



УДК: 574.084.2 (282.256.341 – 210.5)

Биология прибрежной зоны озера Байкал Сообщение 1. Заплесковая зона: первые результаты междисциплинарных исследований, важность для мониторинга экосистемы

О. А. Тимошкин¹, А. Н. Сутурин¹, Н. А. Бондаренко¹, Н. Н. Куликова¹,
Н. А. Рожкова¹, Н. Г. Шевелева¹, Л. А. Оболкина¹, В. М. Домышева¹,
Е. П. Зайцева¹, В. В. Мальник¹, Н. В. Максимова¹, И. В. Томберг¹
А. В. Непокрытых¹, А. А. Широкая¹, А. Г. Лухнев¹, О. В. Попова¹,
Н. В. Потапская¹, В. С. Вишняков^{2,1}, Е. А. Волкова^{2,1}, Ю. М. Зверева^{2,1},
Н. Ф. Логачева¹, М. В. Сакирко¹, Т. Я. Косторнова¹

¹ Лимнологический институт СО РАН, Иркутск

² Иркутский государственный университет, Иркутск

E-mail: tim@lin.irk.ru

Аннотация. Заплесковая зона (как надводная часть зоны прибрежной) большинства озёр Евразии практически не исследована. Как показывает мировой опыт, именно она является наиболее индикаторной, «быстро и чутко» реагирующей на антропогенные изменения экосистем. Термин «заплесковая зона» широко используется в литературе, посвящённой зонированию морского побережья и обозначает часть литорали, подверженной влиянию брызг. Аналогичная зона с наиболее контрастными градиентами абиотических факторов постоянно существует и в Байкале, распространяясь от уреза воды до подножия склона. Её длина составляет 1800–2000 км, а нижняя граница заплесковой зоны вследствие поднятия уровня перемещается вверх, к береговому склону, в пределах 10 и более метров. Исследование заплесковой зоны – совершенно новая область лимнологии Байкала. Поэтому изучение этой части экосистемы как важной составляющей прибрежной зоны озера весьма перспективно с научной и практической точек зрения. Выяснено, что заплесковая зона весьма богата пищевыми ресурсами: здесь скапливаются детрит и бытовые отходы, которые являются благодатным биотопом для развития особых сообществ и оказывают существенное влияние на гидрохимический и микробиологический режимы интерстициальных и прибрежных вод. В этой зоне обнаружены представители как минимум четырёх разнородных по происхождению фаунистических комплексов беспозвоночных: палеоарктические, космополитные и другие виды (вселенцы из евразийских или сибирских водоёмов), широко распространённые или эндемичные байкальские гидробионты, инфауна почв и представители наземных биоценозов. Выявлено, что именно заплесковая зона подвержена наиболее активному влиянию антропогенной деятельности: грунты прибрежной и заплесковой зоны являются своеобразным буфером, фильтром, защищающим чистоту озера от сточных вод прибрежных посёлков; именно в заплесковой зоне наблюдаются максимальные скопления бытового мусора. Следовательно, антропогенное воздействие на озеро наиболее легко диагностировать в заплесковой зоне; это своеобразный «градусник» экосистемы Байкала. Настоящая серия статей посвящена первым результатам междисциплинарных исследований заплесковой зоны Байкала. В первом сообщении приведено определение заплесковой зоны Байкала, её краткая характеристика, перечень основных факторов, влияющих на продуктивность сообществ заплесковой зоны, а также конкретные предложения по организации системы слежения за состоянием этой зоны.

Ключевые слова: заплесковая зона, методы исследования, сообщества, макрофиты, беспозвоночные, мониторинг, прибрежная зона, колебания уровня, Байкал.

Парадоксально, но факт: самая доступная для изучения зона, а именно – надводная часть прибрежья многих озёр Азии, таких как Хубсугул, Котокельское, Ивано-Арахлейские озёра, остаётся практически не исследованной. Даже относительно такого известного водоёма, как Байкал, имеются буквально несколько работ, в

основном касающихся таксономии инфауны детритных матов (инфузории [45]), песков (циклопы [1; 41], коловратки [5; 6], олигохеты [36]), либо биологии макрозообентоса пляжей, включая зону заплеска [8; 9]. Между тем, как показывает мировой опыт (Балтийское море, озёра Леман и Охрид в Европе, Бива в Японии

и др.), именно заплесковая зона озёр является наиболее индикаторной, «быстро и чутко» реагирующей на антропогенные изменения экосистемы. Геоморфологические исследования байкальских берегов, проведённые в последние десятилетия Т. Г. Потемкиной [31–33], выявили ряд проблем, связанных с эксплуатацией Иркутской ГЭС и зарегулированностью озера, строительством БАМ, развитием туристического и санаторно-курортного дела, массовым строительством причалов, пирсов и др. Эти факторы оказывают определённое влияние на процессы рельефо- и осадкообразования, на формирование экологических особенностей береговой зоны.

В процессе проведения библиографического анализа было выявлено, что литературные данные по химическому составу интерстициальных вод заплесковой зоны для большинства озёр России отсутствуют. В 80-е гг. XX в. на Байкале проводились исследования гидрохимического состава воды и микробных сообществ заплесковой зоны, однако результаты не были опубликованы. За рубежом прибрежная зона широко изучается как с точки зрения естественных, так и индуцированных человеком процессов [43; 49].

Исследования последних десятилетий подтвердили важность проведения многолетних непрерывных рядов наблюдений, регулярного отбора проб и формирования коллекций гидробиологического материала для выявления долговременных трендов изменений некоторых лимнологических параметров экосистемы оз. Байкал. Например, совместные работы японских и российских исследователей по изучению соотношения стабильных изотопов азота и углерода в чешуе байкальского омуля (коллекция В. В. и Н. С. Смирновых, 1947–1995 гг.) выявили удивительный факт: скорость изменения этого параметра в ней до десяти тысячной доли совпадает со скоростью его изменения в атмосфере Земли [42]. Изучив основанные проф. М. М. Кожовым 60-летние ряды наблюдений за количественными и качественными характеристиками зоопланктона, температуры и растительных пигментов, учёные выявили феномен повышения концентрации хлорофилла «а» (пигменты изучались около 30 лет), а также относительного количества кладоцер в зоопланктоне на так называемой точке № 1 в Южном Байкале [48]. Возможно, эти сведения отражают процессы глобального изменения

климата¹ на всей планете и подчеркивают роль Байкала как модельного объекта для их изучения. В меньшем масштабе, более локально, изменения уже могли произойти и наиболее ярко могли проявиться в надводной части прибрежной зоны озера, которая пока является практически не изученной². Вероятно, именно поэтому среди учёных нет единого мнения о степени воздействия антропогенных факторов на экосистему оз. Байкал в целом (обзор мнений [2]). В связи со слабой изученностью заплесковой зоны Байкала в 2009 г. нами было начато её междисциплинарное исследование с целью изучить естественный ход гидрохимических, гидрофизических, микробиологических, биогеохимических показателей, а также сезонную динамику водорослей, микро-, мейо- и макрозообентоса интерстициальных вод этой зоны по сравнению с водами самого озера, разработать методы и подходы, дать рекомендации по созданию схемы слежения за состоянием надводной части прибрежной зоны оз. Байкал. Первый этап работ – разработка методов и подходов, изучение особенностей колебания уровня воды и его влияния на зональность макрофитов и биологию доминирующих видов прибрежной зоны – был проведён в относительно чистых районах бухты Большие Коты (Южный Байкал). Цель настоящей статьи – дать определение заплесковой зоны для Байкала, кратко перечислить комплекс применённых нами методов и подходов, выявить первоочередные задачи исследований этого практически неизученного биотопа, а также дать конкретные рекомендации по слежению за экологической ситуацией в прибрежной зоне озера.

Общая схема исследований и отбора проб

Идея о необходимости более подробного изучения зоны заплеска оз. Байкал родилась в 2006–2007 гг., в процессе сравнительных исследований мейозообентоса подводной и надводной части песчаных пляжей бухты Большие

¹ По мнению первого автора, выводы по многолетней динамике обилия кладоцер, полученные на единственной станции в Южном Байкале, вряд ли допустимо аппроксимировать на столь огромный водоём, каким является оз. Байкал. Известно, что кладоцеры в период открытой воды в огромной массе развиваются в Чивыркуйском и Баргузинском заливах, проливе Малое Море, а также – в северной котловине озера. По собственным наблюдениям, пробы грунта, взятые драгой или дночерпателем на глубинах 50–250 м в Северной котловине озера, зачастую содержат значительное количество эфиппимов босмин и их пустых «створок» (важное косвенное свидетельство постоянного обилия самих рачков в планктоне).

² Важность этих исследований подчеркивалась ранее [3; 4].

Коты. Немного позднее первым автором статьи были получены предварительные результаты исследования береговых скоплений детрита («поясов» детрита, состоящих из отмерших кобылок, имаго ручейников, водорослей и т. д.) и их инфауны. Наиболее комплексные и интенсивные исследования заплесковой зоны как составной части зоны прибрежной были проведены нашей группой в 2009–2011 гг., в рамках госбюджетного проекта ЛИН СО РАН (см. заключение статьи). Как правило, исследования проводились ежемесячно, с мая по ноябрь, на базе стационара ЛИН СО РАН в посёлке Большие Коты. Спорадический отбор проб осуществлялся также в заливе Листвяничном, проливе Малое Море, островах Ольхон и Большой Ушканий, Чивыркуйском заливе и на восточном побережье Южного Байкала. На первом этапе нами было проведено морфологическое зонирование заплесковой зоны бух. Большие Коты (геологический и минералогический аспекты), обосновано расположение стандартных трансект наблюдений. Гидробиологические (включая микробиологические), гидрохимические и биогеохимические пробы отбирались комплексно и одновременно на следующих стандартных разрезах: напротив падей Варначка (иногда дополнительные пробы отбирались в бух. Сенная), Жилище и Чёрная. Каждый разрез включал минимум 3 станции: интерстициальная вода из лунки, выкопанной в зоне заплеска, в 1 м выше уреза (1); вода озера в 1 м (2) и вода озера в 100 м (3) от уреза. Пробы в заплесковой зоне отбирались в трёхкратной повторности на каждой станции. Параллельно на всех станциях проводились измерения абиотических параметров: температуры воздуха, воды и грунта, рН, электропроводности, отбирались пробы на гранулометрический состав. Температурный режим мелководной и заплесковой зон контролировался следующим образом: 1) *вода озера*: 100 м; 1 м от уреза; урез; 2) *грунтовая и интерстициальная вода*: 0,5, либо 1 м выше уреза. Также проводилось послойное измерение температуры влажного грунта с шагом в 0,5–1 см, от поверхности грунта до 20–25 см вглубь его (термометр Checktemp со стальным наконечником). Суточная динамика температуры поверхности грунта в зонах заплеска (0,5 м выше уреза), уреза воды, придонной температуры воды в 1 м и 20 м от уреза (на глубине 0,1 и 3,0 м соответственно) определялась по результатам измерений с помощью регистраторов TidBit Loggers [14; 39]. Особая часть комплексных исследова-

ний – биогеохимический анализ воды, грунтов и гидробионтов прибрежной зоны (включая заплесковую). С целью выяснения влияния доминирующих видов макрофитов на абиотические факторы среды, летом 2010 и 2011 гг. были проведены эксперименты по определению суточной динамики потребления кислорода и изменения рН средообразующей водорослью *Ulothrix zonata* Kuetz. в мезокосмах. Динамика границ заплесковой зоны определялась по фотографиям участка зоны заплеска напротив стационара ЛИН СО РАН, сделанным в 2006–2011 гг. Кроме того, в этом же районе, в штилевую погоду проводились ежемесячные измерения расстояния линии уреза от репера, вбитого в основание склона. Параллельно изучались состав, количественные характеристики и сезонная динамика детритных матов, а также их инфауны. Микробиологическая характеристика интерстициальной воды заплесковой зоны (воды из лунок) осуществлялась в сравнении с водой прибрежной зоны озера (пробы брались в 1 м и 100 м от уреза). При этом изучались следующие процессы: сезонная динамика общей численности бактерий (ОЧБ), количество колоние-образующих единиц (КОЕ) на 5 селективных средах³, а также санитарно-микробиологических показателей. Фито- и зоопланктон интерстициальной воды заплесковой зоны характеризовался по сравнению с водой прибрежной зоны озера (1 м и 100 м от уреза). Особо отбирались пробы для изучения сезонной динамики сообществ микро-, мейо- и макрозообентоса заплесковой зоны. С целью определения видов – индикаторов загрязнения заплесковой зоны, нами проводились исследования аутэкологии массовых видов макрофитов и макрозообентоса заплесковой зоны, а именно: экология, морфология и жизненные циклы зелёной водоросли *Ulothrix zonata*; экология, морфология, жизненные циклы и особенности питания доминирующей в заплесковой зоне олигохеты *Mesenchytreus bungei* Michaelsen; экология, жизненные циклы и особенности питания амфипод и планарий, обитающих в приурезовой и заплесковой зонах. В связи с изучением состава береговых скоплений детрита заплесковой зоны, особое внимание уделялось жизненным циклам, сезонной динамике фло-

³ МПА (на наличие сапрофитов), среда с неорганическим фосфатом (на микроорганизмы, потребляющие неорганический фосфор), среда Ваксмана с нитратами (на наличие грибов и актиномицетов), крахмальный агар (на микроорганизмы, разрушающие полисахариды), молочный агар (на микроорганизмы, разрушающие белки).

ристического состава и поясности, физиологическому состоянию талломов макрофитов залива и его основных притоков. В качестве дополнительных направлений проведённых нами исследований перечислим следующие: выяснение состава и количественных характеристик «промежуточных» сообществ на границе берег – вода, а также влияние форс-мажорных природных явлений (ливни, оползни) на экологию заплесковой зоны (исследовалась терригенная составляющая микробных сообществ заплесковой зоны до и после периода сильных ливней).

Все фотографии для данной статьи выполнены О. А. Тимошкиным.

Как понимать термин «заплесковая зона» применительно к Байкалу и почему её исследование столь актуально

Термин «заплесковая зона» заимствован нами из литературы, посвящённой морскому зонированию побережья, где он широко используется и означает часть литорали, подверженной влиянию волн и брызг [40; 50]. Ниже приведено наиболее краткое определение этой зоны, содержащееся в Кэмбриджском словаре по экологии, эволюции и систематике: «splash zone» – the region of the shore immediately above the highest water level that is subject to wetting by splash from breaking waves»⁴ [40]. Особо следует отметить, что предыдущими исследователями зона заплеска в озере Байкал не выделялась, соответственно, она не принималась во внимание при создании схем зональности его экосистемы [20; 30; 38]. Сознательно избегая дискуссии по поводу правомерности употребления термина «литораль» для озёрных экосистем, мы считаем, что употребление термина «заплесковая зона» или «зона заплеска» применительно к Байкалу вполне оправдано по следующим основным причинам. В прибрежной зоне Байкала действительно постоянно существует особая зона, которая, во-первых, подвержена значительному воздействию ветроволновой активности. Во-вторых, именно в этой зоне происходит наиболее значительная концентрация береговых скоплений детрита (далее – БСД), которые являются благодатным биотопом для развития особых сообществ и оказывают существенное влияние на гидрохимический режим и микробиологический состав интерстициальных вод. В-третьих, эта зона

представляет собой своеобразный биотоп для байкальских эндемиков, являющихся частью прибрежных биоценозов, либо специализированных к обитанию в интерстициали надводной части пляжей, и поэтому должна рассматриваться как неотъемлемая часть экосистемы Байкала. Как показали наши исследования, в зоне заплеска также формируются особые, «промежуточные» сообщества, которые включают элементы как минимум четырёх различных по происхождению фаунистических комплексов беспозвоночных: палеарктические, космополитные и другие виды (вселенцы из евразийских или сибирских водоёмов) (1), широко распространенные или эндемичные байкальские гидробионты (2), инфауна почв (3) и представители наземных биоценозов (4) (рис. 1–9). Выяснено, что в видовом отношении озёрная (т. е. – байкальская) составляющая этих сообществ весьма небогата. Таксоценозы, как правило, монодоминантны, либо состоят из 2–3 доминирующих видов. Поэтому практически все виды «претендуют» на роль видов-индикаторов антропогенного загрязнения заплесковой зоны. По этой причине перед составлением списка индикаторных видов следует тщательно изучить их жизненные циклы, а также сезонную и межгодовую динамику их количественных показателей. Так, например, макрозообентос этих сообществ включает 1–2 вида планарий, в изобилии встречающихся в зоне уреза, где они откладывают коконы (см. рис. 1, А–Д) [15; 25]; 2–3 вида олигохет при подавляющем доминировании *Mesenchytraeus bungei* Michaelsen, 1901 (см. рис. 2, А, Б) и столько же видов амфипод (см. рис. 3, А, Б) [8; 9]. Практически тот же вывод можно сделать и для многих организмов мейзообентоса зоны заплеска: микротурбеллярий, тардиград, ракообразных (см. рис. 4–6)⁵. Как будет показано в последующих публикациях данной серии, численность и биомасса всех этих животных в течение летнего сезона могут достигать огромных значений. Удивительны приспособления лесных и почвенных животных к обитанию в заплесковой зоне озера Байкал. Многочисленные клещи, пауки, жесткокрылые (особенно жужелицы, см. рис. 7), многоножки, коллемболы, личинки двукрылых обитают здесь на постоянной основе и ещё ждут своих исследова-

⁴ Заплесковая зона – район побережья, расположенный непосредственно над самым высоким уровнем воды, подверженный увлажнению за счёт заплеска от разбивающихся о берег волн.

⁵ Как показали исследования нашей лаборатории 2000–2011 гг. [12; 16; 22; 34; 35], подобная особенность характерна и для мелководных сообществ каменистой литорали. Виды макрозообентоса, доминирующие здесь, также очень немногочисленны, даже единичны.

телей. Пока нам неизвестен даже примерный список видов почвенного генезиса, регулярно или спорадически встречающихся в зоне заплеска озера Байкал. Исследования качественного и количественного состава обитателей самих БСД (т. е. их инфауны) нами также только начаты.

Огромное количество рыжих лесных муравьёв концентрируется в заплесковой зоне озера в период массового вылета и отмирания имаго эндемичных ручейников. Практически вдоль всего побережья озера и его островов можно наблюдать «эшелоны» рабочих особей этих насекомых, переносящих имаго ручейников в муравейники, подчас расположенные в нескольких десятках, а иногда в сотне метров от уреза (см. рис. 8, А–Е). После этого периода муравьи переносят и поедают других насекомых, выброшенных из воды в зону заплеска (клопы, бабочки и др.), но подобных скоплений больше не образуют. В условиях весьма ограниченных источников белковой пищи на скалистом Большом Ушканьем острове, изолированном от материковой части полуострова Святой Нос, массовый вылет имаго ручейников в весенне-летний период, вероятно, является одной из важнейших причин большого количества муравейников, наряду с редким возникновением пожаров и отсутствием хищников, питающихся муравьями и их яйцами и систематически разрушающих муравейники [13].

Наиболее интересным компонентом наземной фауны, приспособившимся к обитанию в заплесковой зоне, следует считать представителей дождевых червей сем. Lumbricidae (см. рис. 9, А, Б), на протяжении 2007–2011 гг. регулярно встречавшихся в «stone-unit»-пробах⁶ в бух. Бол. Коты. Иногда их находили даже в приурезовой зоне озера, причём в содержимом кишечника этих червей обнаруживались значительные количества нитей отмершей и полупереваренной зелёной водоросли *Ulothrix zonata*. Регулярность подобных находок, равно как и потребление в пищу береговых скоплений детрита, в частности, нитей доминирующего в урезовой и приурезовой зонах улотрикса (см. рис. 9, В, Г), свидетельствует об определённой степени специализации дождевых червей к обитанию в зоне заплеска. Внешний вид и размерный состав половозрелых особей дождевых

червей (судя по наличию хорошо выраженных поясков) иногда существенно отличался, что свидетельствует об их разной видовой принадлежности. Не исключено, что пищевая специализация могла привести к определённой таксономической обособленности и «первым шагам» образования видов рода *Lumbricus* и родственных с ним групп, специализированных к обитанию в зоне заплеска оз. Байкал. Регулярное попадание особей дождевых червей в зону заплеска может быть обусловлено двумя факторами: активной миграцией отдельных особей в поисках пищи (полуразлагающиеся остатки растительности БСД являются идеальной пищей для люмбрицид-детритофагов), а также смывом червей в заплесковую зону во время ливневых дождей. Вопрос о том, могут ли черви зимовать в надводной части прибрежной зоны самого озера, либо их численность поддерживается активными (пассивными) иммигрантами из почв окружающей тайги, пока остаётся открытым для будущих исследований. Кроме элементов почвенной фауны, флоры и микроскопических грибов (результаты первых исследований в данном направлении будут изложены в одной из последующих публикаций серии), грязевые потоки, образующиеся вдоль береговой зоны озера (особенно западного берега), приносят в зону заплеска огромное количество органических и неорганических веществ, существенно влияющих на круговорот веществ и продуктивность обитателей не только зоны заплеска, но и всей прибрежной зоны. Как показали наши наблюдения на стандартной трансекте, расположенной напротив стационара ЛИН СО РАН в бух. Бол. Коты, кроме быстрого захоронения БСД и массового привноса таёжных почв в зону заплеска, образующиеся после ливней грязевые и мутьевые потоки разносят аллохтонную почвенную взвесь в прибрежной зоне озера на расстояние десятков метров от уреза воды (рис. 10, А–3). Конкретные количественные характеристики этих процессов и оценка их влияния на биоту заплесковой и прибрежной зон также являются важными задачами будущих исследований.

Наконец, еще одной отличительной и важнейшей особенностью зоны заплеска является тот факт, что именно она подвержена максимальному влиянию антропогенной деятельности. Грунты прибрежной и заплесковой зоны являются своеобразным буфером, фильтром, защищающим чистоту вод озера от бытовых сточных вод прибрежных посёлков; именно в этой зоне вблизи них и в местах интенсивной

⁶ Довольно распространённый в гидробиологии метод количественного сбора бентоса, когда для определения численности и биомассы отбираются обитатели одного камня, а их количественные показатели пересчитываются на площадь проективного покрытия этого камня [3].

рекреационной нагрузки обнаруживаются максимальные скопления бытового мусора (рис. 11, А). Здесь можно наблюдать и контролировать появление нефтезагрязнений от деятельности маломерного флота и мытья автомобильного транспорта (см. рис. 11, Б). Следовательно, антропогенное воздействие на озёрные экосистемы, которое, судя по мировому опыту (озёра Бива, Охрид и др.), обычно начинается в прибрежной зоне, здесь сравнительно легко диагностировать. С этой точки зрения зона заплеска является наиболее индикативной зоной байкальской экосистемы.

Заплексовая зона – это территория, распространяющаяся от уреза воды до подножия склона (клифа), либо береговых сооружений типа парапетов, бревенчатых и бетонных набережных и пр. Если берег пологий (что справедливо, например, для восточного побережья озера Байкал), то верхней границей зоны следует считать границу максимального влияния ветро-волновой активности. Длина зоны в Байкале сравнима с длиной береговой линии и составляет около 1800 км [7]. М. М. Кожов [20] указывает, что длина береговой линии (приближенно) составляет 2000 км, а длина береговой линии островов – 139,2 км. Заплексовая зона вследствие ежегодного поднятия уровня озера поднимается в период открытой воды вверх, к береговому склону, на 10 (западное побережье) и более метров (восточное побережье, заливы)⁷ (рис. 12, А–Е; 13, А–Б), а в зимне-весенний вновь существенно удаляется от берегового склона. При этом амплитуда колебаний уровня меняется в пределах 1 м. Вдоль западного побережья (район бух. Бол. Коты) средняя ширина зоны составляет около 10 м.

Основные факторы, влияющие на состояние прибрежной зоны оз. Байкал, а также на определение периодичности и мест проведения мониторинговых работ

Установление полигонов и/или трансект является общепринятым первым этапом при проведении экологических исследований и мониторинга в водных экосистемах [45]. На Байкале также накоплен хороший опыт подобных исследований [17; 20; 30]. Выбор местоположения трансект и полигонов, а также регулярность и сроки проведения наблюдений могут быть обусловлены следующими основными

⁷ Измерения проводились относительно железного репера, вбитого в грунт в основании склона, напротив стандартной трансекты у стационара ЛИИ СО РАН в пос. Бол. Коты.

факторами: а) интенсивностью антропогенной нагрузки, которая косвенно связана с числом постоянных жителей, и/или рекреационной деятельностью; б) периодичностью природных процессов и явлений, особенностями биологии доминирующих видов (в том числе – особенностями климата, становления/разрушения ледового покрова, длительностью жизненных циклов гидробионтов; сроками их размножения и т. д.); в) геологической природой наземных и субаквальных ландшафтов; г) наличием или отсутствием регулярных наблюдений за предшествующий период. Кроме того, следует иметь в виду и уровни организации живых организмов, которые могут быть подвержены антропогенной нагрузке. Рассмотрим эти факторы более детально.

Интенсивность антропогенной нагрузки. Состояние заплексовой зоны в границах прибрежных населённых пунктов, имеющих статус города, и природных объектов, подверженных наибольшему наплыву туристов, должно контролироваться ежегодно. Некоторые параметры должны регистрироваться по несколько раз в год (подробнее см. ниже). К объектам с повышенной рекреационной нагрузкой следует относить: посёлки Листвянка, Бол. Коты, Бол. Голоустное, Бугульдейка, Горячинск, бух. Ая, материковое и островное побережье Малого моря (с акцентом на прол. Малые Ольхонские ворота, зал. Мухор, пос. Хужир), бух. Хакусы, пос. Монахово и бух. Змеиная в Чивыркуйском заливе, пос. Турка. К объектам городского типа можно относить населённые пункты с общей численностью от 10–12 тыс. постоянных жителей, а также поселения, где наблюдается интенсивная промышленная деятельность: города Байкальск (14 тыс. чел.), Слюдянка (19 тыс. чел.), Северобайкальск и Нижнеангарск (25,5 и 5,5 тыс. соответственно).

Периодичность природных процессов, особенности биологии доминирующих видов и др. Состояние прибрежной зоны подвержено существенному влиянию климатических и гидродинамических факторов. Сильные штормы ежегодно оставляют большое количество выброшенных на берег губок и даже бычковых рыб на некоторых сильно выдающихся в открытое озеро мысах (рис. 14, А–Б). Ливневые дожди вызывают обильные грязевые и селевые потоки, приносящие огромное количество почвы (биогенов) и представителей наземных сообществ (микробиота, в частности – почвенные грибы-сапрофиты, беспозвоночные и др.) в зону заплеска (рис. 10, А–З). Сезонная перио-

дичность в развитии биоты и особенности биологии доминирующих видов озера Байкал и окружающих территорий также оказывают существенное влияние на процессы, происходящие в зоне заплеска, и отражаются на гидрохимических и микробиологических показателях качества прибрежных и интерстициальных вод. К таким явлениям относятся регулярный ежегодный массовый вылет имаго эндемичных ручейников и хирономид, откладка яиц в приурезовой зоне (рис. 15, А, Б) и последующее отмирание насекомых; массовая вегетация и отмирание водных и наземных макрофитов; массовые линьки прибрежных беспозвоночных (рис. 16, А–В), и т. д. Все эти факторы следует учитывать при разработке схемы расположения трансект, мест и периодичности отбора проб. К этому же явлению, очевидно, следует относить и массовое скопление бытового мусора, смывого с берегов по окончании туристического сезона и выброшенного в зону заплеска после разрушения ледового покрова. Большинство этих вопросов будут рассмотрены в отдельных публикациях, так как полученные материалы весьма новы, интересны и важны для дальнейших исследований лимнологии озера Байкал.

Геологическая природа наземных и субаквальных ландшафтов. Установлено, что минеральный состав материковых пород, слагающих дно прибрежной зоны, совместно с БСД, могут оказывать существенное влияние на элементный и гидрохимический состав интерстициальных вод заплесковой зоны. Следовательно, расположение трансект следует определять с учётом этих факторов. Ранее с точки зрения ландшафтно-экологического зонирования вся прибрежная зона озера была поделена на 9 ландшафтов [30]. В соответствии с этим, в начале 2000 гг. Лимнологическим институтом СО РАН были заложены 8 трансект вдоль всего побережья озера: полигон Берёзовый (модельные, фоновые исследования) (I); бух. Бол. Коты (II); против м. Бирхин (III); западное и восточное побережье северной оконечности о. Ольхон (IV и V соответственно); Бол. Ушканий остров (VI и VII соответственно); м. Елохин (VIII). Две из них расположены на карбонатных породах (VI и VII), одна – на породах, в основном сложенных габброидами (III), остальные – на гранитах и смешанных породах. На полигоне Берёзовом проводились регулярные многолетние исследования абиотических факторов и всех трофических звеньев экосистемы прибрежной зоны. Краткий обзор научных результатов, полученных нами на полиго-

не Берёзовый, опубликован ранее в виде статей и сообщений [12; 27–29], серии глав в коллективной монографии [4; 26]. Обоснованию схемы слежения за состоянием экосистемы Байкала и результатам гидробиологических исследований посвящена отдельная глава [17]. Некоторые из указанных выше трансект следует включить в число постоянных мест наблюдения за состоянием прибрежной зоны оз. Байкал.

Наличие или отсутствие регулярных наблюдений за предшествующий период (сообщества макро-, мейо- и микрозообентоса). В отличие от экосистемы пелагиали и ее обитателей, которые многие годы были объектом пристального внимания учёных, донные гидробионты прибрежной зоны изучены гораздо слабее. Имеется предварительное сообщение [23] и единственная подробная сводка по количественным характеристикам макрозообентоса оз. Байкал в целом [24]. Отрывочные данные по качественным и количественным характеристикам макрозообентоса опубликованы для следующих районов озера: Утулик – Мурино, бух. Бол. Коты, Селенгинское мелководье, м. Берёзовый, о. Бол. Ушканий [18; 19; 21; 35]. Информации по сезонной и межгодовой динамике сообществ микро- и мейзообентоса заплесковой зоны Байкала в литературе нет (за исключением предварительных данных по бух. Бол. Коты и полигону Берёзовый [10; 16; 37]).

Уровни организации биоты. Очевидно, что антропогенное воздействие может оказывать влияние на биоту на всех уровнях её организации (сообщества [I] → популяции [II] → организмы [III] → клетки [IV] → молекулы [V]). Исходя из этого предположения в идеале, биотический мониторинг должен охватывать каждый из этих уровней. Наблюдения должны включать сбор сведений о структуре сообществ и популяций (уровни I, II; что и делается во многих случаях), динамике количественных показателей доминирующих видов, видов-вселенцев, либо – средообразующих видов (уровни I–III). Особое внимание следует уделить таким показателям, как доля особей вида с морфологическими отклонениями (различного рода уродствами = мониторинг тератизма; уровень III) (либо – доля кладок, эмбрионов) и доля абнормальных кладок и эмбрионов (уровни III–IV) [11], а также – доля особей вида с хромосомными абберациями. При этом можно сконцентрироваться лишь на некоторых модельных по различным показателям видах. Конкретные примеры таких подходов и методов исследования были даны ранее [17].

Обоснование и выбор показателей наиболее быстрых изменений экологической обстановки в заплесковой зоне озера

Известно, что антропогенное воздействие на заплесковую зону наиболее быстро будет проявляться на уровне гидрохимических (загрязнение нефтепродуктами, изменение концентрации органических веществ, тяжёлых металлов, биогенов, концентрации кислорода и др.), микробиологических (изменение общей численности бактерий – ОЧБ, количества организмов, бактерий группы кишечной палочки и энтерококков) и гидробиологических (изменение видового состава, численности короткоживущих микро- и мейобентосных видов протистов, коловраток, ракообразных) показателей. Кроме того, достаточно быстро и просто производить учёт интенсивности накопления БСД антропогенного происхождения. Именно эти показатели следует принять за основу ежегодного мониторинга заплесковой зоны вблизи указанных выше районов.

Исходя из вышеизложенного, мы рекомендуем проводить ежегодный двухразовый (в периоды минимального и максимального уровня воды) мониторинг гидрохимических, микробиологических показателей, мейзообентоса (на уровне групп), а также БСД антропогенного происхождения зоны заплеска в каждом из перечисленных выше участков Байкала.

Как показали исследования [22; 47 и др.], период достижения половозрелости многих индикаторных (т. е. доминирующих) видов из состава макрозообентоса мелководной зоны и средняя продолжительность их жизни составляют 2–4 года. Поэтому с целью обнаружения возможных изменений в количественных и качественных показателях развития макрозообентосных сообществ один раз в 4 года следует проводить комплексную гидробиологическую съёмку и анализ (на уровне групп) на некоторых из указанных выше трансект. В их число следует включить: м. Берёзовый (относительно чистый участок дна, имеются фоновые сведения за период 2000–2005 гг. по многим показателям, в настоящее время – место интенсивной рекреационной нагрузки; геологическое основание – гранитоиды); бух. Бол. Коты (классический район лимнологических исследований, в настоящее время – место интенсивной рекреационной нагрузки, геологическое основание – гранитоиды), м. Бирхин (относительно чистый участок дна, имеются фоновые сведения за период 2004 г. по макрозообентосу, гео-

логическое основание – габброиды); о. Бол. Ушканий (девственно чистый участок дна, имеются фоновые сведения за период 2002–2004 гг. по макрозообентосу, геологическое основание – карбонаты).

Более подробный перечень конкретных работ в затопляемой части прибрежной зоны Байкала (от уреза до максимально разрешенной амплитуды изменения уровня, т. е. до глубины примерно 1 м) и предполагаемая регулярность их проведения даны ниже.

Необходимые этапы и периодичность сбора информации

1. Ежемесячное (период открытой воды) и ежеквартальное (зимне-весенний период) измерение уровня воды в местах проведения мониторинга (установка береговых реперов на границе склон – заплесковая зона, либо – урез⁸).

2. Ежемесячный (май – октябрь) анализ состояния БСД в местах проведения мониторинга; определение типа БСД, видового состава основных групп растений и животных, входящих в их состав, а также количественных и размерных характеристик последних (% сырого веса, примерные размеры полей БСД). Выбор лунок для отбора микробиологических, гидрохимических и других проб следует делать с учётом наличия или отсутствия БСД.

3. Особое внимание следует уделять антропогенной составляющей БСД (в том числе, доли в нём бытового мусора), тщательно документировать с помощью макрофотографий, определять состав и массу на единицу площади.

4. Количественный и качественный анализ протистов и водорослей, обитающих в интерстициальной воде заплесковой зоны. Для этого проводится отбор проб в трёх повторностях из лунок глубиной 0,3–0,5 м (до появления интерстициальных вод), в пластиковую посуду объёмом не менее 0,6–1,0 литра. Лунки должны быть заложены на расстоянии 0,5 м от уреза, отбор проб производится в штилевую погоду. Часть проб фиксируется жидкостью Люголя⁹ (анализ водорослей, жгутиковых и др.), часть

⁸ В связи с ежегодным поднятием уровня озера граница уреза воды (заплесковой зоны) непостоянна; установка реперов даст возможность проследить динамику этого процесса.

⁹ Следует учесть, что пробы, зафиксированные жидкостью Люголя, либо Утермеля, имеют ограниченный срок хранения (3–4 месяца, в условиях темноты и стабильности) и должны быть просчитаны за этот период. После истечения срока пробы становятся непригодными для количественного анализа беспанцирных форм жгутиковых и других протистов.

проб просматривается и просчитывается в живом состоянии (инфузории и другие протисты). В обоих случаях приводится видовой список, а также их количество на единицу объёма и/или площади.

5. Ежемесячный (май – октябрь) анализ состояния индикаторных видов макрофитов прибрежной зоны: а) трёх подзон *Ulothrix zonata*, б) дидимосфении, в) тетраспоры, г) кладофор, д) ностоков и стратоностоков, е) драпарнальдиоидесов (в том числе: наличие/отсутствие подзон регрессии и угнетения *Ulothrix zonata*, состояния талломов, относительного обилия эпифитных сине-зелёных, диатомовых и т. д. Необходимо документирование их состояния на макроуровне (подводные фотографии поясов) и светооптическом уровне (микрофотографии). В случае обнаружения подзон регрессии и угнетения в поясах макрофитов-доминантов *Ulothrix zonata*, *Draparnaldioides baicalensis* Meyer и обилия эпифитных сине-зелёных и диатомовых, следует провести анализ содержания растительных пигментов (хлорофиллов).

6. Дважды в год следует проводить отбор количественных проб мейзообентоса заплесковой (по возможности – всей прибрежной) зоны в период его максимального развития (май–июнь, август–сентябрь). Видовой состав, соотношение групп, а также наличие либо отсутствие максимумов численности этих короткоживущих животных является хорошим индикатором состояния сообществ.

7. Ежемесячный (май – октябрь) анализ состояния индикативных видов макробеспозвоночных прибрежной зоны: планарий рода *Baikalobia* Kenk (1–2 вида), олигохет рода *Mesenchytraeus* Eisen (1 вид, *M. bungei*), амфипод родов *Eulimnogammarus* Bazikalova (1–2 вида), *Micruropus* Stebb. (1–2 вида), имаго ручейников родов *Baicalina* Martynov, *Baicalinella* Martynov и *Thamastes* Hagen (3–4 вида). Отбор количественных (общие численность и биомасса) проб этих животных на единицу площади (в период минимального, среднего и максимального уровня воды). Особо следует обращать внимание на обилие коконов планарий и кладок ручейников на единицу площади в урезовой и приурезовой зонах.

8. Один раз в 5 лет в мелководной зоне, прилегающей к крупным городам и посёлкам (в местах наиболее интенсивной антропогенной нагрузки и рекреационной деятельности), в один из летних месяцев необходимо проводить мониторинг количества уродливых особей доминирующих групп беспозвоночных, а также

мониторинг хромосомных aberrаций у индикаторных видов эндемичных моллюсков-гастропод рода *Benedictia* W. Dybowski [11].

Мониторинг мелководной зоны (и зоны заплеска) должен включать определённый набор подготовительных этапов и блоков предварительной информации, в том числе:

– Научное обоснование (критерии) выбора стандартных мест проведения наблюдений (полигонов, трансект, станций): а) степень антропогенной нагрузки (девственные – загрязнённые), б) уникальность ландшафта, с) геологическая основа ландшафта.

– Предварительная подготовка полигонов и трансект в прибрежной зоне, установка донных реперов, пронумерованных блоков, и т. д.

– Краткий обзор предыдущих исследований в выбранных районах.

– Наличие (определение) GPS-координат для всех станций, трансект и полигонов исследования.

– Научное обоснование регулярности сбора информации и отбора проб гидробионтов в каждом выбранном участке.

В процессе мониторинга весьма важно получить также следующие сведения:

– Графики изменения температуры (датчики непрерывного измерения температуры типа TidBit или HOBO Loggers) за весь период наблюдений. Датчики следует устанавливать в следующих местах: 1) теневая сторона берега (для измерения температуры воздуха), 2) поверхность грунта на расстоянии 0,5 м выше уреза воды (в районе закладки 3-х лунок), 3) урезная зона, 4) поверхность грунта на расстоянии 0,5 м ниже уреза воды, 5) поверхность грунта на глубине 3–4 м (средние глубины прибрежной зоны, в которых сосредоточено максимальное биологическое разнообразие флоры и фауны). Весьма важно знать динамику показателей температуры грунта на глубине 5, 10 и 20 см от его поверхности.

– Гранулометрический состав грунта из лунок.

– Необходимые гидрофизические (температура, электропроводность), гидрохимические (рН, концентрация кислорода, основные биогены, БПК, общее количество органических веществ и др.) и микробиологические показатели (выявление различных групп микроорганизмов на селективных средах, ОЧБ, выявление бактериальной группы кишечной палочки и энтерококков).

– Фото- и видеодокументация БСД, уровня воды, развития основных поясов макрофитов (с акцентом на состояние улотриксовой зоны) на уровне макро- и светооптического микроско-

пирования; отдельно следует документировать случаи тератизма.

Таким образом, нами приведены определение и первые сведения по некоторым особенностям заплесковой зоны оз. Байкал. Практически полное отсутствие литературных данных по лимнологии заплесковой зоны позволяет относить это направление исследований к новой, весьма перспективной области байкаловедения. Методы и подходы, разработанные нами на Байкале, могут быть распространены на изучение аналогичных зон других озёр Сибири. Скорейшее внедрение научно обоснованной схемы слежения за состоянием заплесковой зоны Байкала в систему государственного мониторинга позволит оперативно выявлять существующие «болевые точки» прибрежной части экосистемы озера. В силу своей особой чувствительности к воздействию внешних факторов и роли в экосистеме прибрежной зоны (что будет подробно рассмотрено в последующих публикациях этой серии), новые данные по лимнологии заплесковой зоны могут поколебать существующее мнение об отсутствии «доказанных» случаев антропогенного воздействия на экосистему Байкала. Предложенная нами схема слежения за состоянием заплесковой зоны является предварительной и может частично меняться и дополняться в зависимости от экстренных ситуаций, погодных условий конкретного года исследований и других факторов.

В последующих публикациях будет дана первая классификация БСД Байкала, их качественные и количественные характеристики, сезонная динамика, первые сведения по инфауне БСД; роль БСД в формировании гидрохимического и микробиологического режима интерстициальных вод заплесковой зоны оз. Байкал, а также другая полученная нами информация о биологии прибрежной зоны оз. Байкал с акцентом на заплесковую зону.

Работы проведены в рамках госбюджетного проекта № VII-62-1-4 «Междисциплинарные исследования заплесковой зоны как важной составляющей литорали озера Байкал» (2010–2012 гг.) и частично поддержаны интеграционным проектом СО РАН № 49 «Разнообразие, биогеографические связи и история формирования биот долгоживущих озёр Азии» (2009–2011 гг.). Авторы благодарны директору ЛИИ СО РАН, академику РАН М. А. Грачеву, за предложение термина «береговые скопления детрита», или «БСД», который теперь широко используется в наших исследованиях, а

также канд. биол. наук В. В. Парфеновой за ценные советы по организации микробиологических исследований; канд. геол.-минерал. наук С. М. Бойко, Е. И. Козыревой и Е. В. Сайбаталовой за научную и техническую помощь при проведении биогеохимических работ, Е. М. Тимошкиной за предложенное название статьи и англоязычный перевод части текста, а также М. М. Пензиной за содействие в организации экспедиций. При проведении работ нам была оказана важная техническая помощь со стороны канд. биол. наук А. Л. Новицкого.

Литература

1. Алексеев В. Р. Новый вид рода *Diacyclops* (Crustacea, Copepoda) / В. Р. Алексеев, И. В. Аров // Зоол. журн. – 1980. – Т. 65, № 7. – С. 1084–1087.
2. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна // О. А. Тимошкин [и др.]. – Новосибирск : Наука, 2001. – Т. 1, кн. 1. – 832 с.
3. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна // О. А. Тимошкин [и др.]. – Новосибирск : Наука, 2009. – Т. 2, кн. 1. – 980 с.
4. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна // О. А. Тимошкин [и др.]. – Новосибирск : Наука, 2011. – Т. 2, кн. 2. – 1668 с.
5. Аров И. В. Псаммонные коловратки озера Байкал / И. В. Аров // Коловратки : материалы II Всесоюз. симпоз. – Л. : Наука, 1985. – С. 189–198.
6. Аров И. В. Коловратки (Rotatoria) псаммона озера Байкал : автореф. дис. ... канд. биол. наук / И. В. Аров. – Л., 1987. – 24 с.
7. Атлас и определитель пелагиобионтов Байкала (с краткими очерками по их экологии) / под ред. О. А. Тимошкина. – Новосибирск : Наука, 1995. – 694 с.
8. Вейнберг И. В. Сообщества макрозообентоса каменистого пляжа озера Байкал. 1. Фауна / И. В. Вейнберг, Р. М. Камалтынов // Зоол. журн. – 1998. – Т. 77, № 2. – С. 158–165.
9. Вейнберг И. В. Сообщества макрозообентоса каменистого пляжа озера Байкал. 2. Сообщества. / И. В. Вейнберг, Р. М. Камалтынов // Зоол. журн. – 1998. – Т. 77, № 3. – С. 259–265.
10. Видовой состав и сезонное распределение ракушковых рачков на урочище валунно-галечного субстрата западной литорали Южного Байкала / Г. Ф. Мазепова [и др.] // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна / ред. О. А. Тимошкин [и др.]. – Новосибирск : Наука, 2009. – Т. 2: Водоёмы и водотоки юга Восточной Сибири и Северной Монголии, кн. 1. – С. 874–887.
11. Встречаемость аномальных раковин и частота аберраций хромосом в эмбриональных клетках моллюсков *Benedictia baicalensis* (Gerstfeldt) из разных районов Байкала / Т. Я. Ситникова [и др.] // Ruthenica. – 1997. – Т. 7, № 1. – С. 31–37.

12. Гастроподы и ручейники в биоценозах каменистой литорали Южного Байкала / Н. В. Максимова [и др.] // Озёрные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды : материалы II Междунар. науч. конф. – Минск ; Нарочь, 2003. – С. 468–471.
13. Гусев О. Натуралист на Байкале / О. Гусев. – М. : Советская Россия, 1977. – 286 с.
14. Динамика температуры воды в мелководной зоне западного борта Южного Байкала в районе междисциплинарного полигона у мыса Берёзовый по данным непрерывного измерения с помощью датчиков ONSET STOWAWAY TIDBIT LOGGERS / О. А. Тимошкин [и др.] // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна / ред. О. А. Тимошкин [и др.]. – Новосибирск : Наука, 2009. – Т. 2: Водоёмы и водотоки юга Восточной Сибири и Северной Монголии, кн. 1. – С. 727–731.
15. Зайцева Е. П. Жизненный цикл массовой литоральной планарии *Baikalobia guttata* (Gerstfeldt, 1858) (Plathelminthes, Tricladida) – одного из наиболее перспективных видов для мониторинга сообществ мелководной литорали озера Байкал / Е. П. Зайцева, О. А. Тимошкин // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2007. – № 2. – С. 40–45.
16. Зайцева Е. П. Первые сведения о сезонной динамике количественных и качественных показателей свободноживущих ресничных червей (Plathelminthes, Turbellaria) мелководной зоны озера Байкал / Е. П. Зайцева, О. А. Тимошкин // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна / ред. О. А. Тимошкин [и др.]. – Новосибирск : Наука, 2009. – Т. 2: Водоёмы и водотоки юга Восточной Сибири и Северной Монголии, кн. 1. – С. 839–856.
17. К вопросу о важности изучения мелководной зоны Байкала / О. А. Тимошкин // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна / ред. О. А. Тимошкин [и др.]. – Новосибирск : Наука, 2009. – Т. 2: Водоёмы и водотоки юга Восточной Сибири и Северной Монголии, кн. 1. – С. 705–707.
18. Каплина Г. С. О состоянии макрозообентоса в районе Утулик – Мурино / Г. С. Каплина // Изв. Биол.-геогр. НИИ при Иркут. ун-те. – 1970. – Т. 23, вып. 1. – С. 42–64.
19. Каплина Г. С. Макрозообентос каменистых грунтов литорали оз. Байкал и его сезонная динамика (данные 1963–1968 гг., район Больших Котов) / Г. С. Каплина // Продуктивность Байкала и антропогенные изменения его природы. – Иркутск, 1974. – С. 126–137.
20. Кожов М. М. Биология озера Байкал / М. М. Кожов. – М. : Наука, 1962. – 315 с.
21. Макрозообентос субаквальных ландшафтов мелководной зоны Южного Байкала. 1. Локальное разнообразие донного населения и особенности его пространственного распределения / Л. С. Кравцова [и др.] // Зоол. журн. – 2003. – Т. 82, № 3. – С. 307–317.
22. Максимова Н. В. Биология и распределение байкальского брюхоногого моллюска *Maackia (Eubaicalia) herderiana* (Lindholm, 1909) (Gastropoda: Caenogastropoda: Baicaliidae) : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н. В. Максимова. – Иркутск, 2007. – 22 с.
23. Миклашевская Л. Г. Новые данные о продуктивности дна Байкала / Л. Г. Миклашевская // Докл. АН СССР. – 1932. – № 12. – С. 303–312.
24. Миклашевская Л. Г. Материалы к познанию продуктивности дна Байкала / Л. Г. Миклашевская // Тр. Байкал. лимнол. станции. – 1935. – Т. 6. – С. 99–198.
25. Морфология, систематика и особенности экологии литоральных планарий *Baikalobia guttata* (Gerstfeldt, 1858) и *Baikalobia pseudoguttata* sp. nov. (Plathelminthes, Turbellaria, Tricladida: Paludicola) из озера Байкал / А. Г. Порфирьев [и др.] // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна / ред. О. А. Тимошкин [и др.]. – Новосибирск : Наука, 2010–2011. – Т. 2 : Водоёмы и водотоки юга Восточной Сибири и Северной Монголии, кн. 2. – С. 1083–1096.
26. Насколько реалистично создание универсальной концепции (схемы) слежения за состоянием экосистем? Ландшафтно-экологические исследования на озере Байкал как возможная модель / О. А. Тимошкин [и др.] // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна / ред. О. А. Тимошкин [и др.]. – Новосибирск : Наука, 2009. – Т. 2 : Водоёмы и водотоки юга Восточной Сибири и Северной Монголии, кн. 1. – С. 708–726.
27. Непокрытых А. В. К биологии доминирующего эндемичного вида *Baicalina bellicosa* Mart. (Trichoptera) озера Байкал / А. В. Непокрытых, Н. А. Рожкова // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2007. – Т. 54, № 2. – С. 112–113.
28. Непокрытых А. В. Динамика количественных показателей популяции эндемичных ручейников (Trichoptera, Apataniidae) озера Байкал (Южный Байкал) / А. В. Непокрытых, Н. А. Рожкова // Вестн. БГСХА им. Филиппова. – 2008. – № 3. – С. 59–65.
29. Непокрытых А. В. Возрастная структура популяции эндемичного вида *Baicalina bellicosa* Mart. (Trichoptera) озера Байкал / А. В. Непокрытых, Н. А. Рожкова // Евроазиат. энтомол. журн. – 2008. – Т. 7, вып. 4. – С. 364–368.
30. Подводные ландшафты озера Байкал / Е. Б. Карабанов [и др.] – Новосибирск : Наука, 1990. – 183 с.
31. Потёмкина Т. Г. Закономерности формирования обломочного материала в приурезовой полосе озера Байкал / Т. Г. Потёмкина // Геоморфология. – 2006. – № 2. – С. 109–117.
32. Потёмкина Т. Г. Пляжи озера Байкал / Т. Г. Потёмкина // Природа. – 2006. – № 9. – С. 62–66.

33. Потёмкина Т. Г. Экологические проблемы береговой зоны Байкала / Т. Г. Потёмкина // Тр. Междунар. конф. «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водоемов». – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2009. – С. 307–310.
34. Распределение брюхоногих моллюсков в каменистой литорали озера Байкал / Т. Я. Ситникова [и др.] // Гидробиол. журн. – 2010. – Т. 46, № 1. – С. 3–19.
35. Сезонные флуктуации макрозообентоса как основа прогнозирования экологических процессов в прибрежной зоне озера Байкал / Л. С. Кравцова [и др.] // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна / ред. О. А. Тимошкин [и др.]. – Новосибирск : Наука, 2009. – Т. 2: Водоёмы и водотоки юга Восточной Сибири и Северной Монголии, кн. 1. – С. 823–838.
36. Семерной В. П. Олигохеты озера Байкал / В. П. Семерной // Справочники и определители по фауне и флоре озера Байкал / ред. О. А. Тимошкин [и др.]. – Новосибирск : Наука, 2004.
37. Таксономический состав и особенности распределения тихоходок мелководной зоны Южного Байкала / О. В. Попова [и др.] // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна / ред. О. А. Тимошкин [и др.]. – Новосибирск : Наука, 2010–2011. – Т. 2: Водоёмы и водотоки юга Восточной Сибири и Северной Монголии, кн. 2. – С. 1385–1405.
38. Талиев Д. Н. Бычки-подкаменщики Байкала (Cottoidei) / Д. Н. Талиев. – М. ; Л., 1955. – 603 с.
39. Тимошкин О. А. Динамика температуры воды в мелководной зоне западного борта Южного Байкала (район залива Большие Коты, рек Большая Котинка и Жилище) по данным измерений с помощью датчиков ONSET STOWAWAY TIDBIT LOGGERS / О. А. Тимошкин, Е. П. Зайцева // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна / ред. О. А. Тимошкин [и др.]. – Новосибирск : Наука, 2009. – Т. 2 : Водоёмы и водотоки юга Восточной Сибири и Северной Монголии, кн. 1. – С. 732–759.
40. A dictionary of ecology evolution and systematics / R. J. Lincoln [et al.]. – Cambridge University Press, 1985. – 298 p.
41. A new psammophilic species of the genus *Diacyclops* (Crustacea, Cyclopoida) from the littoral zone of Lake Baikal (East Siberia) / N. G. Sheveleva [et al.] // *Invertebrate Zoology*. – 2010. – Vol. 7 (1). – P. 47–54.
42. Carbon and nitrogen isotope studies of the pelagic ecosystem and environmental fluctuations of Lake Baikal / N. Ogawa [et al.] // *Lake Baikal. A Mirror in Time and Space for Understanding Global Change Processes* / ed. Minoura K. – Elsevier Publ., 2000. – P. 262–272.
43. Charlier R. H. Coastal zone: occupation, management and economic competitiveness / R. H. Charlier // *Ocean and Shoreline management*. – 1989. – Vol. 12 (5/6). – P. 383–402.
44. Charlier R.H. Land-use problems planning and management in the coastal zone / R. H. Charlier // *Ocean and Shoreline management*. – 1989. – Vol. 12 (5/6). – P. 403–417.
45. Gajewskaja N. S. Zur Oecologie, Morphologie und Systematik der Infusorien des Baikalsees / N. S. Gajewskaja // *Bibliotheca Zoologica (Stuttgart)*. – 1933. – Bd. 32. – S. 1–298.
46. Nakashizuka T. Biodiversity Research Methods. IBOY in Western Pacific and Asia / T. Nakashizuka, N. Stork (eds.). – Kyoto University Press and Trans Pacific Press. Japan-Australia, 2002. – 216 p.
47. Postembryonic development and growth dynamics of *Baikalobia guttata* (Gerstfeldt, 1858) (Plathelminthes): first report on the life cycle of endemic Tricladida from Lake Baikal / E. P. Zaitseva [et al.] // *Hydrobiologia*. – 2006. – Vol. 568 (1). – P. 239–245.
48. Sixty years of environmental change in the world's largest freshwater lake –Lake Baikal, Siberia / S. E. Hampton [et. al.] // *Global Change Biology*. – 2008. – Vol. 14. – P. 1947–1958.
49. The European coastal zone: Characterization and first assessment of ecosystem metabolism / F. Gazeau [et. al.] // *Estuar. Coast Shelf Sci.* – 2004. – Vol. 60 (4) – P. 673–693.
- Wikipedia, the free encyclopedia [Электронный ресурс] : сайт. – URL: <http://en.wikipedia.org>.

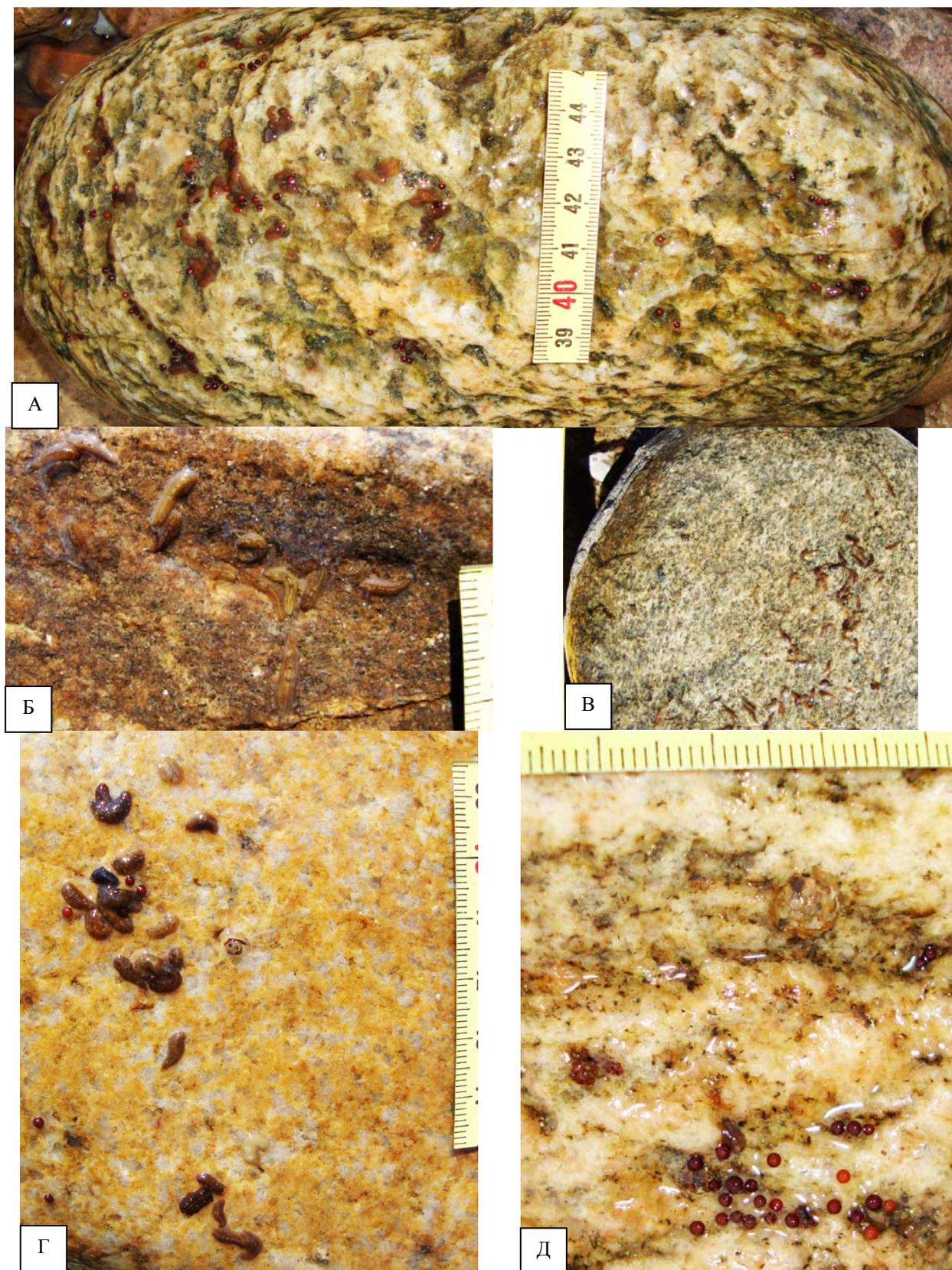


Рис. 1. Типичные обитатели зоны уреза планарии *Baikalobia guttata* (Gerstfeldt, 1858), *Baikalobia pseudoguttata* Porfiriev, Zaytseva et Timoshkin, 2011 и их коконы. А, Д – 27 июня 2011 г., падь Сенная (Южный Байкал); Б, Г – 9 июня 2011 г., пос. Листвянка, напротив Байкальского музея ВСФ СО РАН, в 150 м выше истока р. Ангары; В – 25 июня 2011 г., падь Чёрная, севернее устья одноименной речки. Все фотографии сделаны с нижней стороны только что поднятых на урезе камней



Рис. 2. Эндемичный озёрный элемент в сообществах заплесковой зоны. Сотни особей червей-энхитреид в составе БСД (в данном случае состоящих из нитей улотрикса), расположенных под камнями в приурезовой зоне. Фото сделаны 22 июля 2010 г., трансекта напротив стационара ЛИН СО РАН, бух. Бол. Коты

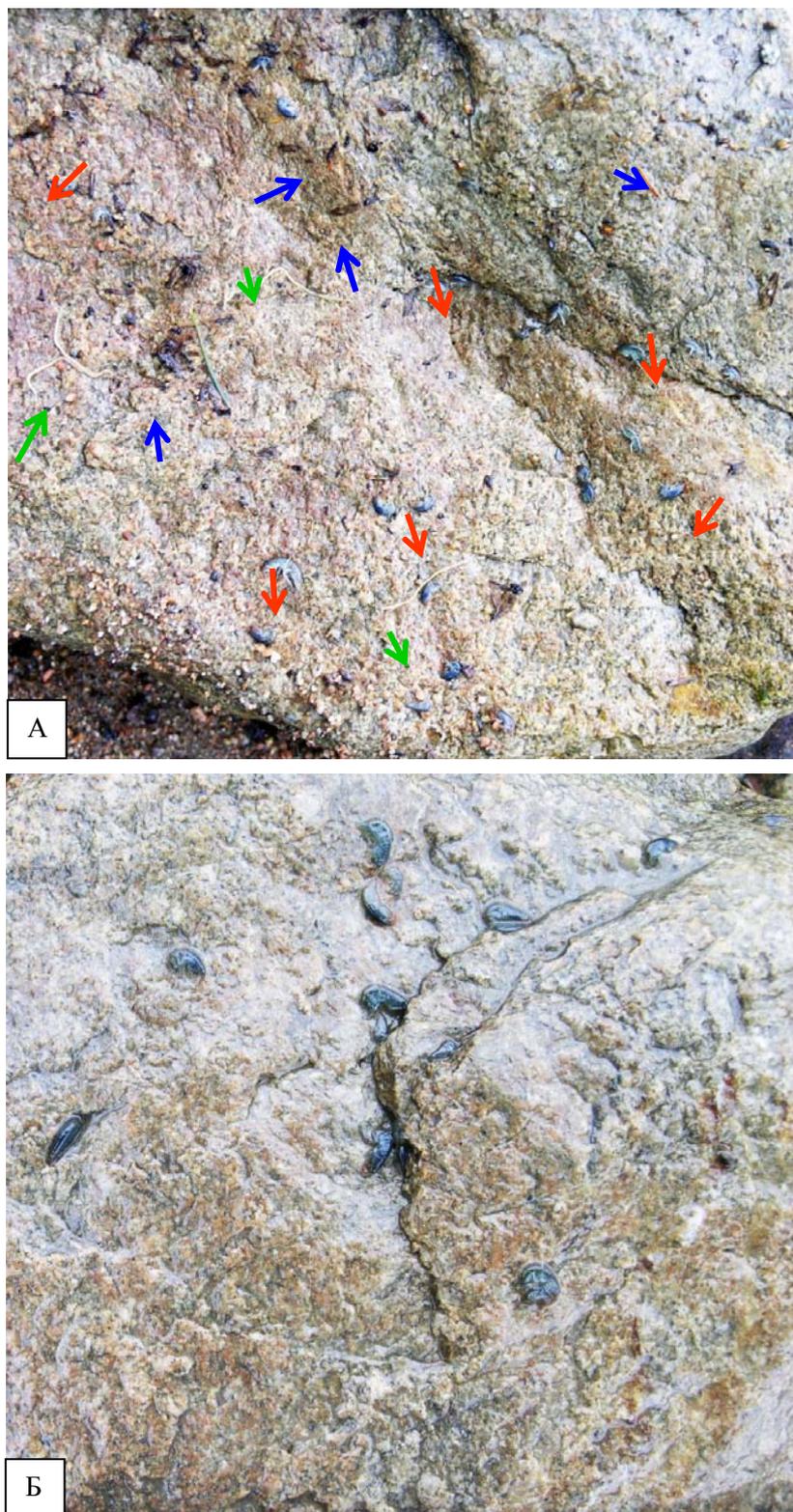


Рис. 3. Типичное для зоны заплеска сообщество макрозообентоса с монодоминантными таксоценозами. Фото сделаны 1 июля 2010 г., на пляже севернее пади Чёрная (бух. Бол. Коты); нижняя сторона только что перевернутого камня, лежавшего на влажном песке средней зернистости в 1 м выше уреза воды. А – Видны энхитреиды (зелёные стрелки), планарии рода *Baikalobia* (синие стрелки) и амфиподы (зачастую видны копулирующие пары) (красные стрелки и фото Б

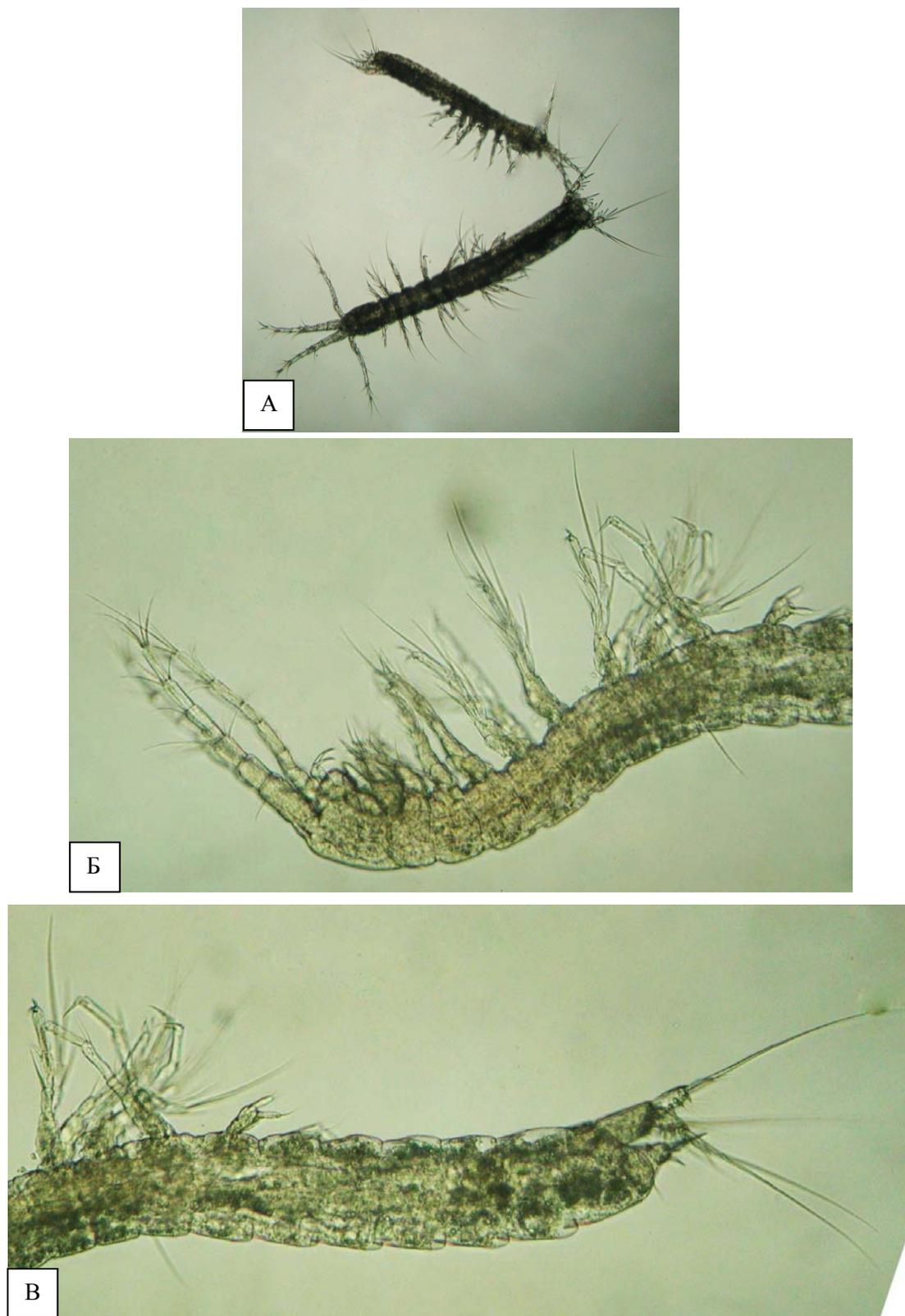


Рис. 4. Рачки-батинеллиды – эндемичный байкальский компонент в сообществах прибрежной и заплесковой зон. Внешний вид со спины (длина тела 1,43 мм без учёта антенн и конечностей) и сбоку (длина тела 1,0 мм) (А); передний (Б) и задний (В) концы тела сбоку (диаметр брюшных сегментов 150 мкм). Фото сделано 6 июля 2006 г., проба взята примерно в 10 м ниже уреза с гл. 0,6 м на трансекте напротив стационара ЛИН СО РАН в бух. Бол. Коты. Пробы мейзообентоса, отобранные в заплесковой зоне напротив этой же трансекты летом 2010 г. (0,6–1,0 м выше уреза), содержали сотни рачков в пересчёте на 1 м². Их максимальная численность приурочена к июлю, августу и октябрю



Рис. 5. А – Обитатели почв и влажной лесной подстилки коллемболы – один из наиболее многочисленных компонентов сообществ заплесковой зоны. Фото сделано 18 июня 2011 г., мыс Шида зал. Малое Море, в составе детритных матов (отмершие носток, элодея и пр.). Б – Микротурбеллярия-космополит *Gyatrix hermaphroditus* Ehrenberg, 1831 из оз. Байкал. Типичный представитель сообществ заплесковой зоны (иногда доминирует в зоне заплеска в бух. Песчаная). Длина тела около 1 мм. Фото сделано 28 июня 2007 г., мелководье против скалы Два Брата, бух. Бол. Коты

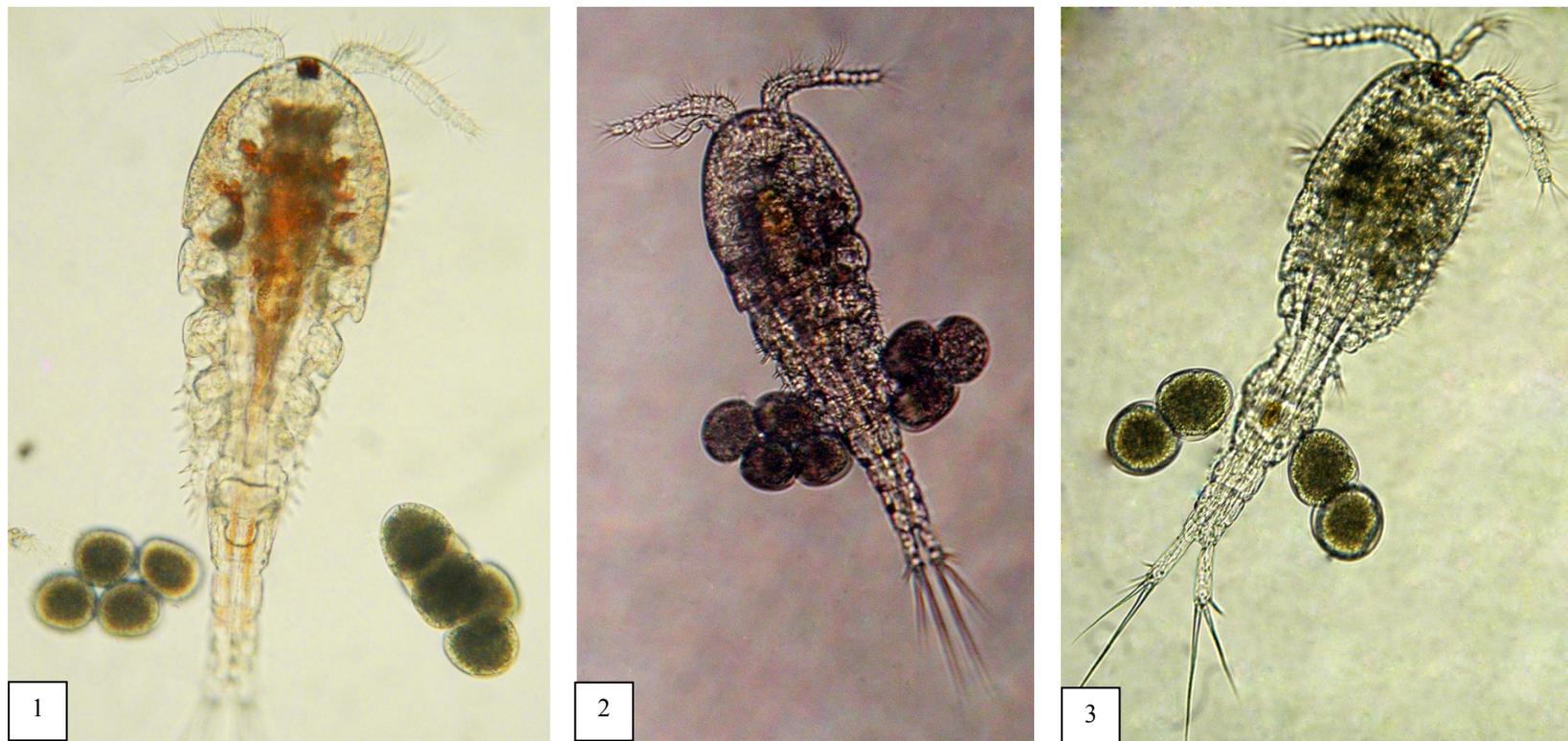
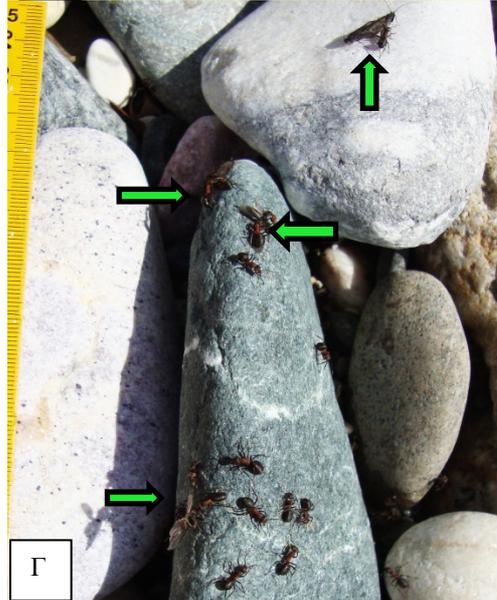
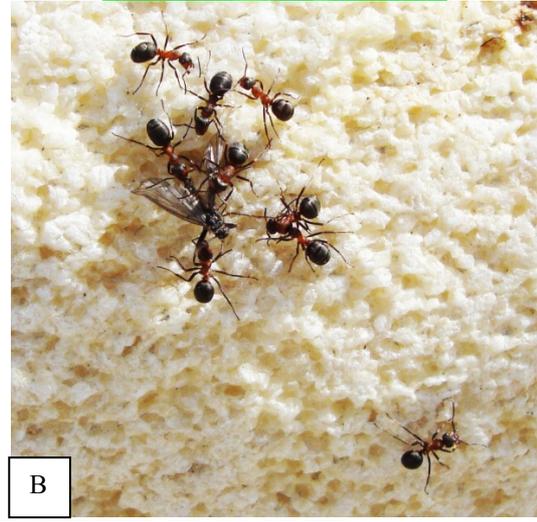
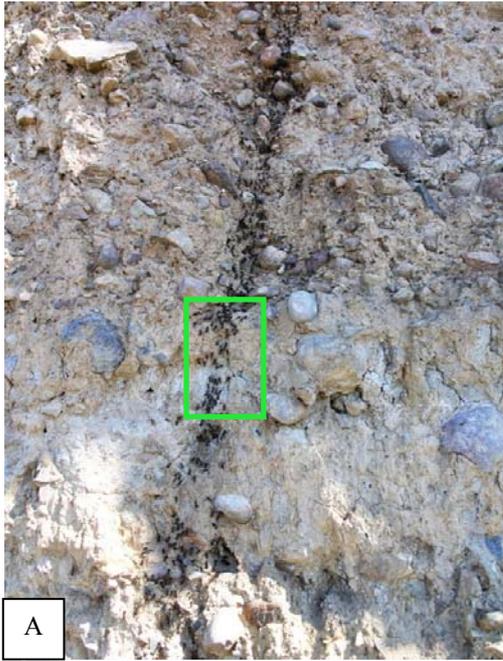


Рис. 6. Циклопы – байкальский элемент в сообществах прибрежной и заплесковой зон озера. Недавно обнаруженный букет видов включает не менее 5 видов микроскопических псаммофильных циклопов, в большинстве – новых для науки. Ныне опубликованы описания двух видов [1; 39]. А – *Diacyclops zhimulevi* Sheveleva et Timoshkin, 2010; Б – *Diacyclops eulitoral* Alexeev et Arov, 1986; В – *Diacyclops* sp. nov. Sheveleva et Timoshkin. Длина тела без фурки (ширина цефалоторакса), в мм: 0,47 (0,17); 1,13 (0,4) и 0,45 (0,13) соответственно. *D. zhimulevi* и *Diacyclops* sp. nov. – типичные обитатели песчаных грунтов прибрежной, в меньшей степени – заплесковой зон, *D. eulitoral* наиболее распространенный циклоп в интерстициальных водах заплесковой зоны. Фото сделаны из проб, взятых на трансекте против стационара ЛИН СО РАН в бух. Бол. Коты: *D. zhimulevi* и *Diacyclops* sp. nov. собраны 23 июня 2006 г, станция 0.4 (гл. 2,4 м), *D. eulitoral* собран 3 июля 2006 г.



Рис. 7. Жужелица Шонхера *Carabus schoenherri* – обитатель заплесковой зоны (по устному сообщению В. Г. Шиленкова, этот жук может питаться улитками). Фото сделано 2 июля 2007 г. в пади Чёрная



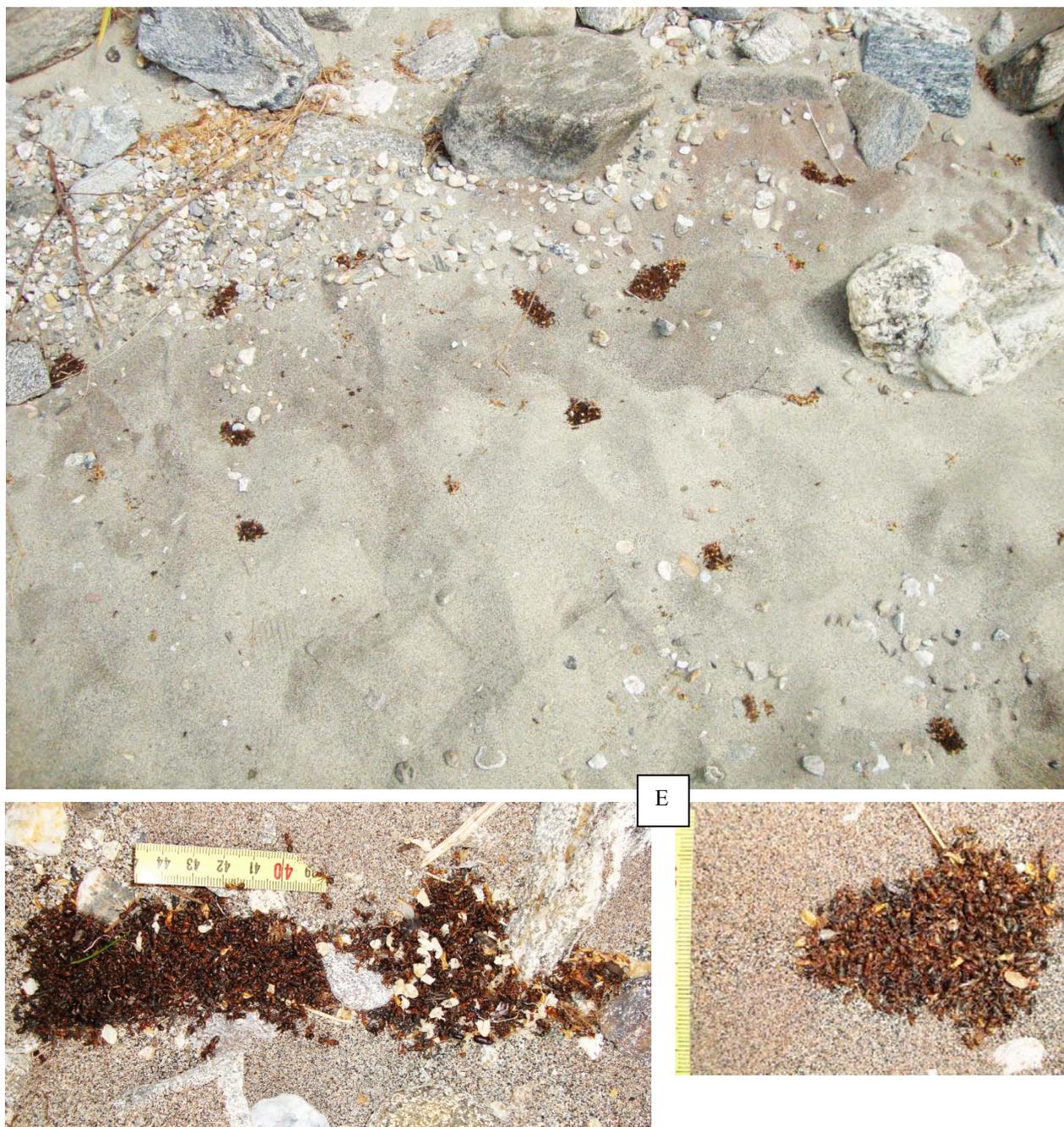


Рис. 8. Рыжие лесные муравьи: – элемент наземных лесных сообществ заплесковой зоны оз. Байкал. А, А1 – имаго ручейников (обозначены зелеными стрелками) переносятся из заплесковой зоны к муравейникам, расположенным примерно в 20 м выше уреза воды. Высота отвесного склона берега около 6 м. Фото сделано 24 июня 2009 г., падь Сенная, бух. Бол. Коты; Б – клоп, выброшенный волнами в зону заплеска, переносится в муравейник. Фото сделано примерно в 20 см выше уреза 2 сентября 2010 г., падь Варначка, бух. Бол. Коты. В, Г – имаго ручейников переносятся из заплесковой зоны к муравейникам, расположенным в 20–30 м выше уреза воды; фото сделано 21 июня 2011 г., о. Бол. Ушканий, бух. Пещерка; Д – мёртвые особи муравьёв в составе берегового скопления детрита под камнем (stone-unitmethod), фото сделано примерно в 1 м выше уреза 1 июля 2010 г., трансекта против стационара ЛИН СО РАН, бух. Бол. Коты; Е – мёртвые особи муравьёв и амфипод в составе берегового скопления детрита, фото сделано примерно в 0,7 м выше уреза 19 июня 2011 г., зал. Чивыркуйский, бух. Онгоконская

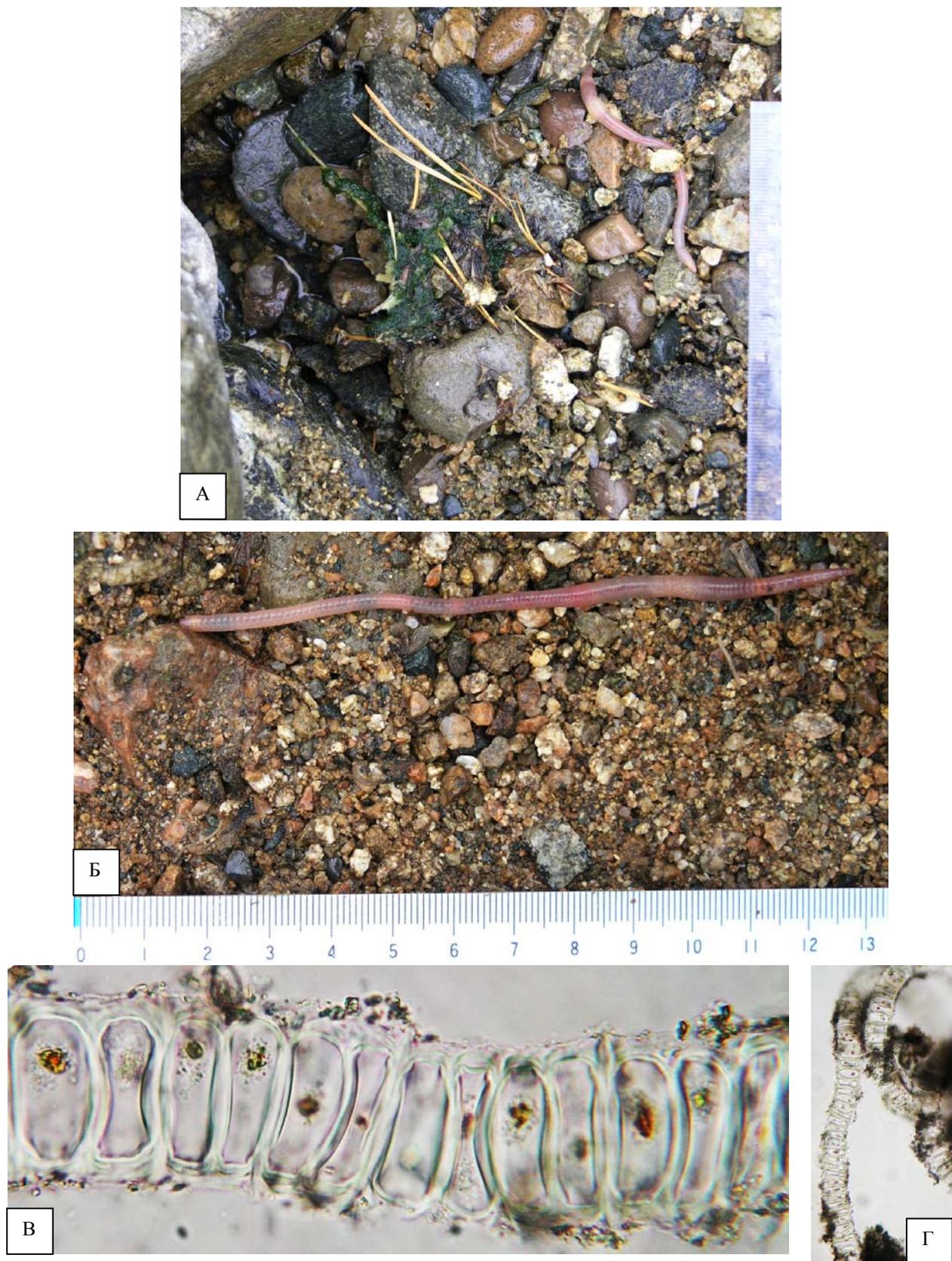


Рис. 9. Представители почвенной фауны дождевые черви – люмбрициды, найденные в заплесковой зоне оз. Байкал. А – червь, обнаруженный под камнем, рядом с БСД на урезе, состоящим из нитей улотрикса, дидимосфении и хвои сосны; Б – внешний вид червя; В, Г – переваренные нити улотрикса из содержимого кишечника червя; диаметр нити 63 мкм. Фото сделаны в заплесковой зоне 29 июля 2010 г., в районе трансекты против стационара ЛИН СО РАН в бух. Бол. Коты



Рис. 10. Влияние грязевых потоков и оползней, образовавшихся после ливней и последующих штормов, на прибрежную зону оз. Байкал. Фотографии сделаны: А–Д – против стационара ЛИН СО РАН, бух. Бол. Коты (А, Б – 2 августа 2010 г., В–Д – 28 июля 2010 г.); Е – 27 июля 2010 г., о. Бол. Ушканий, бух. Пещерка; Ж, З – 23 июля 2010 г., падь Чёрная, бух. Бол. Коты



Рис. 10 (подписи к рис. см. с. 100)



Рис. 10 Рис. 10 (подписи к рис. см. с. 100)



Рис. 10 Рис. 10 (подписи к рис. см. с. 100)



Рис. 11. БСД, состоящие из бытового мусора и загрязнение нефтепродуктами заплесковой зоны оз. Байкал. Фото сделаны 18 июня 2011 г. А – бух. Хоргойская, юго-восточная оконечность о. Ольхон; Б – бух. Шида, зал. Мухор, прол. Малом Море (лунка в 10–15 см выше уреза воды)



Рис. 12. Колебания уровня воды в оз. Байкал в районе стандартной трансекты против стационара ЛИН СО РАН в бух. Бол. Коты в разные месяцы 2007–2011 гг. В скобках указано расстояние от уреза воды до репера на границе склона. А – 22 июня 2007 г. (около 11 м); Б – 9 июня 2008 г. (10,5 м); В – 25 июня 2010 г. (около 11 м); Г – 28 июня 2011 г. (8,5 м); Д – 30 июля 2011 г. (3,5 м); Е – 3 сентября 2011 г. (2,3 м). Глубина в районе майского уреза воды (стоящий в воде человек), либо амплитуда колебания уровня – 0,6 м.

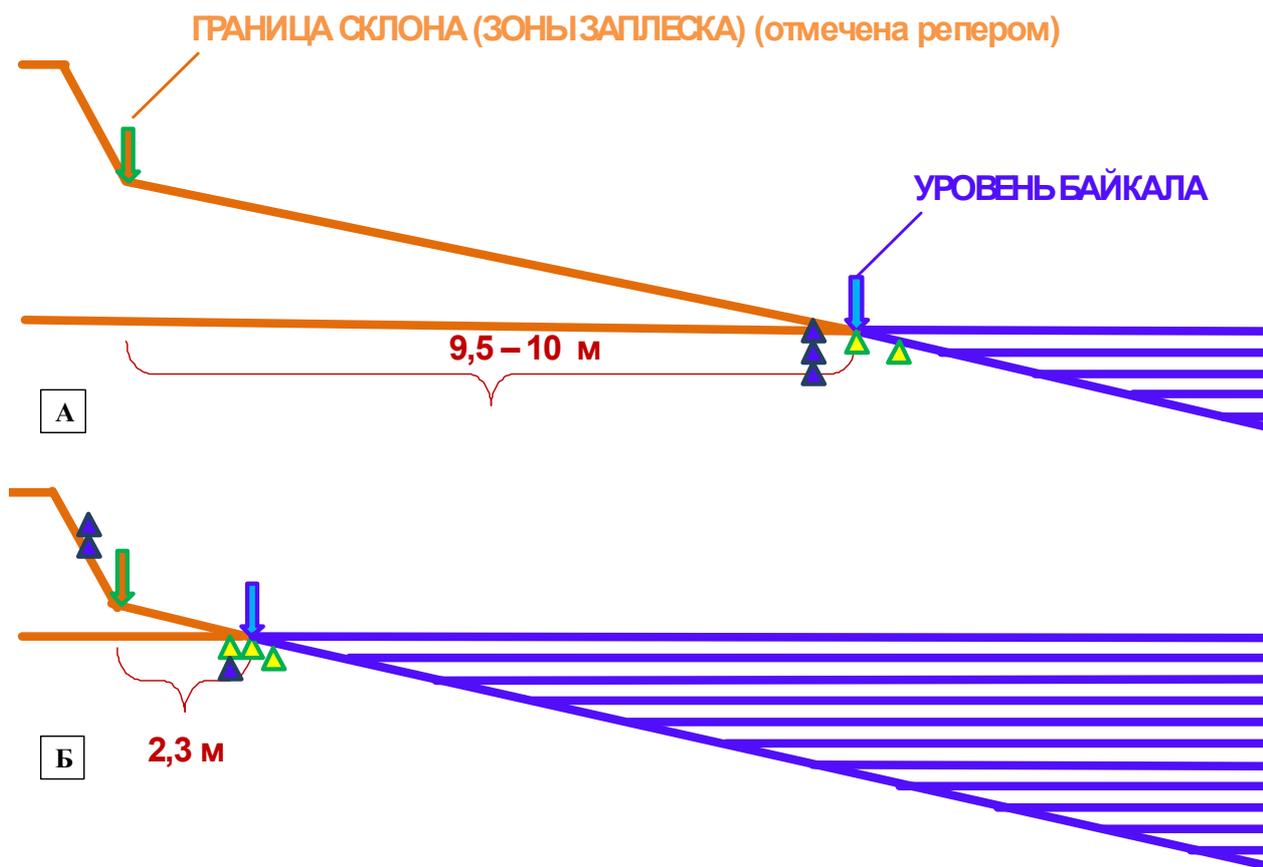


Рис. 13. Схема изменения уровня воды в оз. Байкал, трансекта против стационара ЛИН СО РАН, бух. Бол. Коты. А – конец мая 2011 г., Б – 1 сентября – 9 ноября 2011 г.



Рис. 14. А, Б – БСД, состоящие из отмерших губок *Lubomirskia baicalensis* (Pallas), останков бычковых рыб и шишек сосны; В – отмершие животные и растения, собранные с площади 1 м². Фото сделано 24 августа 2010 г., мыс между падами Варначка и Сенная, бух. Бол. Коты

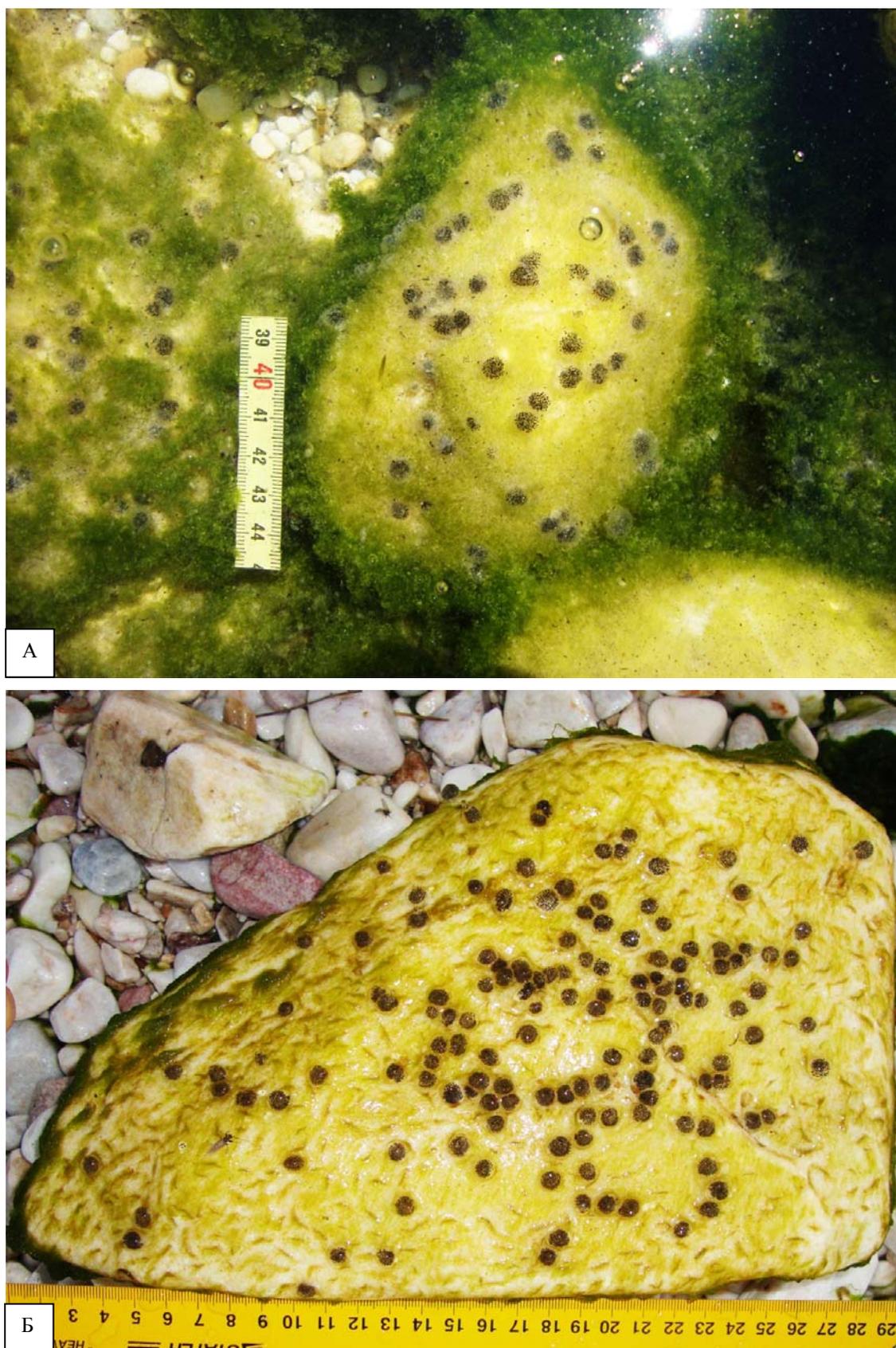


Рис. 15. Кладки эндемичных ручейников в приузловой зоне оз. Байкал в период массового вылета имаго. А – южное побережье о. Бол. Ушканий, 20 июня 2011 г., среди обрастаний улотрикса. Б – 21 июня 2011 г., побережье мыса Харгалтай (материковое побережье прол. Малое Море), в основном сложенное из доломитового известняка (определение А. Н. Сутурина)



Рис. 16. В период массового вылета имаго эндемичных ручейников в приурезовой зоне оз. Байкал образуются скопления личинных шкурок их куколок. Фото сделано 21 июня 2011 г., м. Харгалтай (материковое побережье прол. Малое Море)

Biology of the coastal zone of Lake Baikal.

1. Overview of the current knowledge on the splash zone, first results of interdisciplinary investigations, monitoring as a basic tool in ecological research

O. A. Timoshkin¹, A. N. Suturin¹, N. A. Bondarenko¹, N. N. Kulikova¹, N. A. Rozhkova¹, N. G. Sheveleva¹, L. A. Obolkina¹, V. M. Domysheva¹, E. P. Zaytseva¹, V. V. Malnik¹, N. V. Maksimova¹, A. V. Nepokrytykh¹, A. A. Shirokaya¹, A. G. Lukhnev¹, O. V. Popova¹, N. V. Potapskaya¹, V. S. Vishnyakov^{2,1}, E. A. Volkova^{2,1}, Yu. M. Zvereva^{2,1}, N. F. Logacheva¹, M. V. Sakirko¹, I. V. Tomberg¹, T. Ya. Kostornova¹

¹Limnological Institute SB RAS, Irkutsk

²Irkutsk State University, Irkutsk

Abstract. Splash zone (as a part of the near-shore zone) of most Eurasian lakes remains insufficiently studied. It has now become widely accepted that this particular area is a fast and effective environmental indicator reflecting response of the ecosystem to anthropogenic stress. The term «splash zone», commonly used in the scientific literature on marine coast zoning, is referred to as a part of the littoral zone subject to wetting by splash from breaking waves. A similar zone with most contrasting gradients in abiotic conditions constantly exists in Lake Baikal and occupies the area from the water edge to the slope base. Splash zone is 1800–2000 km long; its lower margin migrates 10 and more meters upwards to the shore slope following the water level rise. Investigation of the splash zone is a new trend in limnological research of Baikal and, therefore, is considered prospective for science and commerce in providing knowledge on this important part of the lake. It has been found out that splash zone is quite rich in feeding resources: it accumulates detritus and domestic waste, providing favourable grounds for the development of specific communities and strongly affecting the hydrochemical and microbiological conditions in the interstitial and coastal waters. This zone is inhabited by representatives of at least 4 invertebrate complexes of different origin: Palearctic and cosmopolitan species (derived from Siberian water bodies surrounding Lake Baikal); shallow water, widely distributed and endemic species derived from Baikal; infauna of forest soils and representatives of terrestrial biocoenoses. Our observations show that the splash zone is subject to a most intense anthropogenic load: the grounds in the littoral and splash zone serve as a buffer, filtering the waste discharged from the neighbouring settlements. The splash zone is the place of the highest concentration of the household rubbish. We suggest that the splash zone may be a most efficient tool in monitoring the anthropogenic stresses on the lake. The first results of our interdisciplinary investigations in the splash zone of Lake Baikal were published in a series of papers. The first of the contributions defines the splash zone and presents a brief description of Baikal splash zone, a list of the major factors responsible for the productivity of the splash zone communities, as well as some of the authors' ideas on the organization of monitoring in this zone.

Key words: splash zone, research methods, communities, macrophytes, invertebrates, monitoring, of coastal zone, water level fluctuation, Lake Baikal

Тимошкин Олег Анатольевич
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3
доктор биологических наук,
заведующий лабораторией
тел. (3952)42–82–18, факс 42–54–05
E-mail: tim@lin.irk.ru

Timoshkin Oleg Anatolyevich
Limnological Institute RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
D. Sc. in Biology, Head of laboratory
phone: (3952)42–82–18, fax: 42–54–05
E-mail: tim@lin.irk.ru

Сутурин Александр Николаевич
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3
кандидат геолого-минералогических наук,
заведующий лабораторией
тел.: (3952)42–64–09, факс 42–54–05
E-mail: san@lin.irk.ru

Suturin Aleksandr Nikolaevich
Limnological Institute SB RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
Ph. D. in Geology, Head of laboratory
phone: (3952)42–64–09, fax: 42–54–05
E-mail: san@lin.irk.ru

Бондаренко Нина Александровна
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3
доктор биологических наук,
ведущий научный сотрудник
тел. 42–82–18, факс: 42–54–05
E-mail: nina@lin.irk.ru

Bondarenko Nina Aleksandrovna
Limnological Institute SB RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
D. Sc. in Biology, leading research scientist
phone: 42–82–18, fax: 42–54–05
E-mail: nina@lin.irk.ru

Куликова Наталья Николаевна
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
тел. (3952)42-64-09, факс: 42-54-05
E-mail: kulikova@lin.irk.ru

Рожкова Наталья Анатольевна
Лимнологический институт СО РАН,
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
тел. (3952) 42-82-18, факс: 42-54-05
E-mail: rozhkova@lin.irk.ru

Шевелёва Наталья Георгиевна
Лимнологический институт СО РАН
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
тел. (3952) 42-82-18, факс: 42-54-05
E-mail: shevn@lin.irk.ru

Оболкина Любовь Александровна
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
тел.: 89149023827, факс: 42-54-05
E-mail: ola@lin.irk.ru

Домышева Валентина Михайловна
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3
кандидат географических наук,
старший научный сотрудник
тел.: (3952) 42-65-02, факс: 42-54-05
E-mail: hydrochem@lin.irk.ru

Зайцева Елена Петровна
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3
кандидат биологических наук,
научный сотрудник
тел.: 89526181065, факс: 42-54-05
E-mail: zayaz@lin.irk.ru

Мальник Валерий Васильевич
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3
кандидат биологических наук,
младший научный сотрудник
тел.: 8900779793, факс: 42-54-05
E-mail: malnik80@mail.ru

Максимова Наталья Васильевна
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3
кандидат биологических наук,

Kulikova Natalia Nikolaevna
Limnological Institute SB RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
Ph.D. in Biology, senior research scientist

phone: (3952)42-64-09, fax: 42-54-05
E-mail: kulikova@lin.irk.ru

Rozhkova Natalya Anatolyevna
Limnological Institute SB RAS,
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
Ph.D. in Biology, senior research scientist

phone: (3952) 42-82-18, fax: 42-54-05
E-mail: rozhkova@lin.irk.ru

Sheveleva Nataliya Georgievna
Limnological Institute SB RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
Ph.D. in Biology, senior research scientist

phone: (3952)42-82-18, fax: 42-54-05
E-mail: shevn@lin.irk.ru

Obolkina Lubov Aleksandrovna
Limnological Institute SB RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
Ph.D. in Biology, senior research scientist

phone: 89149023827, fax: 42-54-05
E-mail: ola@lin.irk.ru

Domischeva Valentina Mikhailovna
Limnological Institute SB RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
Ph.D. in Geography, senior research scientist

phone: (3952) 42-65-02, fax: 42-54-05
E-mail: hydrochem@lin.irk.ru

Zaytseva Elena Petrovna
Limnological Institute SB RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
Ph. D. in Biology, research scientist

phone: 89526181065, fax: 42-54-05
E-mail: zayaz@lin.irk.ru

Malnik Valeriy Vasil'evich
Limnological Institute SB RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
Ph. D. in Biology, junior research scientist

phone: 89500779793, fax: 42-54-05
E-mail: malnik80@mail.ru

Maksimova Natalia Vasil'evna
Limnological Institute SB RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
Ph. D. in Biology, research scientist

научный сотрудник
тел.: (3952)42-82-18, факс: 42-54-05
E-mail: max@lin.irk.ru

phone: (3952)42-82-18, fax: 42-54-05
E-mail: max@lin.irk.ru

Непокрытых Анна Владимировна
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3
кандидат биологических наук, научный сотрудник
тел.: (3952)42-82-18, факс: 42-54-05
E-mail: nepocr1978@mail.ru

Nepokrytykh Anna Vladimirovna
Limnological Institute SB RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
Ph. D. in Biology, research scientist
phone: (3952)42-82-18, fax: 42-54-05
E-mail: nepocr1978@mail.ru

Широкая Алёна Александровна
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
тел.: (3952)42-82-18, факс: 42-54-05
E-mail: shirokaya@bk.ru

Shirokaya Alena Alexandrovna
Limnological Institute SB RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
Ph. D. in Biology, senior research scientist
phone: (3952)42-82-18, fax 42-54-05
E-mail: shirokaya@bk.ru

Лухнев Антон Геннадьевич
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3
аспирант
тел.: 89501128844, факс: 42-54-05
E-mail: luhnev.ant@yandex.ru

Lukhnev Anton Gennad'evich
Limnological Institute SB RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
doctoral student
phone: 89501128844, fax 42-54-05
E-mail: luhnev.ant@yandex.ru

Попова Ольга Владимировна
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3
аспирант
тел.: 89148890198, факс: 42-54-05
E-mail: popova-olga87@yandex.ru

Popova Olga Vladimirovna
Limnological Institute SB RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
doctoral student
phone: 89148890198, fax 42-54-05
E-mail: popova-olga87@yandex.ru

Потапская Надежда Викторовна
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3
ведущий инженер
тел.: 89027601758, факс: 42-54-05
E-mail: potapskaya@yandex.ru

Potapskaya Nadezhda Victorovna
Limnological Institute SB RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
leading engineer
phone: 89027601758, fax 42-54-05
E-mail: potapskaya@yandex.ru

Вишняков Василий Сергеевич
Иркутский государственный университет
664003, Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 5
студент
тел.: 89041501324
E-mail: aeonium25@mail.ru

Vishnyakov Vasily Sergeevich
Irkutsk State University
5 Sukhe-Bator St., Irkutsk, 664003
student
phone: 89041501324
E-mail: aeonium25@mail.ru

Волкова Екатерина Александровна
Иркутский государственный университет
664003, Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 5
студент
тел.: 89500882663
E-mail: cathvolkova@mail.ru

Volkova Ekaterina Aleksandrovna
Irkutsk State University
5 Sukhe-Bator St., Irkutsk, 664003
student
phone: 89500882663
E-mail: cathvolkova@mail.ru

Зверева Юлия Михайловна
Иркутский государственный университет
664003, Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 5
студент
тел.: 89027611816
E-mail: spongebobuz@yandex.ru

Zvereva Julia Mikhailovna
Irkutsk State University
5 Sukhe-Bator St., Irkutsk, 664003
student
phone: 89027611816
E-mail: spongebobuz@yandex.ru

Логачёва Наталья Филипповна
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3
ведущий инженер
тел. (3952)42-82-18, факс: 42-54-05
E-mail: nina@lin.irk.ru

Сакирко Мария Владимировна
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3
научный сотрудник
тел.: (3952)42-65-02, факс: 42-54-05
E-mail: sakira@lin.irk.ru

Томберг Ирина Викторовна
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3
кандидат географических наук, научный сотрудник
тел. (3952)42-65-02, факс 42-54-05
E-mail: kaktus@lin.irk.ru

Косторнова Татьяна Ярославовна
Лимнологический институт СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3
главный специалист
тел. (3952)42-54-15, факс 42-54-05
e-mail: kostornovat@mail.ru

Logacheva Natalia Filippovna
Limnological Institute RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
leading engineer
phone: (3952)42-82-18, fax: 42-54-05
E-mail: nina@lin.irk.ru

Sakirko Mariya Vladimirovna
Limnological Institute SB RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
research scientist
phone: (3952)42-65-02, fax: 42-54-05
E-mail: sakira@lin.irk.ru

Tomberg Irina Viktorovna
Limnological Institute RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
Ph.D. in Geography, research scientist
phone: (3952)42-65-02, fax: 42-54-05
E-mail: kaktus@lin.irk.ru

Kostornova Tatyana Yaroslavovna
Limnological Institute RAS
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
leading engineer
phone: (3952)42-54-15, fax: 42-54-05
e-mail: kostornovat@mail.ru