



УДК: 556.541(282.256.341)

## Первые сведения о химическом составе интерстициальных вод заплесковой зоны озера Байкал

И. В. Томберг<sup>1</sup>, М. В. Сакирко<sup>1</sup>, В. М. Домышева<sup>1</sup>, Н. П. Сезько<sup>1</sup>, И. Н. Лопатина<sup>1</sup>,  
Н. В. Башенхаева<sup>1</sup>, Е. А. Филевич<sup>2</sup>, Н. Н. Куликова<sup>1</sup>, О. В. Попова<sup>1</sup>, В. В. Мальник<sup>1</sup>,  
А. Г. Лухнев<sup>1</sup>, Е. П. Зайцева<sup>1</sup>, Н. В. Потапская<sup>1</sup>, Ю. М. Зверева<sup>2,1</sup>, О. А. Тимошкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Лимнологический институт СО РАН, Иркутск,

<sup>2</sup>Иркутский государственный университет, Иркутск

E-mail : [kaktus@lin.irk.ru](mailto:kaktus@lin.irk.ru)

**Аннотация.** Представлены результаты исследования химического состава интерстициальных вод заплесковой зоны оз. Байкал за июнь-июль 2011 и 2012 гг. Определены факторы, оказывающие влияние на содержание ионов, биогенных элементов, органического вещества в интерстициальных водах пляжей и прибрежных водах озера из районов, испытывающих различную рекреационную нагрузку. Показано, что повышенные содержания ионов основного состава и кремния в зоне заплеска наблюдаются в районах разгрузки подземного стока; аммонийного азота – в сорах и заливах озера; минерального фосфора – в районах с высокой антропогенной нагрузкой. Концентрация всех биогенных элементов оказалась более высокой на пляжах с береговыми скоплениями детрита (БСД). Отмечено незначительное влияние интерстициальных вод заплесковой зоны на содержание химических компонентов в прибрежных водах озера.

**Ключевые слова:** Байкал, заплесковая зона, химический состав интерстициальных и прибрежных вод.

### Введение

Мониторинг качества озёрных вод в настоящее время относится к приоритетным научным задачам. Особое значение имеют исследования процессов, протекающих в литоральной зоне, в пределах так называемых территориально-смежных комплексов побережья, которые располагаются на границе наземных и водных ландшафтов. Являясь зоной экотона, литораль выполняет обменную, барьерную и трансформирующую функции, и существенно влияет на функционирование экосистемы озёр [1; 8; 9; 10].

Гораздо менее изучена верхняя часть литорали озёр – супралитораль или «зона заплеска», подверженная влиянию волн и брызг. Впервые зона заплеска была выделена на Байкале Е. Б. Карабановым [11]. Важность и необходимость изучения зоны заплеска на Байкале нами была обоснована ранее [2; 3]. В прибрежной зоне Байкала действительно постоянно существует особая зона, которая, во-первых, подвержена значительному воздействию ветроволновой активности, во-вторых же, в ней наблюдается значительная концентрация скопленного детрита, являющихся благодатным биотопом для развития особых сообществ [3; 4; 12; 14]. До начала наших исследований в литературе не существовало сведений по гидрохими-

ческим показателям интерстициальных вод заплесковой зоны. Основная цель данной статьи – заполнить пробел наших знаний в этой весьма важной области лимнологии оз. Байкал.

### Материалы и методы

Изучение гидрохимического режима являлось частью междисциплинарных исследований заплесковой зоны Байкала, проводимых в ЛИИ СО РАН. Районы и методы отбора материала подробно охарактеризованы ранее [2]. Нами были выбраны пляжи в районах озера, существенно различающихся степенью загрязнённости и интенсивностью рекреационной нагрузки. В их числе были как девственно чистые участки побережья озера (например, Ушканьи острова), так и соседствующие с городами, посёлками, турбазами (рис. 1). В данной статье приведены результаты, полученные на протяжении летнего периода (июнь–июль) 2011 и 2012 гг.

Отбор проб на каждом пляже проводили по следующей схеме:

- 1) интерстициальные воды из лунки, расположенной в зоне заплеска, на расстоянии 0,5–1,0 м от уреза воды;
- 2) прибрежная вода на расстоянии 0,5–1,0 м от уреза;
- 3) прибрежная вода на расстоянии 50–100 м от уреза (контроль).

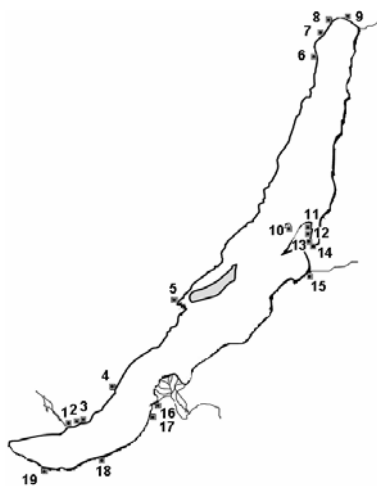


Рис.1. Карта-схема станций отбора проб для гидрохимического анализа в заплесковой зоне оз. Байкал. Описание станций приведено в табл.

Гидрохимические исследования зоны заплеска на Байкале были проведены впервые и методические рекомендации по выбору места отбора и отбору интерстициальных вод пока не разработаны. Поэтому при отборе проб мы старались учитывать все возможные природные факторы, которые могли оказывать влияние на гидрохимию этих вод: тип грунта; климатические условия; наличие или отсутствие береговых скоплений детрита (БСД), твердых бытовых отходов и т. д. В частности, нами впервые исследованы интерстициальные воды в лунках, заложенных под природными и антропогенными БСД различного состава (выброшенные водоросли, кусочки коры и древесины, массовые сезонные скопления отмерших насекомых и их многочисленные кладки, бытовой мусор). Особенности точек отбора проб представлены в таблице.

Таблица

Характеристика мест отбора проб интерстициальных вод в зоне заплеска оз. Байкал

Место отбора проб		Номер пляжа	Характер грунта	Тип скоплений	Вероятность антропогенной нагрузки
1		2	3	4	5
Юго-западное побережье	пос. Листвянка	1	Галька, дресва	Большое количество бытового мусора, окурки, пищевые отходы	Пляж активно посещается отдыхающими, высокая вероятность загрязнения
	южнее пос. Бол. Коты	2	Камни, галька	Берег чистый	Некрупный редко посещаемый пляж
	пос. Бол. Коты	3	Галька	Большое скопление выброшенных на берег водорослей	Огороженный пляж напротив стационара ЛИН СО РАН, рядом причальный пирс, вероятность загрязнения возможна
	бух. Песчаная	4	Дресва	Берег чистый	Крупная турбаза, высокая вероятность загрязнения
Малое Море	мыс Шида	5	Крупная галька	На берегу водоросли и бытовой мусор	Лунка в 10 м от причального пирса крупной турбазы, в воде лунки нефтяное пятно
Северное и северо-западное побережье	с. Байкальское	6	Галька, дресва	На берегу бытовой мусор	Учитывая близость поселения, вероятность загрязнения высокая
	г. Северобайкальск	7	Песок	На берегу бытовой мусор	Заболочено. Активно посещаемый пляж в городской черте, высокая вероятность загрязнения прибрежных вод.
	10 км южнее пос. Нижнеангарск	8	Камни, галька	Берег чистый	В 30 м от пляжа оживленная автотрасса, в 50 м трасса БАМ
	песчаная коса у пос. Нижнеангарск	9	Песок	На косе и в воде большое количество древесных остатков	Организованный пляж, большое число отдыхающих, на косе десятки автомашин, мотолодки
о. Большой Ушаний	1,5 км восточнее метеостанции	10	Камни, крупная галька	В зоне заплеска большое количество отмерших имаго ручейников. Камни в воде покрыты их кладками	Труднодоступное место, территория национального парка, въезд без специального разрешения запрещен, природный фон

Окончание табл.

	1	2	3	4	5
Чивыркуйский залив	бух. Фертик	11	Галька, дресва	На берегу большое количество выброшенных штормом водорослей	Труднодоступное и мало посещаемое туристами место, природный фон
	пос. Курбулик	12	Песок	Бытовой мусор	Пляж в черте поселения, большое количество мотолодок, высокая вероятность загрязнения
	дер. Монахово	13	Песок	Бытовой мусор	Заболочено. База МЧС, большое количество маломерных судов, высокая вероятность загрязнения
	дер. Монахово	14	Крупный песок	Бытовой мусор	Палаточный лагерь неорганизованных туристов на небольшой косе
Баргузинский залив	пос. Усть-Баргузин	15	Песок	Берег достаточно чистый, выброшенных на берег водорослей нет	Обустроенный пляж, активно посещаемый жителями посёлка и туристами, возможно загрязнение
Истоцкий сор	пос. Истомино	16	Ил, песок	Бытовой мусор	Заболочено, в посёлке работает рыбозавод, много маломерных судов. Высокая вероятность загрязнения зоны заплеска и прибрежных вод залива
Посольский сор	турбаза Култушная	17	Песок	На берегу бытовой мусор, выброшенные штормом водоросли	Крупная турбаза, рядом палаточный лагерь, высокая вероятность загрязнения
Юго-восточное побережье Байкала	ст. Переёмная	18	Крупная галька	Берег чистый	Учитывая близость поселения, нельзя исключить вероятность загрязнения
	г. Байкальск	19	Мелкая галька, дресва	Бытовой мусор	Место отдыха, высокая вероятность загрязнения

*Методы определения химических компонентов.* В лунках и прибрежной воде одновременно с отбором проб воды для химического анализа измеряли температуру и величину рН. Измерение рН осуществляли с помощью рН-метров типа «Эксперт-001-3-0.1», погрешность измерения 0,02 ед. рН.

Отобранную воду фильтровали от взвеси через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм. Анализ проводили общепринятыми в гидрохимии пресных вод методами [13; 15].

Для определения концентраций растворённых биогенных элементов использовали фотокориметр КФК-3-01-«ЗОМЗ» (Россия). Концентрации фосфат-ионов измеряли фотометрическим методом восстановления хлористым оловом (погрешность метода 5 %). Содержание

нитратов определяли с сульфифеноловым раствором (погрешность метода 5 %). Для определения кремнекислоты использован метод, основанный на измерении интенсивности окраски жёлтой кремнемолибденовой гетерополи-кислоты (погрешность метода 5 %). Концентрацию нитритов измеряли с реактивом Грисса (погрешность метода 3 %). Определение ионов аммония выполняли с реактивом Несслера (погрешность метода 10 %).

Содержание ионов кальция и магния определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ошибка определения не более 10 %), натрия и калия – методом атомно-эмиссионной спектроскопии (ошибка определения не более 20 %). Измерение содержания хлоридов и сульфатов измеряли методом высо-

коэффициентной жидкостной хроматографии с ошибкой не более 10 %.

Для определения органического вещества использовали метод перманганатной окисляемости, окисление проводили раствором перманганата калия в сернокислой среде при кипячении.

### **Результаты и обсуждение**

#### *рН, кислород и органическое вещество*

Результаты анализов показали, что интерстициальные воды заплесковой зоны отличаются от вод литорали более низкими концентрациями кислорода и величинами рН. Достаточно высокое содержание растворённого кислорода в лунках (7–10 мг О/л при 80–105 % нас.) отмечали на каменистых и галечных пляжах, в воде лунок на песчаных пляжах значения ниже: 4–6 мг/л при 50–70 % нас. Однако, независимо от типа грунта, при наличии на берегу органических скоплений (поверхностных или захороненных БСД) содержание кислорода в интерстициальных водах значительно ниже: 1–2 мг О/л (менее 20 % нас.), а в отдельных случаях, например в жаркий солнечный день, под скоплениями гниющих макрофитов *Ulothrix zonata* (Web. et Mohr) Kuetz. (пляж № 3 в пос. Бол. Коты), падало до аналитического нуля. Содержание органического вещества в воде лунок под скоплениями детрита достигало 10–30 мг О/л. Здесь же наблюдались самые низкие значения рН: 6,5–7,0. На отдельных пляжах значения рН воды в лунках варьировали в пределах 7,0–8,0, а концентрация органического вещества составляла 1–5 мг О/л.

В водах озера (в 100 м от уреза) в период исследования величина рН менялась от 7,9 до 8,2, а содержание кислорода составляло 9,7–12,9 мг О/л при 97–120 % нас. Величина перманганатной окисляемости в открытых районах озера варьировала от 0,6 до 1,1 мг О/л, в воде заливов и районах с влиянием речных вод была немного выше – до 1,4.

Концентрации кислорода и величины рН в прибрежной воде (до 1 м от уреза) оказались либо сопоставимыми с таковыми в 100 м от берега (контрольные точки), либо превышали их. Рост концентрации кислорода и величины рН в светлое время суток связан с наличием прибрежного пояса зелёных активно фотосинтезирующих водорослей, характерного для байкальских каменистых пляжей. В течение лета одни виды водорослей сменяются другими; сорванные с камней во время штормов, они являются основной составляющей береговых

скоплений детрита растительного происхождения [3]. Во время исследований в поясе обрастаний доминировал *U. zonata* (Web. et Mohr) Kuetz. и в дневные часы в прибрежной воде значение рН достигало 9,35, а содержание кислорода – 14,4 мг О/л (143 % нас.). Содержание органического вещества в прибрежных водах оказалось немного выше (0,9–2,0 мг О/л), чем в воде контрольных точек. Максимальные его значения наблюдались в заболоченных районах.

#### *Главные ионы и кремний*

Концентрации главных ионов и их суммарное содержание как в прибрежной воде, так и в 100 м от уреза, в основном близки (рис. 2, А), что хорошо согласуется с положениями теории о постоянстве солевого состава байкальской воды [7]. Исключения составляют заливы, где на химический состав озёрной воды оказывают влияние воды притоков. Так, в Посольском соре, куда впадает р. Бол. Речка, концентрации ионов ниже, чем в открытом озере [5], их суммарное содержание в прибрежной воде равно всего 66 мг/л. Еще ниже содержание ионов в воде северной части Байкала (сумма 65–73 мг/л), где распреснение обусловлено влиянием вод р. Верх. Ангара. Концентрации ионов в воде Чивыркуйского залива также оказались ниже, чем в водах открытого Байкала. В районе дер. Монахово и пос. Курбулик сумма ионов в период исследования была равна 81 и 85 мг/л соответственно. В воде Истокского сора, куда поступают более минерализованные воды р. Селенги, суммарное содержание ионов в 1,5 раза выше, чем в воде открытого озера.

При подготовке лунок для отбора проб на пляжах отмечено, что их заполнение водой происходит по-разному и сильно зависит от состава грунта. В одних случаях интенсивность подтока была выше со стороны суши (мелкий песок, иногда с примесью глины), в других вода интенсивнее просачивалась со стороны озера (крупно-зернистый чистый песок, дресва и галька). Анализ ионного состава позволил оценить участие разного типа вод (подземный склоновый сток или озёрные воды) в формировании интерстициальных вод на каждом исследованном пляже. В воде лунок большинства исследованных пляжей концентрации ионов либо близки, либо незначительно превышают таковые в воде Байкала. Можно предположить, что интерстициальные воды подпитываются в основном водами озера, а также в результате заплеска.

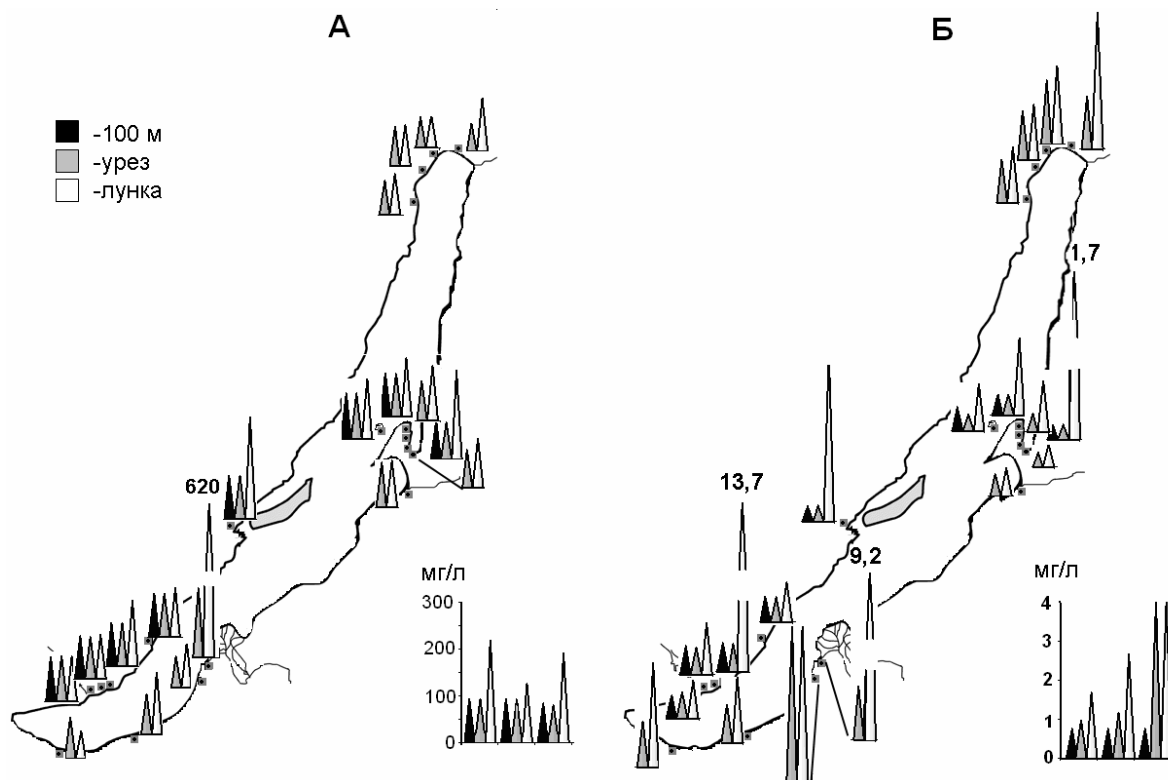


Рис. 2. Распределение суммы ионов (А) и концентрации кремния (Б) в интерстициальных водах заплесковой зоны и в литорали оз. Байкал (июнь, июль 2011 и 2012 гг.)

Примером питания интерстициальных вод подземным склоновым стоком является пляж № 3 в пос. Бол. Коты. В июне 2011 г. химический состав воды в лунке был близок к таковому в воде ручья Жилище. Этот ручей впадает в Байкал в 100 м севернее исследованного пляжа и его питание осуществляется за счёт вод, дренирующих покрытые хвойным лесом склоны окружающих гор. В засушливые годы приустьевой участок этого небольшого ручья может пересыхать. Содержание сульфатов в воде ручья составляло 26,5 мг/л, в интерстициальных водах – 24,9 мг/л, а концентрации кремния были равны 15,45 и 13,7 мг/л соответственно.

Суммарное содержание ионов в интерстициальной воде выше этой величины в воде озера – на пляже № 3 (в 1,5 раза), на пляже № 5 (в 2 раза), в лунках пляжа № 13 (в 2,5 раза), на пляже № 9 (в 3 раза), а в пос. Истомино (пляж № 16) – почти на порядок (см. рис. 2, А). Такие высокие значения, вероятнее всего, связаны с разгрузкой в этих районах подземных вод с высокой минерализацией.

Особо следует рассмотреть станцию в районе г. Байкальск, где суммарное содержание ионов в воде лунки оказалось ниже (59 мг/л), чем в прибрежной воде (90 мг/л). Интерстициальные воды здесь отбирали на пляже, расположенном в 50 м севернее места впадения в

озеро р. Солзан. Вероятно, низкоминерализованные воды реки через отложения мыса распространяются на значительное расстояние от русла, оказывая опресняющее влияние на интерстициальные воды в зоне заплеска.

Распределение концентраций кремния хорошо согласуется с распределением суммарного содержания ионов. Во время исследований концентрации этого компонента в воде Байкала составляли не более 1 мг/л (рис. 2, Б). Повышенные концентрации кремния наблюдались в воде Посольского, Истокского соров и на севере озера, что обусловлено поступлением сюда речных вод, в которых содержание этого компонента в 2–4 раза выше, чем в воде озера. Так, в прибрежной воде у пляжей турбазы Култушная, пос. Истомино и г. Нижнеангарска концентрации Si были равны 4,08, 1,38 и 1,62 мг/л соответственно (см. рис. 2, Б).

В интерстициальных водах исследованных пляжей содержание кремния повсеместно было выше, чем в водах озера. Концентрации его изменялись в широких пределах: от 0,72 мг/л на пляже № 15 у пос. Усть-Баргузин до 13,7 мг/л в пос. Бол. Коты (пляж № 3). Невысокие концентрации кремния характерны для галечных и песчаных пляжей, удалённых от мест впадения притоков (бух. Песчаная, пос. Курбулик, о. Бол. Ушканий). Максимальные концентрации кремния наблюдались в местах поступ-

ления в заплесковую зону высокоминерализованных подземных вод: пос. Бол. Коты (пляж № 3), дер. Монахово (пляж № 13) и пляж возле пос. Истомино (№ 16.)

*Минеральные формы азота и фосфор*

*Нитритный азот* образуется при разложении органического вещества и является одним из индикаторов загрязнения. В байкальской воде нитритный азот образуется только в трофогенном слое в небольших количествах (ниже 1 мкг N/л) при отмирании и разложении фитопланктона [16]. В литорали озера нитриты регистрируются весной при поступлении с берега талых вод, после обильных дождей со склоновым дождевым стоком и осенью при отмирании макрофитов [6]. В период нашего исследования нитриты в 100 м от береговой линии и в прибрежной зоне либо не регистрировались, либо содержались в следовых количествах (ниже 1 мкг N/л) (рис. 3, А). Повышение концентрации до 3 мкг N/л в воде зал. Лиственичный, бух. Песчаная и в районе ст. Переёмной свидетельствует о загрязнении вод и требует дополнительного исследования в этих районах Байкала.

Высокое содержание нитритного азота в интерстициальных водах большинства пляжей обусловлено как большим количеством перегнивающих БСД, так и последствиями антропогенного загрязнения пляжей (см. табл.). В июне концентрации нитритов в лунках станций были заметно выше. Это можно объяснить наибольшим смещением заплесковой зоны при сезонном изменении уровня озера, в результате чего происходит интенсивное разложение захороненных остатков прошлогодних макрофитов, скоплений детрита и мусора, принесённых на берег талыми снеговыми водами. Кроме того, в июне происходит массовый вылет имаго амфибиотических насекомых, являющихся частью прибрежных биоценозов Байкала (хиромиды и ручейники). Насекомые, «ковром покрывающие» побережье озера, отмирают вскоре после откладывания яиц, образуя обильные БСД на пляжах вдоль всего побережья, и разлагаясь, обогащают интерстициальные воды пляжей органическим веществом и биогенными элементами.

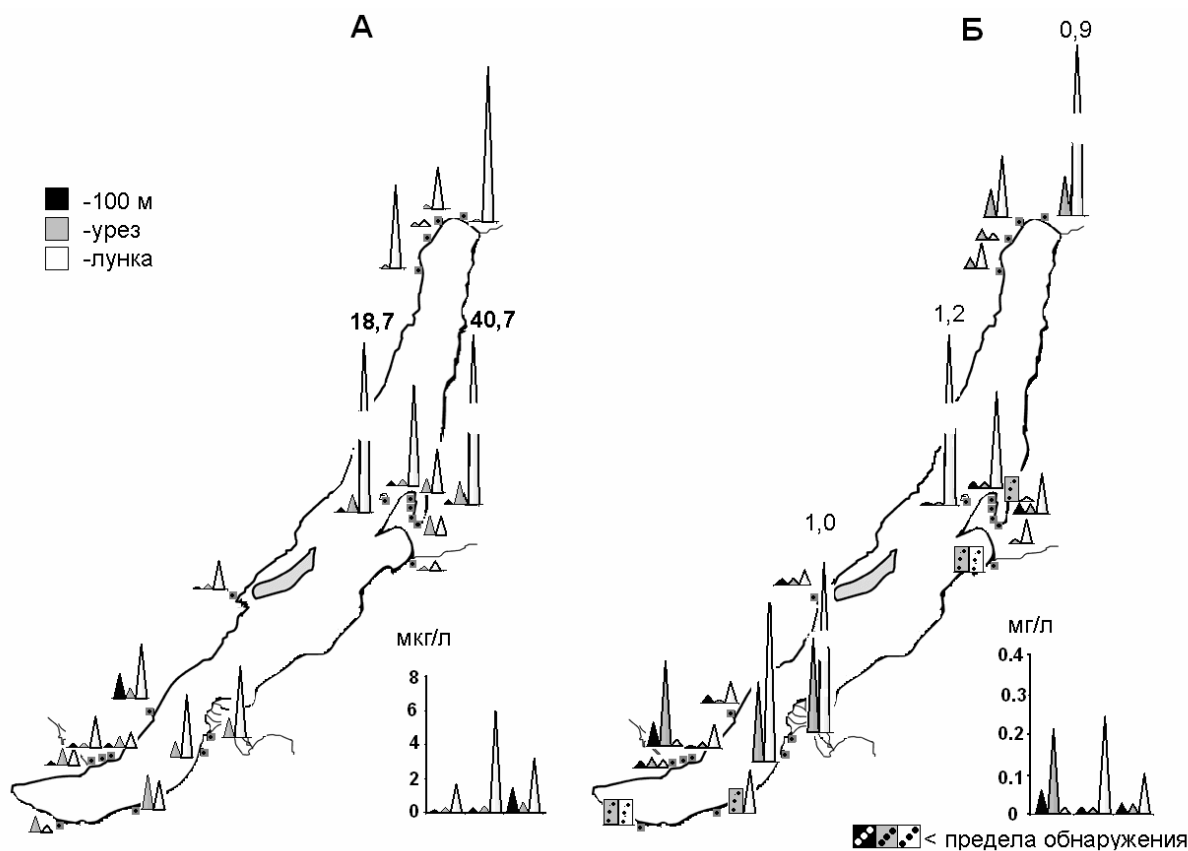


Рис. 3. Распределение концентрации нитритного (А) и аммонийного (Б) азота в интерстициальных водах заплесковой зоны и в литорали оз. Байкал периода (июнь, июль 2011 и 2012 гг.)

Наибольшее содержание нитритов отмечено в водах лунок возле дер. Монахово (пляж № 13) – 41 мкг N/л, на о. Бол. Ушканий – 19 мкг N/л и в бух. Фертик – 6 мкг N/л. В первом случае высокие концентрации нитритов, вероятнее всего, обусловлены антропогенным загрязнением пляжа отходами жизнедеятельности большого числа туристов, посещающих это место; в двух других случаях нитриты образовывались в результате естественных процессов. Особо следует отметить небольшое повышение концентраций нитритного азота и в прибрежной воде озера, обнаруженное в этих районах.

Как и нитритный, *аммонийный азот* – продукт происходящего в анаэробных условиях разложения органического вещества (подземные воды, болота). В период исследований в байкальской воде регистрировались следовые количества этого компонента (менее 0,03 мг N/л). Достаточно высокие концентрации отмечены в прибрежных водах Истокского (0,24 мг N/л) и Посольского (0,2 мг N/л) соров, что может быть как результатом поступления аммония с речными водами, так и следствием заболоченности берегов этих заливов (рис. 3, Б).

Высокие концентрации аммонийного азота регистрировались в лунках станций на заболоченных, сложенных речным аллювием пляжах: пос. Истомино – 1,04 мг N/л, пос. Нижнеангарск (пляж № 9) – 0,9 мг N/л, турбаза Культурная – 0,45 мг N/л, дер. Монахово – 0,04–0,06 мг N/л. Кроме того, высокие значения наблюдались также в лунках на пляжах на о. Бол. Ушканий (1,17 мг N/л) и в бух. Фертик (0,25 мг N/л). В этих районах высокие концентрации аммонийного азота в интерстициальных водах обусловлены разложением на пляжах большого количества БСД животного (ручейники, хиромиды) и растительного (макрофиты) происхождения. Концентрации аммонийного азота в интерстициальной воде заплесковой зоны других районов озера были ниже 0,1 мг N/л.

В прибрежных водах Байкала (кроме вышеупомянутых сортовых районов) повышения содержания аммонийного азота не отмечено. Даже в районах с высоким содержанием этого компонента в интерстициальных водах заплесковой зоны повышенных концентраций в озёрной воде не отмечено (см. рис. 3, Б).

Содержание *нитратного азота* в зоне заплеска выше, чем в воде озера (рис. 4, А). На станциях в разных районах Байкала его концентрации различались на 2 порядка. Низкие значения в интерстициальных водах, не превышающие 0,1 мг N/л, наблюдались в фоновых

районах, на пляжах возле пос. Усть-Баргузин и в дер. Монахово (пляж № 14). Максимальные концентрации обнаружены на пляжах у мыса Шида (более 5 мг N/л) и пос. Курбулик (~2 мг N/л). Высокие величины нитратов регистрировались в дер. Монахово (пляж № 13) и у турбазы Культурной (~1 мг N/л). Несколько меньшее содержание было обнаружено в лунках пляжа № 3 в пос. Бол. Коты – 0,6 мг N/л. В зоне заплеска других исследованных районов концентрации нитратного азота не превышали 0,3 мг N/л. В воде озера содержание нитратов в период исследования оставалось низким. Даже в районах с очень высокими концентрациями нитратов в лунках загрязнений этим компонентом в прибрежной воде не обнаружено. На уресе концентрации не превышали значений в фоновых точках и варьировали от 0,01 до 0,06 мг N/л.

Воды исследованных заливов и соров по содержанию в них нитратов не отличаются от вод открытых районов озера (см. рис. 4, А).

В ходе исследований выявлено, что в прибрежных водах и в контрольных (100 м от уреза) точках содержание *фосфатного фосфора* в основном невысоко: 1–6 мкг P/л (рис. 4, Б). Лишь в воде зал. Листвничный содержание фосфатов повышалось до 10,5 мкг P/л.

Максимальные концентрации фосфатов обнаружены в лунках на пляже возле дер. Монахово: на пляже № 13 – 1020 мкг P/л, на пляже № 14 на порядок меньше – 90 мкг P/л. Повышенное содержание фосфатов здесь можно объяснить последствиями антропогенной нагрузки. Высокие концентрации этого компонента отмечены и на о. Бол. Ушканий – 275 мкг/л, что может быть связано только с разложением большого количества органического вещества в заплесковой зоне в период интенсивного вылета и отмирания имаго ручейников. Повышенные (до 45 мкг P/л) концентрации в интерстициальных водах регистрировались и на пляжах в посёлках Курбулик и Листвянка, что, возможно, также обусловлено хозяйственной деятельностью человека.

### *Заключение*

Формирование химического состава интерстициальных вод заплесковой зоны оз. Байкал зависит от многих факторов: состава и размера грунта на пляже, поступления в зону заплеска высокоминерализованных грунтовых вод, удалённости пляжа от устьев рек, количества и состава береговых скоплений детрита, реакционной нагрузки.

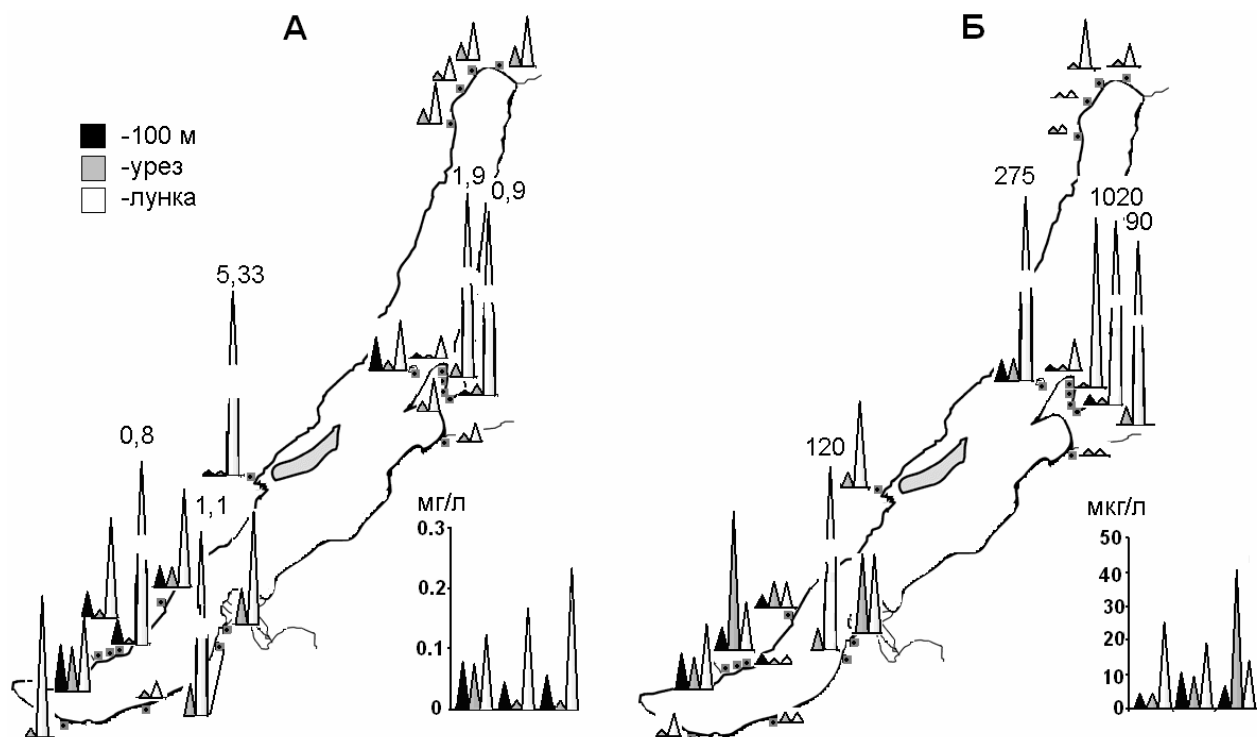


Рис. 4. Распределение концентрации нитратного азота (А) и минерального фосфора (Б) в интерстициальных водах заплесковой зоны и в литорали оз. Байкал периода (июнь, июль 2011 и 2012 гг.)

Содержание растворённого кислорода и величина рН в интерстициальных водах заплесковой зоны ниже, а концентрации биогенных элементов и органического вещества выше, чем в прибрежных водах озера.

Повышенное содержание ионов основного состава и кремния в зоне заплеска приурочено к районам разгрузки подземного стока.

Высокие концентрации нитритного азота отмечены на пляжах с высоким содержанием БСД как растительного, так и животного происхождения, а также в местах активного отдыха.

Содержание аммонийного азота в лунках заплесковой зоны выше в районах, приуроченных к сора́м, заливам озера и на пляжах с детритными скоплениями.

Высокое содержание минерального фосфора в интерстициальных водах характерно в основном для районов, испытывающих заметную антропогенную нагрузку. Кроме того, высокие концентрации фосфатов наблюдались в лунках на пляже с мощными БСД животного происхождения (ручейники), образовываясь, вероятно, в результате трансформации органического вещества.

Влияния интерстициальных вод заплесковой зоны на содержание химических компонентов в прибрежных водах озера не прослеживается. Их концентрации здесь ниже, чем в лунках и в основном не отличаются от показателей вод открытого озера.

В прибрежной зоне заливов и соров концентрации аммонийного и нитритного азота, фосфатов и кремния выше, чем в открытых водах озера, что связано как с поступлением вод притоков, так и с антропогенным загрязнением.

*Работа выполнена в рамках проекта № VII-62-1-4 «Междисциплинарные исследования заплесковой зоны как важной составляющей литорали озера Байкал» (2010–2013 гг.) (руководитель темы О. А. Тимошкин).*

#### Литература

1. Беляков В. П., Состав и структура биологических сообществ литорали разнотипных озер Карельского перешейка / В. П. Беляков, А. Г. Русанов, Е. В. Станиславская // *Озёрные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды* : материалы IV Междунар. науч. конф. – Минск ; Нарочь, 2011. – С. 215.
2. Биология прибрежной зоны озера Байкал. Сообщение 1. Заплесковая зона: первые результаты междисциплинарных исследований, важность для мониторинга экосистемы / О. А. Тимошкин [и др.] // *Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Биология. Экология.* – 2011. – Т. 4, № 4. – С. 75–110.
3. Биология прибрежной зоны озера Байкал. Сообщение 2. Береговые скопления заплесковой зоны: классификация, сезонная динамика количественных и качественных показателей их состава / О. А. Тимошкин [и др.] // *Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Биология. Экология.* – 2012. – Т. 5, № 1. – С. 40–91.



4. Биология прибрежной зоны озера Байкал. Сообщение 3. Сезонная динамика инфауны береговых скоплений; гидрохимическая, микробиологическая характеристика интерстициальных вод зоны заплеска / О. А. Тимошкин [и др.] // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. – 2012. – Т. 5, № 1. – С. 92–110.
5. Вотинцев К.К. Гидрохимия рек бассейна озера Байкал / К. К. Вотинцев, И. В. Глазунов, А. П. Толмачева. – М. : Наука, 1965. – Т. 8. – 494 с.
6. Гидрохимическая характеристика вод литорали северо-западного участка Южного Байкала / Л. П. Голобокова [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. 760–785.
7. Грачев М. А. О современном состоянии экологической системы озера Байкал / М. А. Грачев. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, –2002. – 154 с.
8. Карельская А. Г. Некоторые гидролого-гидрохимические особенности литоральной отмели Дальнего пляжа / А. Г. Карельская // Экологические исследования песчаной литорали. Апатиты, 1976. – С. 59–66.
9. Литоральная зона Ладожского озера / под ред. Е. А. Курашова. – СПб. : Нестор-История, 2011. – 416 с.
10. Литоральная зона Онежского озера / под ред. И. М. Распопова. – Л. : Наука. – 1975. – 244 с.
11. Подводные ландшафты озера Байкал / Е. Б. Карабанов [и др.]. – Новосибирск : Наука, 1990. – 183 с.
12. Прибрежно-водные экотоны больших озер / под ред. И. М. Распопова. – СПб. : Ин-т озероведения РАН, 1998. – 54 с.
13. Применение микроколоночной высокоэффективной жидкостной хроматографии с УФ-детектированием для определения анионов в объектах окружающей среды / Г. И. Барам [и др.] // Аналит. химия. – 1999. – Т. 54, № 9. – С. 962–965.
14. Пропп М. В. Экология прибрежных донных сообществ Мурманского побережья Баренцева моря / М. В. Пропп. – Л. : Наука, 1971. – 127 с.
15. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Ч. 1 / под ред. Л. В. Боевой. – Ростов н/Д : НОК, 2009. – 1044 с.
16. Томберг И. В. Динамика концентраций биогенных элементов и органических веществ на акватории авандельты реки Селенги / И. В. Томберг, Л. М. Сороковикова, Н. В. Башенхаева // Органическое вещество и биогенные элементы во внутренних водоемах и морских водах : материалы V Всерос. симпозиума с междунар. участием. – Петрозаводск, 2012. – С. 39–42.

## First data on the chemical composition of interstitial waters in the splash of Lake Baikal

I. V. Tomberg<sup>1</sup>, M. V. Sakirko<sup>1</sup>, V. M. Domyшева<sup>1</sup>, N. P. Sez'ko<sup>1</sup>, I. P. Lopatina<sup>1</sup>, N. V. Bashenkhayeva<sup>1</sup>, E. A. Filevich<sup>2</sup>, N. N. Kulikova<sup>1</sup>, O. V. Popova<sup>1</sup>, V. V. Mal'nik<sup>1</sup>, A. G. Lukhnev<sup>1</sup>, E. P. Zaytseva<sup>1</sup>, N. V. Potapskaya<sup>1</sup>, Yu. M. Zvereva<sup>2,1</sup>, O. A. Timoshkin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Limnological Institute SB RAS, Irkutsk

<sup>2</sup>Irkutsk State University

**Abstract.** Chemistry of the interstitial waters in the splash zone of Lake Baikal was studied during June-July, 2011 and 2012. As a result, factors affecting concentration of ions, biogenic elements and organic matter in the interstitial waters of the lake beaches and nearshore waters with different intensity of recreational load have been determined. Higher concentrations of main ions and silicon were found in the discharge areas of the splash zone; ammonium nitrogen – in lake shallows and bays; mineral phosphorus – in the regions under high anthropogenic stress. Concentrations of all biogenic elements appeared to be higher on the beaches with detritus accumulations. It was also reported that the interstitial water of the splash zone imposes a negligible effect on the chemical composition of the nearshore waters.

**Key words:** Lake Baikal, splash zone, chemical composition of interstitial and nearshore waters.

*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

*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

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

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

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

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

Сезько Наталья Петровна  
Лимнологический институт СО РАН  
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3  
ведущий инженер  
тел.: (3952) 42-65-02, факс: 42-54-05  
E-mail: se-nat@lin.irk.ru

Sez'ko Natalia Petrovna  
Limnological Institute RAS  
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033  
leading engineer  
phone: (3952)42-65-02, fax: 42-54-05  
E-mail: se-nat@lin.irk.ru

Лопатина Ирина Николаевна  
Лимнологический институт СО РАН  
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3  
ведущий инженер  
тел.: (3952) 42-65-02, факс: 42-54-05  
E-mail: irok@lin.irk.ru

Lopatina Irina Nikolaevna  
Limnological Institute RAS  
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033  
leading engineer  
phone: (3952)42-65-02, fax: 42-54-05  
E-mail: irok@lin.irk.ru

Башенхаева Надежда Викторовна  
Лимнологический институт СО РАН  
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3  
главный специалист  
тел.: (3952) 42-65-02, факс: 42-54-05  
E-mail: nvb@lin.irk.ru

Bashenkhaeva Nadezhda Victorovna  
Limnological Institute RAS  
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033  
leading engineer  
phone: (3952)42-65-02, fax: 42-54-05  
E-mail: nvb@lin.irk.ru

Филевич Екатерина Александровна  
Иркутский государственный университет  
664033, Иркутск, ул.Лермонтова, 126  
студент  
E-mail: filekal@mail.ru

Filevich Ekaterina Alexandrovna  
Irkutsk State University  
126 Lermontov St., Irkutsk, 664033  
student  
E-mail: filekal@mail.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

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

Попова Ольга Владимировна  
Лимнологический институт СО РАН  
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3  
аспирант  
ведущий инженер  
тел.: (3952)42-82-18, 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  
leading engineer  
phone: (3952)42-82-18, fax 42-54-05  
E-mail: popova-olga87@yandex.ru

Мальник Валерий Васильевич  
Лимнологический институт СО РАН  
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3  
кандидат биологических наук  
младший научный сотрудник  
тел.: (3952)42-82-18, факс: 42-54-05  
E-mail: malnik80@mail.ru

Лухнев Антон Геннадьевич  
Лимнологический институт СО РАН  
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3  
аспирант  
ведущий инженер  
тел.: (3952)42-82-18, факс: 42-54-05  
E-mail: luhnev.ant@yandex.ru

Потапская Надежда Викторовна  
Лимнологический институт СО РАН  
664033, г. Иркутск, Улан-Баторская, 3  
ведущий инженер  
тел.: (3952)42-82-18, факс: 42-54-05  
E-mail: potapskaya@yandex.ru

Зверева Юлия Михайловна  
Иркутский государственный университет  
664003, Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 5  
студент  
тел.: (3952)42-82-18  
E-mail: spongebobuz@yandex.ru

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

Malnik Valeriy Vasilyevich  
Limnological Institute SB RAS  
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033  
Ph. D. in Biology  
junior research scientist  
phone: (3952)42-82-18, fax: 42-54-05  
E-mail: malnik80@mail.ru

Lukhnev Anton Gennadyevich  
Limnological Institute SB RAS  
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033  
doctoral student  
leading engineer  
phone: (3952)42-82-18, fax 42-54-05  
E-mail: luhnev.ant@yandex.ru

Potapskaya Nadezhda Victorovna  
Limnological Institute SB RAS  
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033  
leading engineer  
phone: (3952)42-82-18, fax 42-54-05  
E-mail: potapskaya@yandex.ru

Zvereva Julia Mikhailovna  
Irkutsk State University  
5 Sukhe-Bator St., Irkutsk, 664003  
student  
phone: (3952)42-82-18  
E-mail: spongebobuz@yandex.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