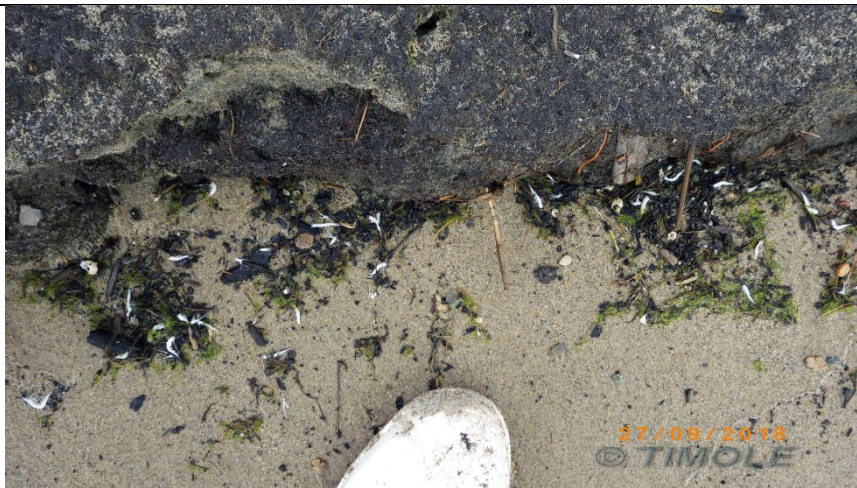


Рис. 20. 27 сентября 2018 г. Прибрежная зона и пляжи бухты Сеногда в июне (верхние 3 фотографии) и сентябре 2018 г.

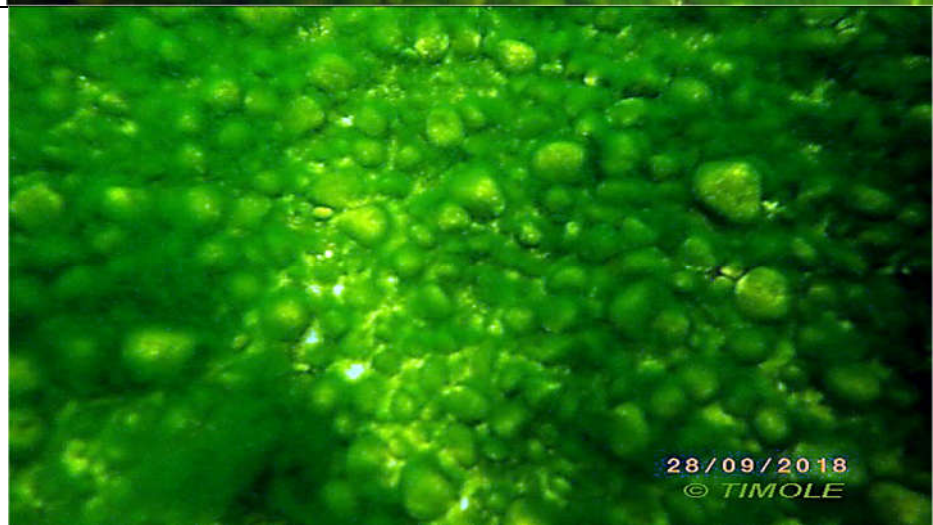
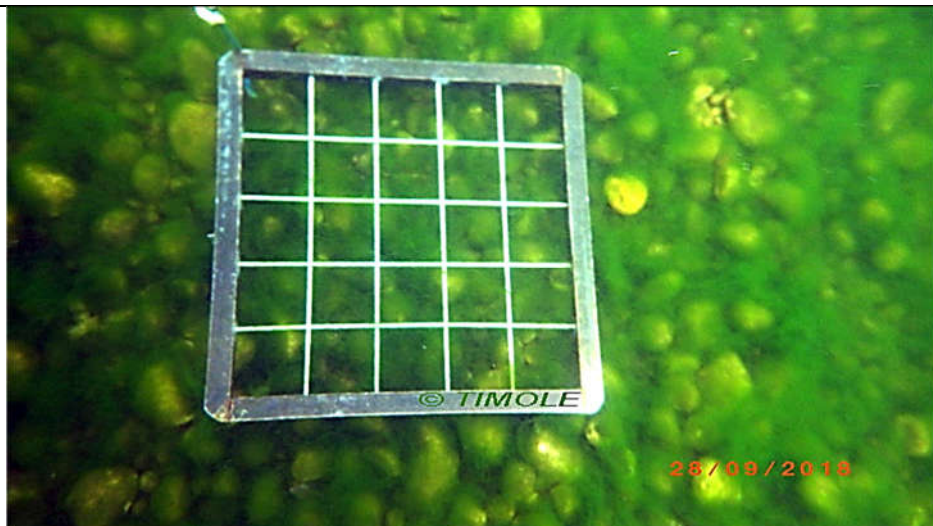


*Рис. 21. 27 сентября 2018 г.
Прибрежная зона и пляжи бухты
Сеногда в сентябре 2018 г. Массовая
гибель и выброс эндемичной
пелагической амфиподы-
макрогектопуса (подробности – см.
Timoshkin, 2018).*





Рис. 22. 27 сентября 2018 г. Прибрежная зона и пляжи напротив пос. Заречный, в сентябре 2018 г. Береговые скопления перезимовшей спирогиры и водорослей летнего поколения 2018 г.



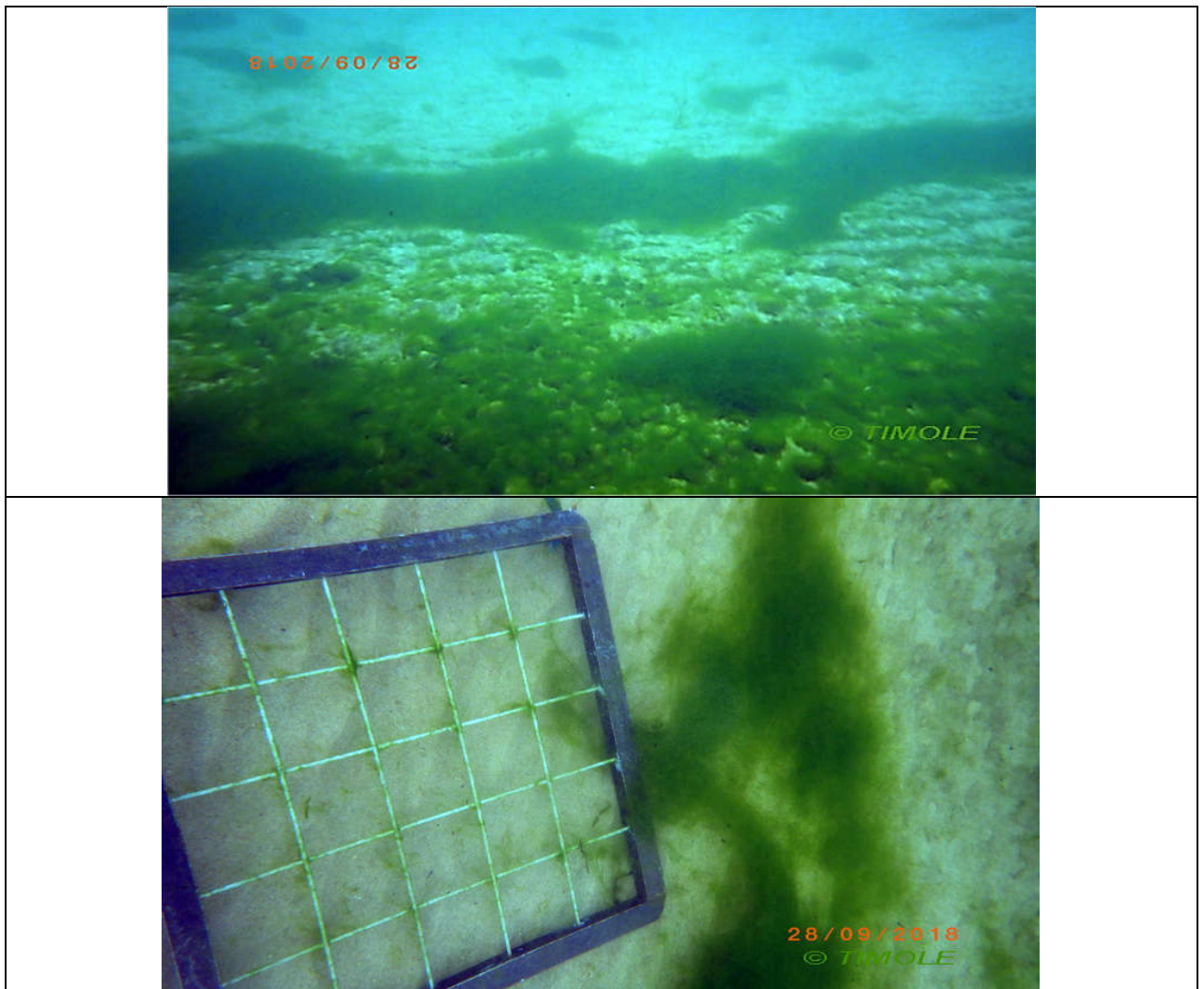


Рис. 23. 28 сентября 2018 г. Губа Фролиха. Подводные фотокадры каменистого (две верхних) и песчаного грунта (две нижних фотографии) с массовым «цветением» и скоплениями спирогиры морфотипа 1.



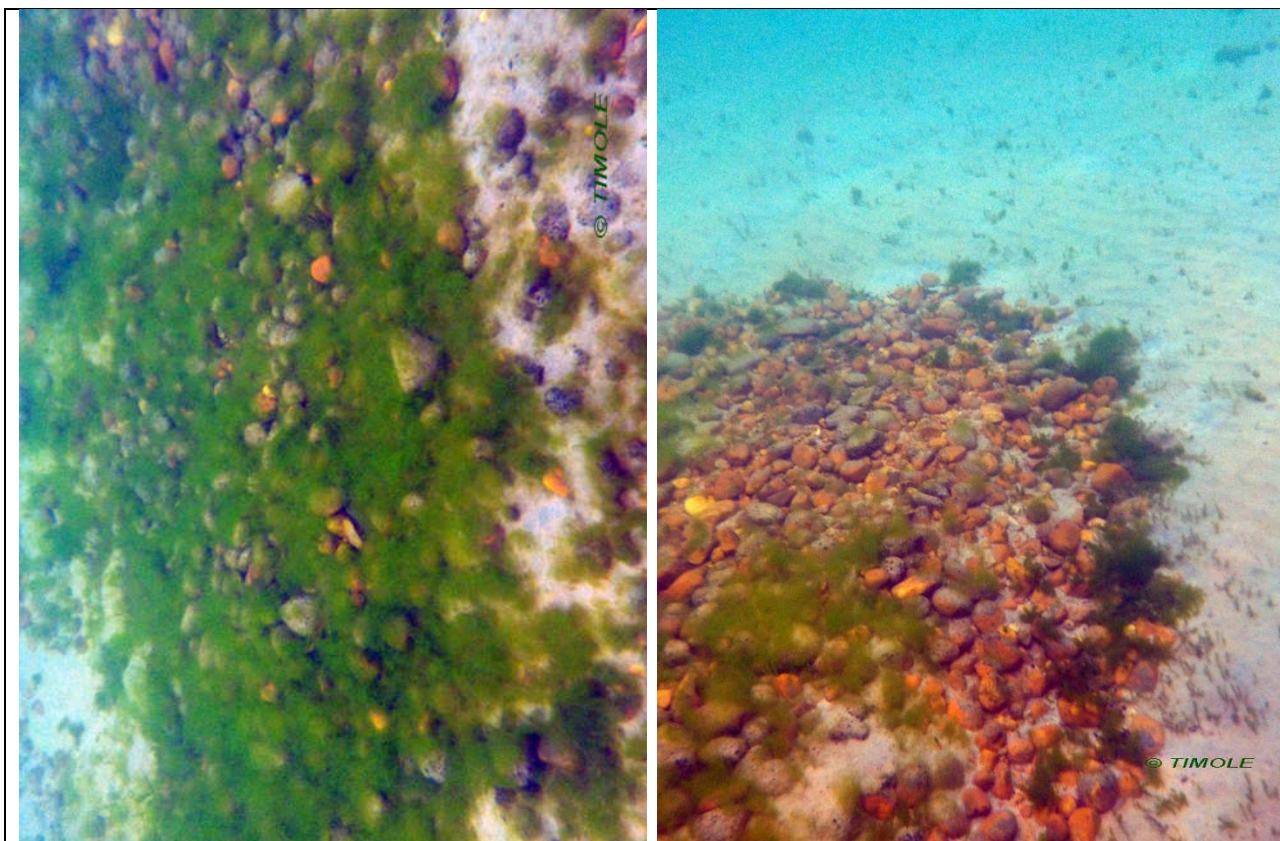


Рис. 24. 28 сентября 2018 г. Губа Аяя. Подводные фотокадры каменистого на глубине примерно 1.5 м (две верхних) и песчаного грунта с пятнами камней, на глубине примерно 3 м (две нижних фотографии) с массовым «цветением» и скоплениями нитчатых водорослей, представляющих собой смесь нитей 4-5 морфотипов спирогир, а также – эдогониумов.





Рис. 25. 28 сентября 2018 г. Банка экспедиции Дриженко. Подводные фотокадры, сделанные на глубине примерно 9-10 м. «Царство» бентосных цианопрокариот и корковых губок.