

Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования  
«Центр внешкольной работы»  
Тасеевский район, с. Тасеево  
Объединение «Экспедиционные исследования школьников»

**Локальный мониторинг основных компонентов  
экологической системы юго-западной части озера Байкал**

Авторы: Гаврилв Степан Сергеевич, 10 класс;  
Кулев Семен Валентинович, 10 класс

Руководитель: Соловьёв Александр Фёдорович  
педагог дополнительного образования  
МБУ ДО «Центр внешкольной работы»

Красноярский край  
с. Тасеево  
2022

## Оглавление

Введение.....	3
1. Обзор источников информации по теме исследования .....	4
1.1. Физико-географические сведения об экосистеме озера Байкал .....	4
1.2. Экологические проблемы озера Байкал и меры, предпринимаемые для его защиты .....	5
2. Методы и методика проведенного исследования .....	6
2.1. Почвенные исследования.....	6
2.2. Электрохимические и фотоколориметрические исследования .....	8
2.3. Гидробиологические исследования .....	12
2.4. Микроскопические исследования.....	14
3. Результаты экспедиционных исследований.....	15
3.1. Результаты почвенных исследований .....	15
3.2. Результаты электрохимических и фотоколориметрических..... исследований.....	16
3.3. Результаты гидробиологических исследований.....	21
3.4. Результаты микроскопических исследований.....	22
Заключение .....	23
Список использованной литературы.....	25
Приложение 1. Обзорная карта района экспедиции.....	26

## Введение

Летом 2021 года мы были участниками экологической экспедиции на озеро Байкал. Мы были счастливы увидеть «сибирское море» воочию, восторгались его суровой красотой и кристально чистой водой. Однако мы знали и о том, что Байкал сталкивается с экологическими проблемами, связанными с неуклонно увеличивающейся антропогенной нагрузкой наряду с глобальным потеплением климата. Очевидно, что производственная деятельность человека, осуществляемая в настоящий момент на Байкальской природной территории, не может быть прекращена, и для оперативного получения информации об уровне воздействия хозяйственной деятельности на экосистему озера Байкал необходимо проведение постоянного мониторинга.

Нашей задачей в экспедиции, стало не только прохождение красивейшего пешеходного маршрута, но и проведение исследований экологических систем в пределах Прибайкальского национального парка. В установленных местах на маршруте, в рамках договора с ФГБУ «Заповедное Прибайкалье» нам было поручено провести определенные исследования уплотненности почвы на тропе и туристских стоянках, изучение качества прибрежных вод и воды в ручьях, впадающих в озеро Байкал, а также альгологические исследования при следовании экспедиционным маршрутом: п. Бол. Голоустное – п. Бол. Коты – п. Листвянка. Естественным завершением пребывания на стоянках в нашей экспедиции, являлась работа по уборке и выносу мусора.

**Цель** нашего исследования – осуществление локального мониторинга основных компонентов экологической системы юго-западной части озера Байкал.

### **Задачи:**

1. Изучение физико-географических особенностей экосистемы озера Байкал и его основных экологических проблем;
2. Освоение методик экологического мониторинга природных сред;
3. Проведение исследований для оценки изменений состояния экосистем юго-западной части озера Байкал под воздействием природных и антропогенных факторов;
4. Анализ полученных результатов и формулировка выводов.

В качестве объекта данного исследования выступают экологические системы Прибайкальского национального парка, а в качестве предмета исследования – физические свойства почвы, гидрохимический состав прибрежных вод озера, гидрохимический и микробиологический состав рек и ручьев, впадающих в Байкал, а также нитчатые водоросли, произрастающие у его берега.

## 1. Обзор источников информации по теме исследования

### 1.1. Физико-географические сведения об экосистеме озера Байкал

Озеро Байкал расположено почти в центре Азии. Его максимальная длина составляет 636 км, ширина 81 км. Площадь 31500 км. кв. Максимальная глубина озера – 1637 м, средняя глубина 730 м. [1]. Таким образом, Байкал является самым глубоким озером на земле, ровно как и нет ему равных среди пресноводных озер мира по объему водной массы, которая составляет – 23000 км. куб. В последнее время уровень воды озера поддерживается на отметках 456-457 м над уровнем моря [2].

Котловина Байкала, расчлененная на три впадины (южную, центральную и северную), отделенные друг от друга высокими подводными возвышенностями, является центральным звеном Байкальской рифтовой зоны. В пределах котловины озера в настоящее время, расходятся друг от друга со скоростью 4-6 мм в год [2]. Как сама котловина озера, так и основная территория его водосбора сложены древними архейскими и протерозойскими породами преимущественно изверженными и метаморфическими, состоящими из труднорастворимых минералов. Именно во многом благодаря этой особенности геологического строения вода озера является маломинерализованной.

Главной составляющей в приходной части водного баланса озера Байкал является речной сток, а расходной – сток из озера. В озеро Байкал впадает 356 различных притоков и всего лишь только одна река вытекает из него – Ангара [3]. Основной источник питания этих рек – атмосферные осадки, что также во многом определяет крайне низкую минерализацию вод озера.

Для Байкала характерно наличие сильных местных ветров и течений, которые играют важную роль в формировании качества воды озера, являясь важнейшим механизмом обменных процессов между поверхностными и глубинными водами [2].

Воду озера Байкал отличает её высокая прозрачность, которая поддерживается на этом уровне миллионы лет. Это происходит за счет существования некоторого механизма самоочищения и самосохранения байкальских вод, связанного как с деятельностью байкальских животных и растений поглощаются из воды вредные вещества, так и с гидрофизическими процессами, в частности, интенсивный вертикальный водообмен, который приводит также к высокому качеству воды [2].

## 1.2. Экологические проблемы озера Байкал и меры, предпринимаемые для его защиты

Основные угрозы экосистеме озера Байкал связаны с хозяйственной деятельностью человека. Антропогенное влияние определяется многими источниками. В основном это предприятия и населенные пункты, расположенные непосредственно на берегу Байкала и в его бассейне, такие как: Южно-Байкальский промышленный узел (г. Байкальск, г. Слюдянка, пос. Листвянка, пос. Култук, порт Байкал и др.), в котором до недавнего времени негативное влияние Байкальского целлюлозно - бумажного комбината на экосистему озера и прилегающих к нему территорий было особенно велико; Северо-Байкальский промышленный узел (г. Северобайкальск); значительная доля загрязняющих веществ попадает в озеро Байкал за счет стока реки Селенга, в бассейне которой расположены Улан-Удэнский, Гусиноозерский, Кяхтинский, Закаменский, Петровск-Забайкальский и Нижнеселенгинский промышленные узлы. Кроме сточных вод с промышленных объектов, на качество воды в реке Селенга оказывает влияние и сельскохозяйственное производство. Нужно также отметить, что значительная доля загрязняющих веществ водами Селенги выносятся с территории Монголии [2].

Кроме того, Байкал загрязняется за счет западного переноса воздушных масс со стороны Иркутско-Черемховского промышленного узла. Значительное воздействие на экосистему озера оказало также создание Иркутского водохранилища, подпор от которого распространился до Байкала и вызвал повышение его уровня. Определенное антропогенное воздействие на акваторию озера и его прибрежные природные комплексы оказывает также судоходство, железнодорожный транспорт, рекреационная деятельность, промысловое и любительское изъятие биоресурсов, браконьерство на воде и суше.

В результате антропогенного воздействия возникла проблема охраны и сохранения природы байкальской экосистемы. Причем эта проблема стала настолько остра, что вышла за рамки страны и поднята на международный уровень. Так, в декабре 1996 г. Комитет по Всемирному наследию ЮНЕСКО признал Байкал объектом Всемирного природного наследия. Это событие повысило престиж Байкала и его популярность в мире. Этот статус создал для Байкала дополнительные возможности участия мировой общественности в сохранении уникальной экосистемы озера, многосторонней международной поддержке, привлечении финансовых средств из различных международных фондов.

Однако, несмотря на многие природоохранные мероприятия проводимые в последние годы, нельзя считать удовлетворительным фактическое положение дел с охраной Байкала. Остается еще множество нерешенных проблем, ухудшающих экологическое состояние озера Байкал.

## 2. Методы и методика проведенного исследования

### 2.1. Почвенные исследования

Как правило, любое вмешательство человека в функционирование лесных экосистем, вызывает их изменение. Не составляет исключение и рекреационное лесопользование, осуществляемое на территории Прибайкальского национального парка. Основным фактором рекреационной деятельности, вызывающим деградацию и гибель насаждений, является вытаптывание. При вытаптывании происходит деградация живого напочвенного покрова и других компонентов фитоценоза, уплотнение верхних горизонтов почвы, изменение её физических и химических свойств, биохимических и микробиологических процессов, в итоге происходит нарушение всего биологического круговорота [5].

С 8 по 17 августа 2021 года, при следовании экспедиционным маршрутом с. Бол. Голоустное – п. Бол. Коты – п. Листвянка, нами в рамках договора с «Прибайкальским национальным парком» были проведены исследования, с целью выявления влияния рекреационной нагрузки на почвы Прибайкальского национального парка. Нужно отметить, что подобные исследования на этом же маршруте, проводятся экспедициями Центра внешкольной работы уже пятый год, что позволяет делать вывод о динамике уплотненности почвы на популярном среди туристов маршруте.

Маршрут Бол. Голоустное – Бол. Коты – Листвянка проходит по имеющейся дорожно-тропиночной сети. Мы надеемся, что полученные данные пятилетнего мониторинга, помогут в разработке научно-обоснованных принципов и методов ведения лесного рекреационного хозяйства на участках, подвергающихся интенсивному антропогенному воздействию.

Процесс формирования дорожно-тропиночной сети на исследуемом участке Прибайкальского национального парка, является контролируемым, вследствие того, что все передвижения отдыхающих происходят по тропам, организованным сотрудниками парка. По нашим наблюдениям свободное перемещение вне троп отмечается только на участках, используемых в качестве туристических стоянок. Именно поэтому, в текущем году, половина проб отобранных в ходе экспедиции приходилась на места туристических стоянок. Как оборудованных, так и стихийно возникших.

На заложенных исследовательских площадках проводились замеры повреждений почвенного покрова, включающих в первую очередь, измерения плотности почвы. В почвах, в которых отсутствовали мелкие камни, плотность измерялась по методу Н.А. Качинского с помощью приобретенного соответствующего прибора.

Прибор для измерений, производства ООО «РНПО «РосПрибор», он состоит из стального цилиндра-бура объемом 100 см. куб. для взятия образца почвы, молотка для погружения цилиндра и крышки. Кроме того, использовался нож и лопаточка для выемки цилиндра с почвой и удаления

излишков самой почвы, а также полиэтиленовые пакеты для хранения взятого почвенного образца.

*Техника работы прибором включала следующие этапы:*

- Выравнивалась площадка для отбора образца;
- Надавливанием, цилиндр-бур незначительно погружался вертикально в почву для фиксации границы образца для испытаний;
- Затем грунт снаружи отмеченного кольца обрезался на глубину 5-10 мм ниже режущего края кольца, формируя столбик диаметром на 1-2 мм больше наружного диаметра кольца;
- Периодически, по мере срезания грунта, легким нажимом насадки (в виде молотка и крышки) насаживали кольцо на столбик грунта, не допуская перекосов;
- После заполнения кольца грунт, лопаточкой окапывалась почва вокруг цилиндра, затем почва под цилиндром подрезалась таким образом, чтобы остался её некоторый излишек;
- Острым ножом излишки почвы обрезались вровень с нижним краем цилиндра, кроме того, цилиндр с наружной стороны очищался от приставшей почвы;
- Образец почвы из цилиндра выталкивался в полиэтиленовый стаканчик, туда же с помощью ножа соскабливалась приставшая к внутренним стенкам цилиндра почва;
- Стаканчик с почвой взвешивался на весах с дискретностью 0,01 г.;
- Взвешенный образец переносился и упаковывался в полиэтиленовый пакет с отметкой в полевом журнале;
- После проведения экспедиции, привезенные пробы высушивались в духовом шкафу при температуре 100 градусов Цельсия до постоянной массы и взвешивались. Плотность сухой почвы ненарушенного состояния рассчитывалась как соотношение массы абсолютно сухой почвы к объему цилиндра. Влажность почвы рассчитывалась по формуле:

$$W = (p_1 - p) * 100 / p,$$

где  $W$  – влажность, %;  $p_1$  – масса сырой почвы, г;  $p$  – масса абсолютно сухой почвы, г.

## 2.2. Электрохимические и фотоколориметрические исследования

С целью оценки экологического состояния прибрежных вод, а также малых рек и ручьев, впадающих в озеро Байкал, участниками экспедиции были использованы электрохимические и фотоколориметрический методы исследования качества воды. В ходе проведенных исследований были выполнены: потенциометрические измерения проб воды для определения водородного показателя (рН) и нитратов, амперометрические измерения в пробах воды с целью получения данных о содержании в ней растворенного кислорода, кондуктометрический анализ проб воды для определения её электропроводности, измерения редокс-электродом с целью получения данных об окислительно-восстановительном потенциале водных проб, фотоколориметрические исследования проб воды для определения ионов аммония. Наличие или отсутствие названных веществ в воде и другие полученные результаты косвенно указывает на её загрязнение бытовыми стоками. Кроме того, принимая во внимание процессы нитрификации можно сделать вывод о давности имеющегося загрязнения, если оно, конечно, имеет место. Количественное определение ионов аммония в воде было проведено с использованием фотоколориметра «Экотест-2020 К». Количественное определение нитратов производилось с использованием иономера «рХ-150МИ» и комплекта измерительных электродов (электрод сравнения «Эср-10103» и ионоселективный электрод «ЭЛИС-121NO<sub>3</sub>»). Измерение окислительно-восстановительного потенциала производилось с использованием названного иономера и комплекта измерительных электродов (электрод сравнения «Эср-10103» и редокс-электрода «ЭРП-101»). Количественное определение растворенного кислорода в водных пробах производилось с использованием оксиметра «АМТ08». Водородный показатель (рН) и электропроводность определялись с использованием соответствующих цифровых датчиков из комплекта «Экологический патруль» предназначенного для осуществления экологического мониторинга, подключаемых к смартфону с установленной программой «Практикум».

Для электрохимических и фотоколориметрических исследований на наличие азотосодержащих веществ, были отобраны пробы прибрежных вод озера и ручьев в него впадающих, соответственно в девяти и трех точках измерений. По возможности, по каждой пробе старались проводить два параллельных определения. Полученные данные должны были помочь сделать вывод о наличии антропогенного или природного загрязнения прибрежных вод азотосодержащими веществами (аммоний, нитраты). Проведение подобных исследований в среднем течении ручья Черемшанки (выше п. Листвянка) и в устье этого же ручья, должно было проиллюстрировать степень загрязнения бытовыми стоками вод ручья, который впадает в Байкал. Предполагался также отбор проб для подобных исследований в ручье Смородова, протекающем в экологически чистом

районе (по нашим представлениям) и в реке Крестовке, собирающем в своем нижнем течении бытовые стоки в п. Листвянка.

Определенную долю информации об экологическом состоянии названных водных объектов предполагалось получить при параллельном измерении их электропроводности, водородного показателя, окислительно-восстановительного потенциала и растворенного кислорода.

#### *Метод определения аммония*

Реактивы и оборудование: для определения аммония в воде были использованы: пипетка-капельница на 1 мл, пробирка колориметрическая с меткой 5 мл, шпатель, фотоколориметр «Экотест-2020 К». Из реактивов понадобились: реактив Несслера, сегнетова соль.

Выполнение анализа: для начала ополоснули колориметрическую пробирку несколько раз анализируемой водой. Налили в пробирку пробу воды до метки 5 мл. Затем добавили в воду шпателем 0,01 г сегнетовой соли (несколько кристаллов) и туда же пипеткой 0,25 мл (8-10 капель) реактива Несслера. Содержимое пробирки перемешали встряхиванием. Оставили раствор на 2 мин. Для завершения реакции.

При фотоколориметрическом определении заранее приготовили раствор стандарта для измерения массовой концентрации ионов аммония (2 мг/л) и рабочий раствор ионов аммония с концентрацией 10 мг/л.

*Приготовление раствора стандарта для измерения массовой концентрации ионов аммония (2 мг/л):*

- Приготовили дистиллят, не содержащий аммиака. Для чего в дистиллированную воду добавили натрий углекислый кислый (0,1-0,5 г на 1 л) и выпаривали на четверть объема;

- Приготовили в день анализа рабочий раствор ионов аммония с концентрацией 10 мг/л для чего, 1,0 мл основного раствора ионов аммония с помощью градуированной пипетки поместили в мерную колбу вместимостью 100 мл и довели объем раствора до метки дистиллированной водой, не содержащей аммиака;

- Для приготовления раствора стандарта для измерения массовой концентрации ионов аммония (2 мг/л), в день анализа 10 мл рабочего раствора с помощью градуированной пипетки поместили в мерный цилиндр вместимостью 50 мл и довели объем раствора до метки дистиллированной водой, не содержащей аммиака.

При проведении фотоколориметрирования с использованием фотоколориметра «Экотест-2020 К», работающего в режиме концентромера, выполнили следующие операции:

- Отобрали в три мерные склянки до метки 10 мл: дистиллированную воду (фон), раствор стандарта для измерения массовой концентрации ионов аммония (2 мг/л) и анализируемую пробу с реактивом Несслера;

- Поместили растворы из мерных склянок в фотометрические кюветы;

- Провели измерение, поместив поочередно в кюветный отсек прибора: фоновый раствор, раствор стандарта для измерения массовой концентрации ионов аммония (2 мг/л) и анализируемую пробу с реактивом Несслера.

#### *Метод определения нитратов*

Реактивы и оборудование: для определения нитратов нам понадобились иономер «рХ-150МИ» и комплект измерительных электродов в составе электрода сравнения «Эсп-10103» и ионоселективного электрода «ЭЛИС-121NO<sub>3</sub>», а также растворы различной концентрации азотнокислого калия.

Выполнение анализа: перед отправлением в экспедицию мы выполнили градуировку ионоселективного электрода с использованием градуировочных растворов на основе азотнокислого калия с концентрацией 0,001 и 0,0001 моль/л. Данные растворы были подготовлены из исходного раствора KNO<sub>3</sub> с концентрацией 1 моль/л путем десятикратного разбавления.

На месте измерения проводились следующим образом:

- после того как электроды промыли дистиллированной водой и осушили фильтровальной бумагой, погрузили их в исследуемую пробу;
- проследили за тем, чтобы температура исследуемой пробы, измеряемая отдельным термодатчиком, не отличалась от температуры применяемых при градуировке прибора растворов более чем на 2°C;
- измерили потенциал электрода с помощью иономера, дождавшись стабильных показаний прибора.

#### *Метод определения окислительно-восстановительного потенциала*

Оборудование: для измерения окислительно-восстановительного потенциала нам понадобились иономер «рХ-150МИ» и комплект измерительных электродов в составе электрода сравнения «Эсп-10103» и редокс-электрода «ЭРП-101».

Выполнение анализа:

- после того как электроды промыли дистиллированной водой и осушили фильтровальной бумагой, погрузили их в исследуемую пробу;
- после установления стабильных показаний считали результат измерения с дисплея.

#### *Метод определения растворенного кислорода*

Оборудование: для измерения растворенного в воде кислорода нам понадобился оксиметра «АМТ08».

Выполнение анализа: перед отправлением в экспедицию мы выполнили градуировку оксиметра в соответствии с его инструкцией.

На месте измерения проводились следующим образом:

- после того как электрод промыли дистиллированной водой и осушили фильтровальной бумагой, погрузили прибор в исследуемую пробу;
- после установления стабильных показаний прибора считали показания.

### *Метод определения водородного показателя (pH)*

Оборудование: для измерения водородного показателя мы использовали датчик pH из комплекта «Экологический патруль».

Выполнение анализа:

- после того как датчик промыли дистиллированной водой и осушили фильтровальной бумагой, подключили его к смартфону с установленным программным обеспечением для работы с прибором;
- измерив температуру пробы ртутным термометром, ввели поправку на температурную компенсацию в используемой программе «Практикум» смартфона;
- погрузили цифровой измеритель в исследуемую пробу;
- измерения проводили до тех пор, пока значения в программе не перестанут меняться до второго знака после запятой и считали показания.

### *Метод определения солесодержания*

Оборудование: для измерения солесодержания в воде мы использовали датчик электропроводности из комплекта «Экологический патруль» и таблицы для перевода измеренной удельной электропроводности (мСм/см) приведенной к температуре 25°C в эквивалентное солесодержание NaCl (мг/л).

Выполнение анализа:

- после того как датчик промыли дистиллированной водой и осушили фильтровальной бумагой, подключили его к смартфону с установленным программным обеспечением для работы с прибором. Погрузили цифровой измеритель в исследуемую пробу;
- после двухминутного измерения, данные экспортировались в новый файл. Название файла отражало: параметр, когда и где он измерялся;
- для получения итогового показания, определяли среднее значение электропроводности среди экспортированных в файл данных, для этого использовался редактор таблиц – Microsoft Excel;
- полученное показание удельной электропроводности в мСм/см переводили в мкСм/см умножив полученные данные на 1000;
- показание удельной электропроводности в мкСм/см приводили к температуре 25°C по формуле:

$$x_{25} = x_t / (1 + \alpha_t(t - 25)),$$

где  $x_{25}$  и  $x_t$  – удельная электропроводность при температуре  $t$  и 25°C;

$\alpha_t$  - температурный коэффициент удельной электропроводности растворенного NaCl, равный 0,0200;

- по таблицам переводили полученное значение удельной электропроводности (мкСм/см) при температуре 25°C в эквивалентное солесодержание NaCl (мг/л).

### 2.3. Гидробиологические исследования

С целью оценки экологического состояния малых рек и ручьев, впадающих в озеро Байкал, участниками экспедиции помимо электрохимических и фотоколориметрического метода, был использован метод биоиндикации с последующим вычислением биотического индекса Вудивисса. Материалом для исследований послужили образцы зообентоса, отобранные в ходе экспедиции в среднем течении ручья Черемшанки (выше п. Листвянка) и в устье этого же ручья. Пробы зообентоса отбирали гидробиологическим сачком. Для этого гидробиологический сачок располагали в ручье, плотно прижав его нижнюю часть к каменистому дну, в это время помощники, тщательно «перемешивают» ногами участок дна выше по течению. При этом донные беспозвоночные отрываются от дна и течением приносятся в сачок, где и задерживаются. Для полноты учета беспозвоночных в ручьях собирались и обследовались по несколько крупных камней, с которых животные тщательно счищались в белую кювету.

В слабопроточных местах водоемов, в которых дно покрыто песком или илом, применялся несколько иной способ отлова зообентоса. В таких местах обследовались в первую очередь наиболее продуктивные участки, а именно производились по двадцать обловов вдоль заросших краев берегов ручья, у коряг и бревен, у зарослей плавающей и погруженной водной растительности, на дне ручья.

*Методы первичной обработки проб включали следующие действия:*

- проба осторожно изымалась в кювету, а оставшийся грунт промывался в сачке водой для того чтобы не пропустить животных;
- для сортировки пойманных животных, проба малыми порциями помещалась в белую кювету, далее из неё изымались все пойманные беспозвоночные, размер которых превышал 5 мм;
- дальнейшая обработка собранных материалов состояла в определении беспозвоночных животных по соответствующим определителям;
- в случае затруднений с определением тех или иных представителей организмов водоемов, производилась их фиксация 4% раствором формалина для дальнейшей идентификации животных в лаборатории.

*Методика определения биотического индекса Вудивисса*

Методика Вудивисса основана на том, что по мере увеличения загрязнения из состава донной фауны сначала исчезают наиболее чувствительные группы беспозвоночных – веснянки, затем поденки, ручейники и т.д. Последними остаются олигохеты и личинки красного мотыля, исчезающие только при очень сильном загрязнении. За «группу» принимается: любой вид плоских червей; класс малощетинковые черви; любой вид моллюсков, пиявок, ракообразных, водяных клещей; любой вид веснянок, сетчатокрылых, жуков; любой род поденок, кроме *Baetis rhodani*; любое семейство ручейников; семейство комаров-звонцов (личинки) кроме *Chironomus sp.*; *Chironomus sp.*; личинки мошки (семейство *Simuliidae*);

каждый известный вид личинок других летающих насекомых [8]. Определив количество обнаруженных в пробе групп и видовое разнообразие индикаторной группы, находим соответствующий столбец таблицы (таблица 1). Далее соотносим выявленный биотический индекс с одним из четырех состояний воды в ручье (вода чистая, умеренно загрязнённая, загрязнённая, сильно загрязнённая).

Таблица 1

**Рабочая шкала для определения биотического индекса Вудивисса**

Чистая вода	Наличие индикаторных групп	Количество видов индикаторных групп	Биотический индекс по наличию общего числа групп					
			0-1	2-5	6-10	11-15	16+	
Организмы, которые имеют тенденцию исчезать при повышении уровня загрязнения	Личинки веснянок (Plecoptera) имеются	Больше одного вида	-	7	8	9	10	
		Только один вид	-	6	7	8	9	
	Личинки подёнок (Ephemeroptera) имеются	Больше одного вида	-	6	7	8	9	
		Только один вид	-	5	6	7	8	
		Личинки ручейников (Trichoptera) имеются	Больше одного вида	-	5	6	7	8
			Только один вид	4	4	5	6	7
		Рачки (Gammarus sp.) имеются	Все вышеуказанные виды отсутствуют	3	4	5	6	7
		Рачки (Asellus aquaticus) имеются	Тоже	2	3	4	5	6
Загрязненная	Тубифициды и / или красные личинки мотыля имеются (Chironomus sp.)	Тоже	1	2	3	4	-	
	Отсутствуют все приведенные выше группы	Возможно наличие некоторых организмов	0	1	2	-	-	

## 2.4. Микроскопические исследования

Для осуществления мониторинга распространения нитчатых водорослей рода улотрикс (*Ulothrix*) и рода спирогира (*Spirogyra*) в прибрежных водах озера Байкал, были запланированы микроскопические исследования с целью их идентификации. Подобные исследования позволяли бы сделать вывод о том, насколько широко представлена чужеродная для Байкала водоросль рода спирогира (*Spirogyra*) в районе нашего маршрута и каково распространение типичной для озера водоросли рода улотрикс (*Ulothrix*). Нужно отметить, что визуальное определение водорослей этих двух родов без микроскопа затруднительно, поэтому был использован оптический микроскоп Микромед С13.

### *Методика определения водорослей рода улотрикс (Ulothrix) и рода спирогира (Spirogyra)*

Методика была основана на определении формы хроматофора у отобранной пробы водоросли, род улотрикс (*Ulothrix*) имеет пластинчатый хроматофор, опоясывающий клетку изнутри в виде незамкнутого кольца, а у рода спирогира (*Spirogyra*) хроматофор имеет вид спирально изогнутой ленты, с городчатыми или рассеченными краями. Пробы отбирались в 0,5-1,5 м от уреза воды, на глубине, как правило, 30- 40 см. В каждом месте брали по три пробы, поднимая со дна камни с прикрепленной к ним водорослью.

### 3. Результаты экспедиционных исследований

#### 3.1. Результаты почвенных исследований

Существующая дорожно-тропиночная сеть, представляет собой преимущественно неразветвленные, единичные тропы достаточной ширины. Средняя ширина тропы на участке Бол. Голоустное – Бол. Коты, составляет – 0,5 – 0,7 м., а на участке Бол. Коты – Листвянка – 0,7 – 0,9 м. Второй участок пользуется наибольшей популярностью и как следствие этого, в большей степени подвергается рекреационному воздействию на почвы.

Выявлено, что в пределах большинства исследовательских площадок, заложенных в пределах троп и стоянок, вытаптывание почвы ведет к возрастанию её плотности до величин, заметно отличающихся от данных полученных на контроле (в 5 м от стоянки). На туристских тропах, своих наибольших значений плотность почвы достигает на участке Бол. Коты – Листвянка – до 0,9 г/см<sup>3</sup>, на участке Бол. Голоустное – Бол. Коты этот показатель составляет – 0,4 г/см<sup>3</sup>. Что касается туристских стоянок, то пробы, отобранные у мест разведения костров, показывают плотность почвы равную – 0,4 – 0,6 г/см<sup>3</sup>. Следует отметить, что все эти значения не превышают так называемого порога плотности. Известно, что уже при значениях плотности почвы свыше 1,4 г/см<sup>3</sup> её физические и лесорастительные свойства существенно ухудшаются. Такая степень уплотнения почвы приводит к резкому уменьшению её водопроницаемости, возрастанию поверхностного стока под пологом леса, выносу из почвы органических соединений и минеральных элементов, а также к развитию эрозии. Условия формирования корневых систем растений резко ухудшаются, снижается количество активных всасывающих корней и поглощающая поверхность всей корневой системы. Из-за уплотнения почвы уменьшается объем пор, что влияет на воздушно-водный режим и в конечном итоге приводит к ухудшению физиологического функционирования корневых систем растений, оказывает отрицательное влияние на водный баланс.

Следует также отметить, что плотность почвы на тропах и стоянках, является повышенной только в пределах большинства этих объектов, так проба, отобранная на расстоянии 5 м от стоянки, имеет значение – 0,3 г/см<sup>3</sup>, что на 60% меньше подобного среднего значения измеренного на тропе. Таким образом, вытаптывание как самый существенный фактор воздействия на почвы, на исследуемой территории имеет не площадной, а линейный характер. Именно поэтому, основной рекреационной нагрузке подвергается исключительно дорожно-тропиночная сеть парка. Однако наблюдения показывают, что испытывают соответствующую нагрузку и места туристских стоянок.

Анализ результатов пятилетних измерений плотности почвы в пределах Прибайкальского национального парка не выявил существенных изменений уплотненности почвы, как на тропах, так и в пределах туристских стоянок.

### 3.2. Результаты электрохимических и фотоколориметрических исследований

Результаты количественного определения заявленных параметров в прибрежных водах оз. Байкал и ручьях, в него впадающих, представлены на рис. 1 - 6 и табл. 2.

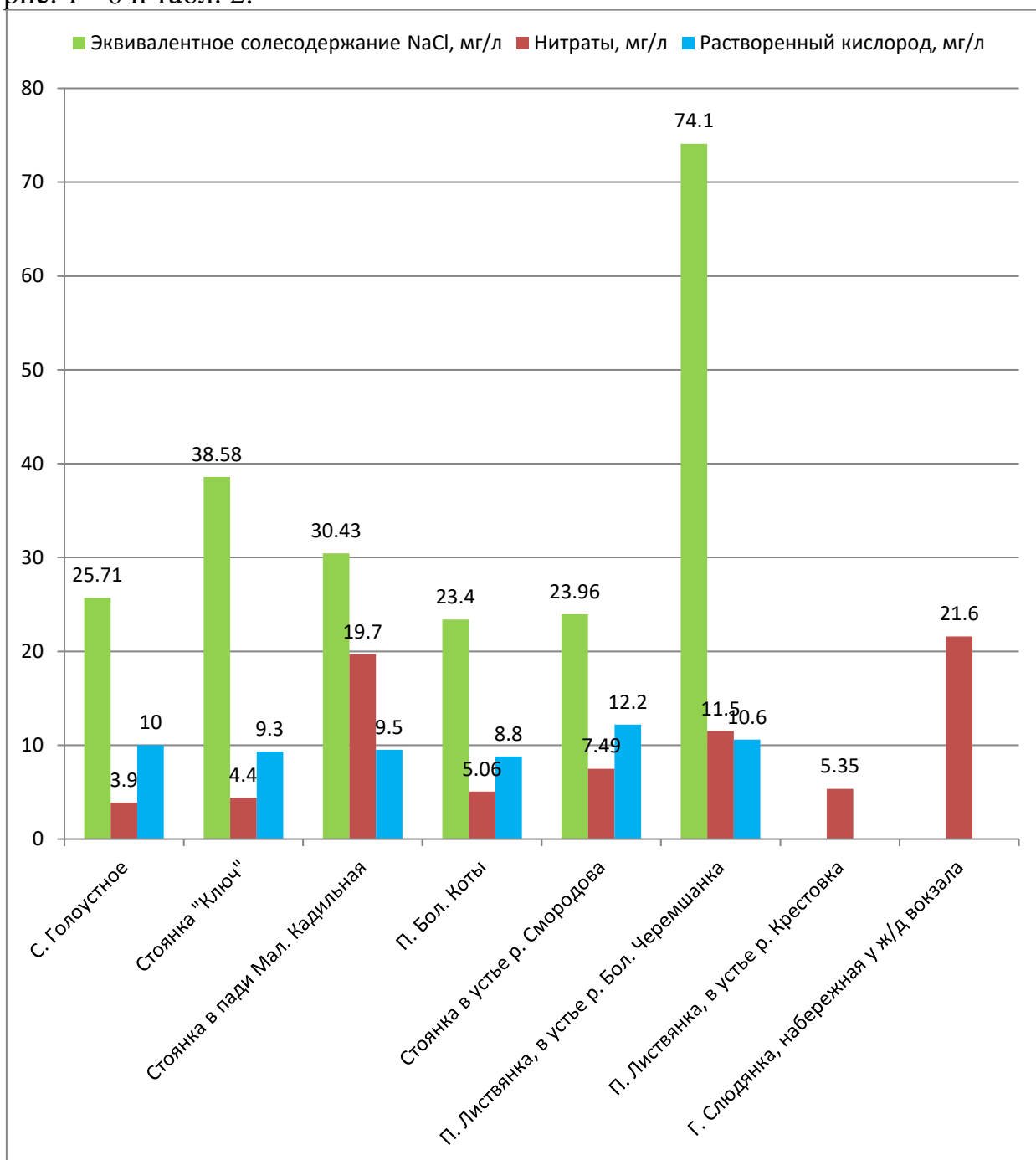


Рис. 1. Значение эквивалентного солесодержания NaCl, нитратов и растворенного кислорода в пробах прибрежных вод Байкала.

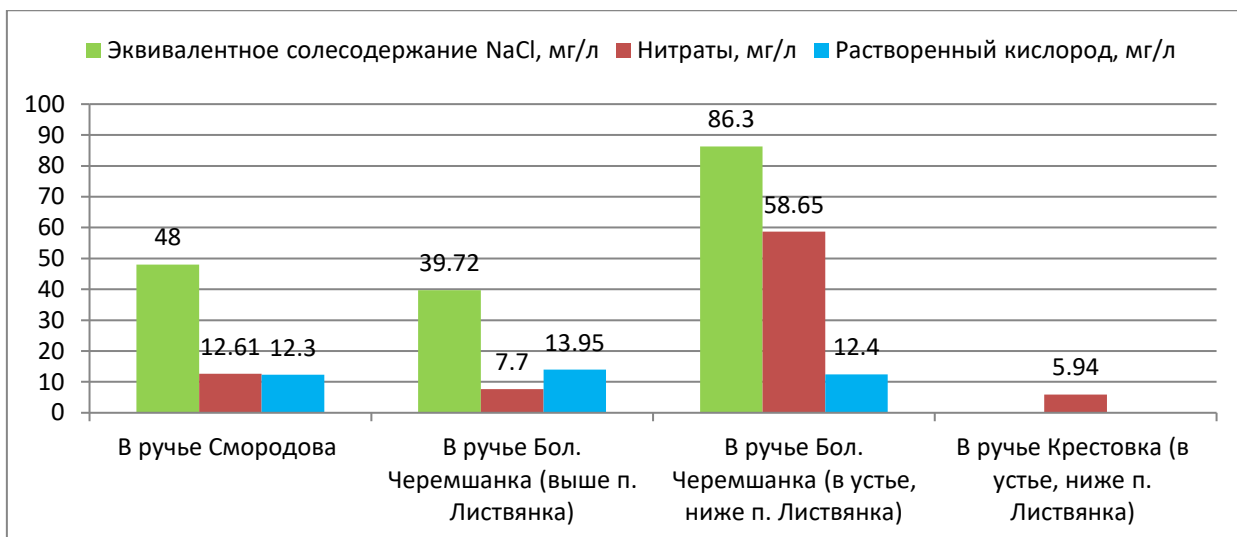


Рис. 2. Значение эквивалентного солесодержания NaCl, нитратов и растворенного кислорода в пробах ручьев впадающих в Байкал.

Анализ данных диаграмм на рис. 1 и рис. 2, на наш взгляд, могут свидетельствовать о следующем:

- резкий рост количества минеральных веществ в пробе, отобранной в п. Листвянка (устье р. Бол. Черемшанский), указывает на загрязнение прибрежных вод Байкала в данном месте хозяйственными и бытовыми стоками, чему способствует как ручей, собирающий бытовые стоки (рис. 2) по мере его течения через поселок (в котором также отмечено двукратное превышение количества минеральных веществ), так и стоянка прогулочных судов, расположенная тут же;

- увеличение количества нитратов в пробе, отобранной в г. Слюдянка, также говорит об антропогенном загрязнении озера, где ключевым источником загрязнения, по всей видимости, являются очистные сооружения города. Не совсем понятно, какие природные факторы способствуют подобному загрязнению озера в экологически чистом (на наш взгляд) районе пади Мал. Кадильная, где помимо увеличения количества нитратов имеет место и некоторое увеличение pH (рис. 3);

- некоторое увеличение количества ионов аммония, в пробах, отобранных в устьевой части ручьев протекающих через п. Листвянка, также свидетельствуют о загрязнении водотоков бытовыми стоками (табл. 1). Особенно хорошо это видно в пробе р. Крестовки, отсутствие подобного загрязнения в прибрежных водах озера, где она в него впадает, объясняется имеющейся галечной насыпью, которая не дает речке напрямую вливаться в озеро, просачиваясь через камни. Принимая во внимание процессы сопровождающие нитрификацию и сопоставление выявленного загрязнения азотосодержащими веществами, приходим к заключению о недавнем загрязнении бытовыми стоками р. Крестовки (превышение ионов аммония), так и о сравнительно давнем загрязнении р. Бол. Черемшанка (рис. 2) и прибрежных вод озера (рис. 1) (превышение нитратов).

• существенных изменений в значениях растворенного кислорода не выявлено, имеющиеся различия связаны как с разными значениями температур отобранных проб, так и с различным состоянием поверхности озера (в плане образования волн).

Таблица 2

**Содержание ионов аммония в пробах, отобранных в ходе экспедиции**

№пп	Место отбора пробы	Аммоний, мг/л
1.	В ручье Бол. Черемшанка (выше п. Листвянка)	<0,0500
2.	В ручье Бол. Черемшанка (в устье, ниже п. Листвянка)	0,0593
3.	В ручье Крестовка (в устье, ниже п. Листвянка)	0,2939
4.	В озере Байкал у места впадения р. Бол. Черемшанка	0,0945
5.	В озере Байкал у места впадения р. Крестовка	<0,0500
6.	В озере Байкал у набережной ж/д вокзала г. Слюдянка	<0,0500

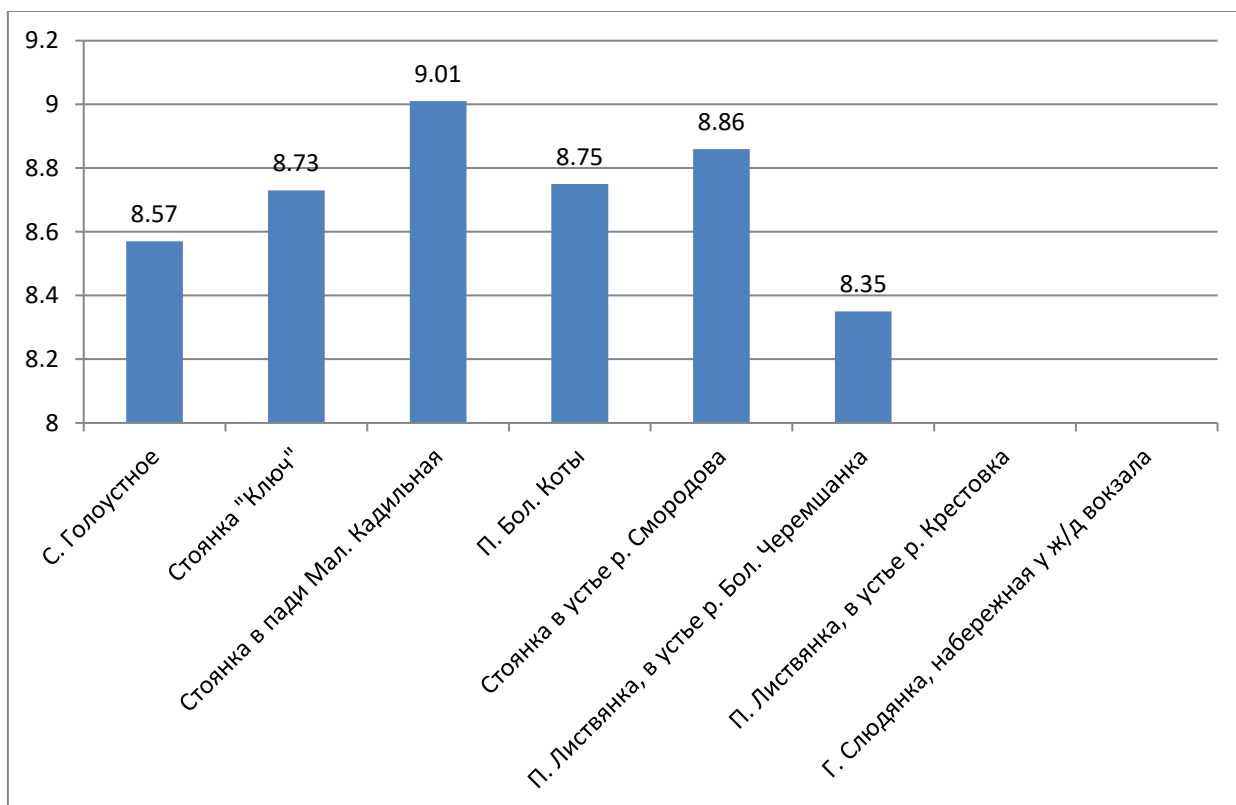


Рис. 3. Значение водородного показателя (рН) в пробах прибрежных вод Байкала, ед.

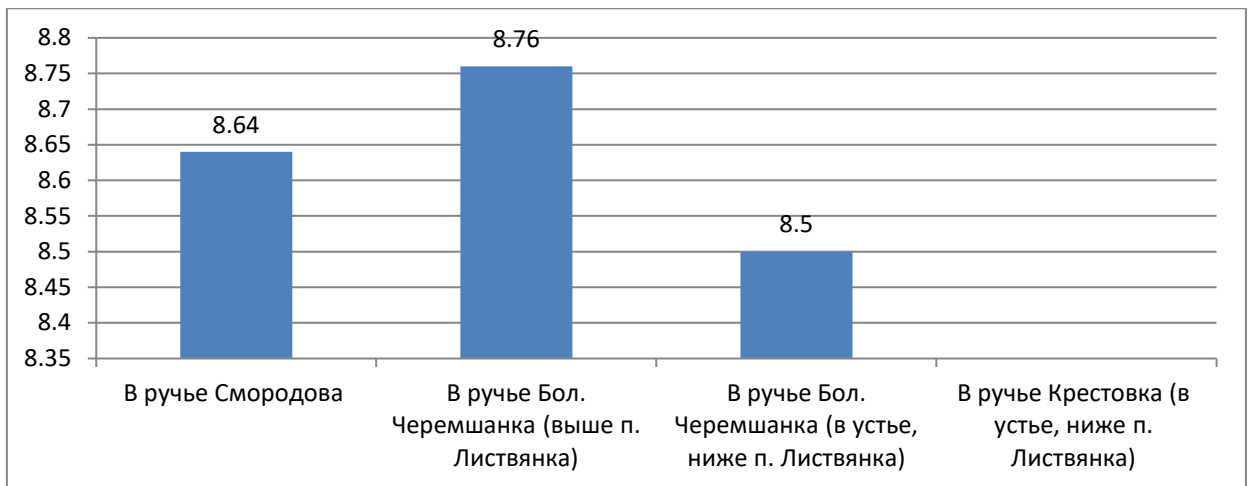


Рис. 4. Значение водородного показателя (рН) в пробах ручьев впадающих в Байкал, ед.

Самые низкие значения рН обнаружены в пробах, отобранных в прибрежных водах устьевой части р. Бол. Черемшанка. Речная вода именно этого ручья имеет также пониженные значения водородного показателя.

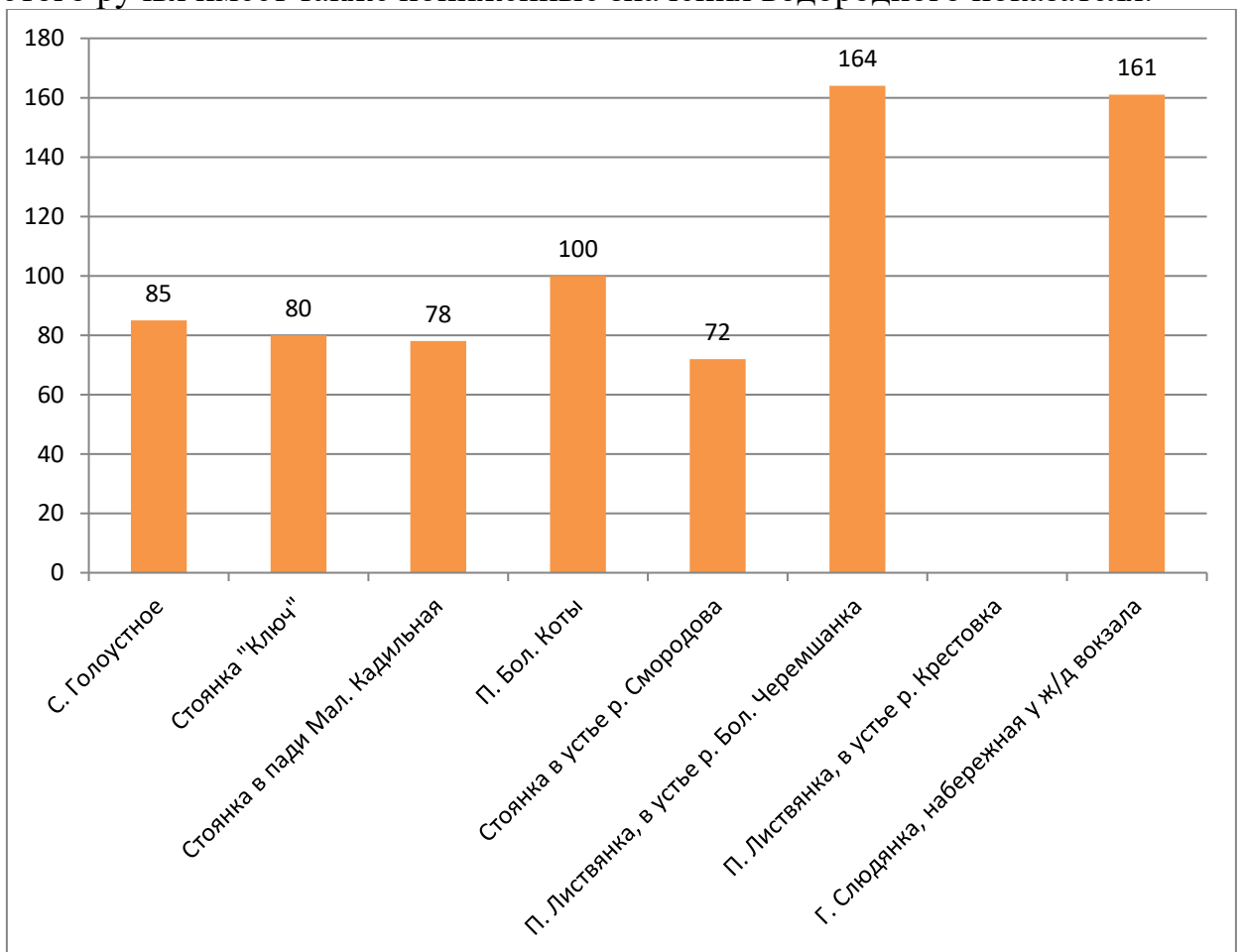


Рис. 5. Значение окислительно-восстановительного потенциала в пробах прибрежных вод Байкала, mV.

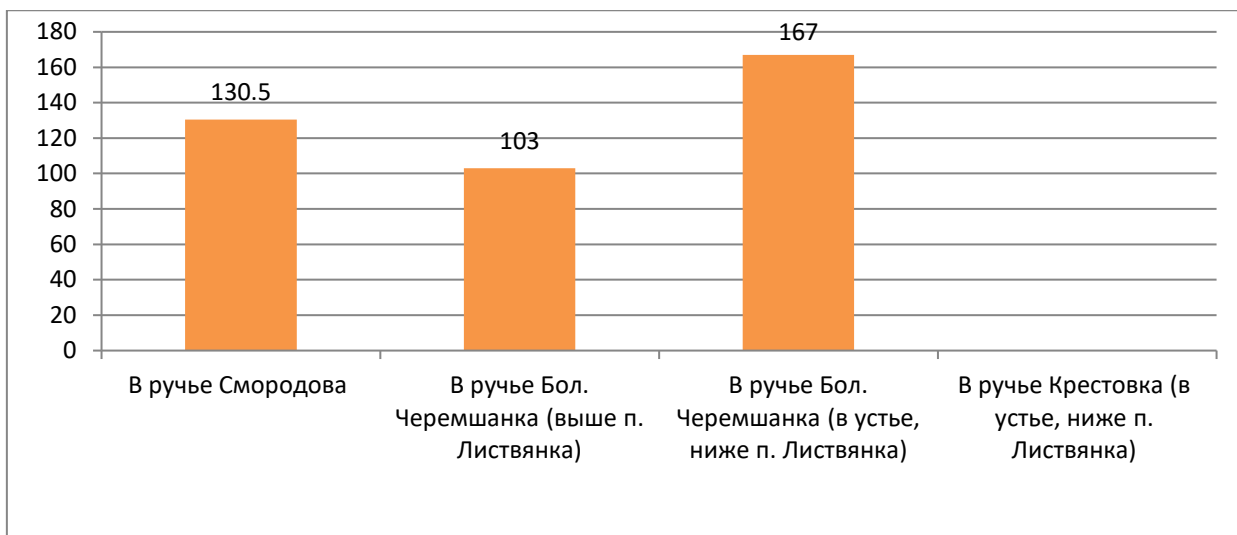


Рис. 6. Значение окислительно-восстановительного потенциала в пробах ручьев впадающих в Байкал, mV.

Интересные данные получены при определении окислительно-восстановительного потенциала проб, указывающие на увеличение значений в местах со сложной экологической обстановкой: прибрежные воды у п. Листвянка (в устье р. Бол. Черемшанка), прибрежные воды у г. Слюдянка (набережная у ж/д вокзала), в ручье Бол. Черемшанка (в устье, ниже п. Листвянка) (рис. 5 и 6). Зачастую в мониторинговых исследованиях вод рек, озер и морей окислительно-восстановительный потенциал используется как экологический показатель состояния объектов, правда интерпретация полученных данных неоднозначна и отличается большой сложностью.

### 3.3. Результаты гидробиологических исследований

*Анализ качества воды с помощью биотического индекса Вудивисса*  
Результаты исследования качества воды с помощью индекса Вудивисса представлены в таблице 3.

Таблица 3

#### Характеристика качества воды по индексу Вудивисса

<i>Место взятия проб</i>	<i>Выявленные организмы</i>	<i>Индекс Вудивисса</i>
В ручье Черемшанка (выше п. Листвянка)	Личинка поденки – 9 шт.; Ручейник – 1 шт.; Пиявки – 1 шт.; Класс ресничные черви – 23 шт.;	5 баллов
Устье ручья Черемшанка	Пиявки – 4 шт.; Личинка комара – 6 шт.; Класс ресничные черви – 350 шт.;	1 баллов

В соответствии с данными таблицы 3, наибольший индекс (5 баллов) отмечается в пробе воды, взятой в среднем течении ручья Черемшанка выше п. Листвянка где наименьшая антропогенная нагрузка, что характеризует воду этого водотока в указанном месте по степени загрязненности как умеренно загрязненная. Все потому, что в этом месте ручья мы не нашли наиболее чувствительных к загрязнению животных – веснянок и поденок. Наибольшую тревогу вызывает качество воды в устье ручья Черемшанка ниже п. Листвянка, где качество воды определено как сильно загрязнённая, что объясняется увеличением антропогенной нагрузки на экосистему в районе поселка Листвянка.

### 3.4. Результаты микроскопических исследований

Микроскопические исследования восемнадцати проб отобранных в шести точках, показали, что в прибрежных водах исследуемого района доминирует водоросли рода улотрикс (*Ulothrix*) (рис. 7).

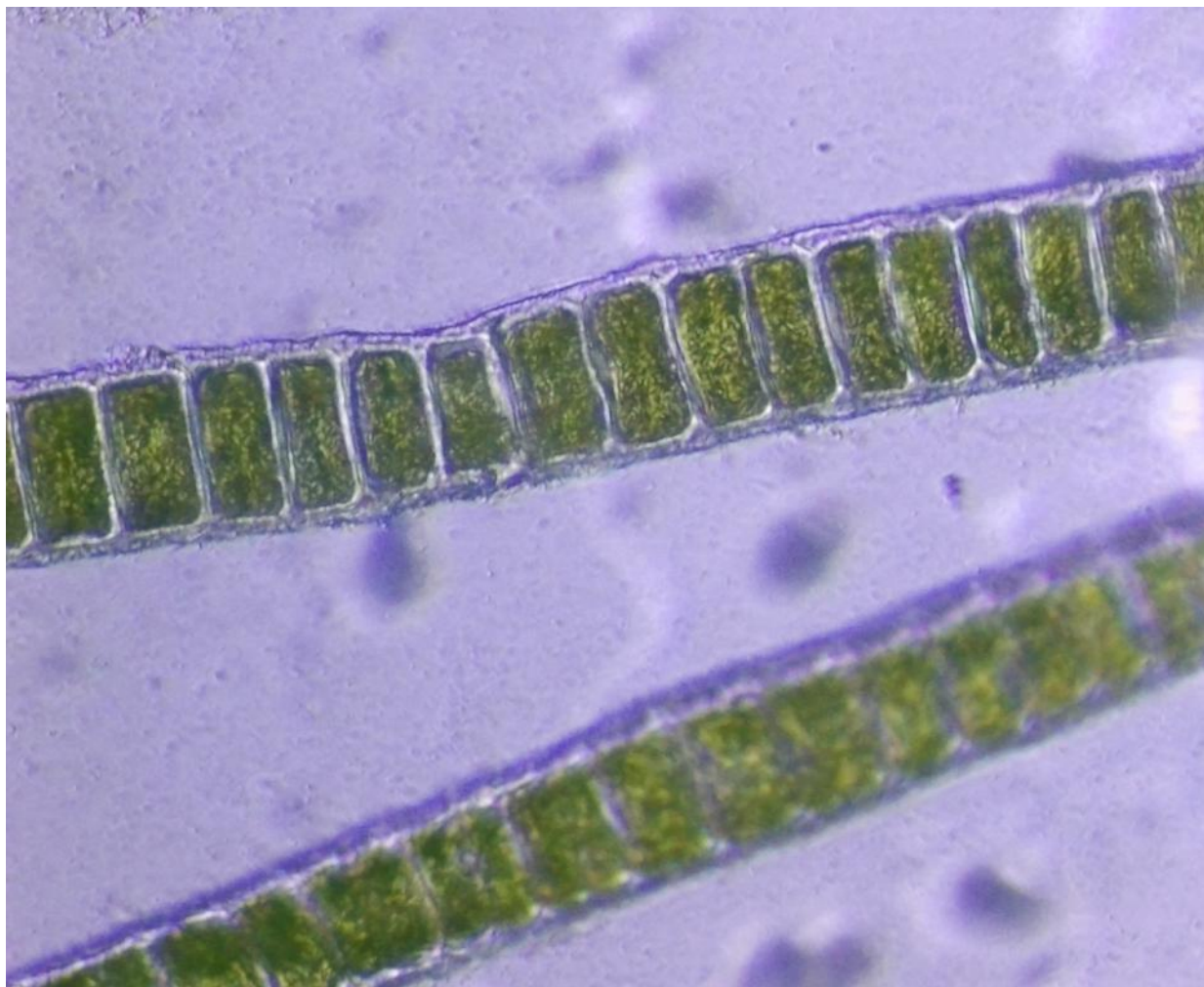


Рис. 7. Фото нитчатой водоросли рода улотрикс (*Ulothrix*) под микроскопом, сделанное в экспедиции.

Водоросль рода спирогира (*Spirogyra*) встретилась лишь однажды в с. Бол. Голоустное, где она присутствовала в двух пробах из трёх. Однако, эти два поднятых экземпляра, были оторваны от субстрата и было не понятно, с какой глубины её выбросило на берег. Скорее всего, местообитание данной водоросли сосредоточено на большей глубине, а приурезовые участки прибрежных вод заселены водорослями рода улотрикс (*Ulothrix*).

## Заключение

В ходе написания работы нами была изучена информация о физико-географических особенностях экосистемы озера Байкал, в которой ключевая роль принадлежит чистой байкальской воде. Редкая чистота этой воды обеспечивается как жизнедеятельностью растений и животных озера, так и особенностями его геологического строения и гидрологии. Исключительность многих физико-географических особенностей озера Байкал явилась причиной необычайного разнообразия его растительного и животного мира. И в этом отношении ему нет равного среди пресных водоёмов мира.

Количественное определение гидрохимических показателей в пробах воды, было проведено нами с использованием иономера «рХ-150МИ», фотоколориметра «Экотест-2020 К» и комплекта цифровых датчиков из набора «Экологический патруль». Для отбора почвенных проб по методу Качинского использовался специализированный набор цилиндров-буров. Альгологические исследования на маршруте проводились с использованием оптического микроскопа Микромед С13.

Выполненные исследования подтвердили вывод, сделанный в ходе прошлых экспедиций – имеющаяся организация туристских маршрутов в исследуемом районе Прибайкальского национального парка, позволяет значительно снизить рекреационную нагрузку на ландшафты парка. Самый посещаемый туристский маршрут Бол. Голоустное – Бол. Коты – Листвянка построен таким образом, что на большей его части негативное рекреационное воздействие зафиксировано только на самой тропе. Плотность почвы рядом с тропой не превышает фоновых значений.

Более сложная ситуация обстоит с местами обустроенных и необустроенных туристских стоянок, перемещение в пределах которых более хаотическое. Очевидно, что организация обустроенных туристских стоянок в удобных местах и в необходимом количестве, поможет свести к минимуму стихийно организуемые места стоянок отдыхающими.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют, что при правильном оснащении маршрутов рекреационное влияние на природные комплексы парка значительно снижается.

Что касается проведенных электрохимических и фотоколориметрических исследований на маршруте экспедиции, то следует отметить, что нами отмечается увеличение количества азотосодержащих веществ и минерализации в прибрежных водах Байкала, малых реках и ручьях тех мест, где их экосистемы испытывают повышенную антропогенную нагрузку. Отмечается совпадение подобных мест и повышенных значений окислительно-восстановительного потенциала водных проб, отобранных там же.

Определение качества воды в исследуемых водоемах методом биоиндикации с помощью расчета индекса Вудивисса полностью себя

оправдывает и в достаточной степени отражает неблагоприятную ситуацию, сложившуюся с загрязнением Байкала в черте населенных пунктов на его берегах.

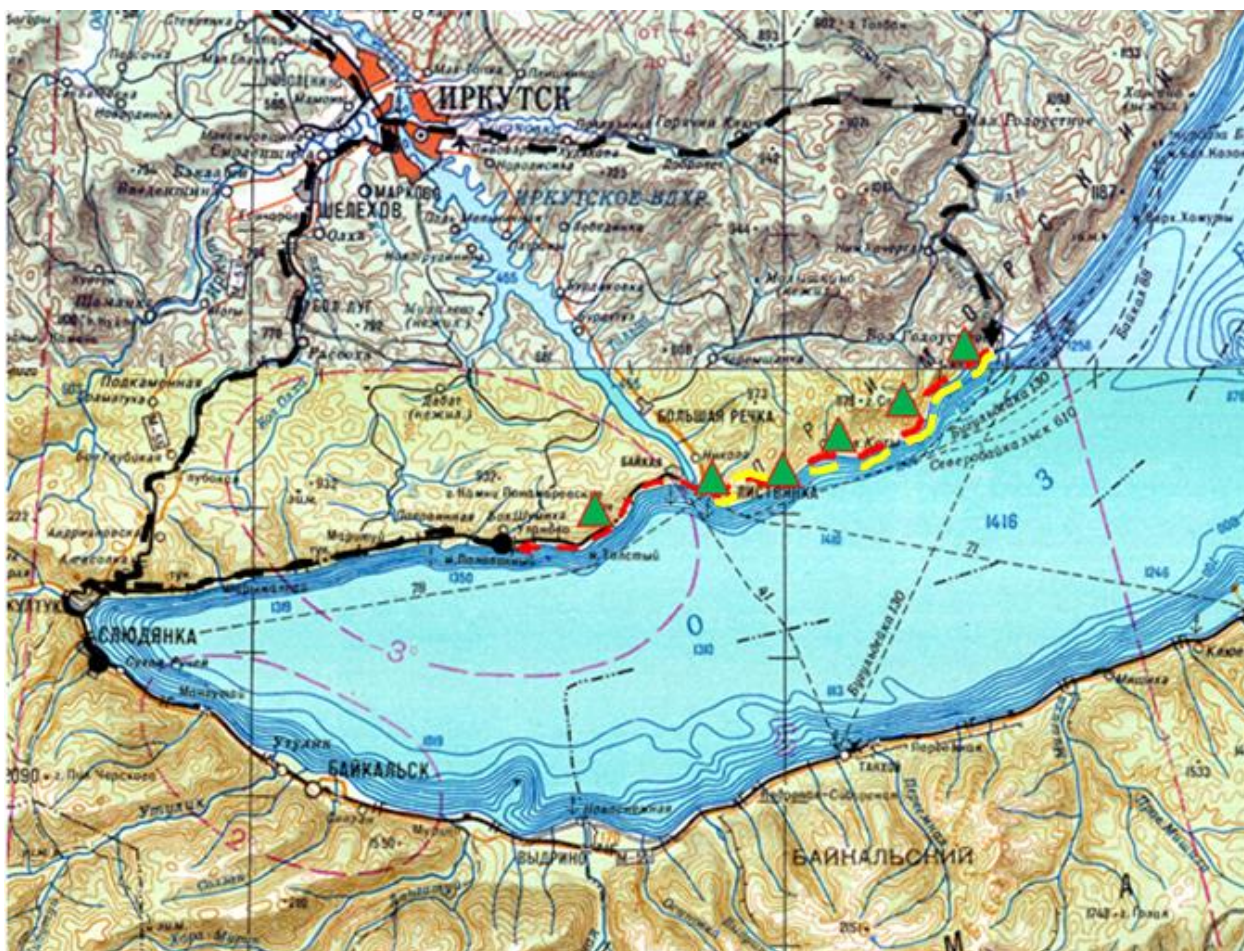
Среди нитчатых водорослей, в приурезовых участках прибрежных вод, доминируют представители рода улотрикс (*Ulothrix*). Водоросли рода спиругира (*Spirogyra*) занимают более глубокие места и представлены не так широко.

Полученные результаты исследования имеют как практическую, так и теоретическую значимость. Выявленные в ходе полевых и камеральных исследований результаты, отправлены в ФГБУ «Объединенная дирекция государственного природного заповедника «Байкало-Ленский» и Прибайкальского национального парка». Мы надеемся, что полученные данные помогут в разработке научно-обоснованных принципов и методов ведения рекреационного хозяйства на участках Прибайкальского национального парка, подвергающихся интенсивному антропогенному воздействию. Кроме того, наши исследования могут стать частью постоянного мониторинга за экосистемой озера Байкал.

## Список использованной литературы

1. Байкал: атлас. – М.: СО РАН, 1993. – 160 с.
2. Байкаловедение: учеб. пособие / Н. С. Беркин, А. А. Макаров, О.Т. Русинек. – Иркутск: Изд-во Ирк. гос. ун-та, 2009. – 291 с.
3. Галазий Г.И. Байкал в вопросах и ответах. Иркутск: Восточно-Сибирское книжное изд-во, 1987. – 380 с.
4. Геоинформационное обеспечение мониторинга поверхностного слоя вод озера Байкал: [Электронный ресурс.] URL: <http://www.docme.ru/doc/236000/geoinformacionnoe-obespechenie-monitoringa-poverhnostnogo-...>
5. Георгиев А.Ф., Корчагин З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
6. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2013 году»: [Электронный ресурс.] URL: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=136600>
7. Грачев, М.А. О современном состоянии экологической системы озера Байкал / М.А. Грачев, В.М. Домышева, Т.В. Ходжер и др. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 154 с.
8. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. 3-е изд., доп. и перераб. – СПб.: «Крисмас+», 2012. – 220 с.
9. Определение показателей загрязнения вод: [Электронный ресурс.] URL: <http://www.geol.irk.ru/baikal/baikal/water/anno/pokaz.htm>
10. Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки/А.Г. Муравьев, В.В. Данилова, Н.А. Осадчая [и др.]/под ред. к.х.н. А.Г. Муравьева – СПб.: «Крисмас+», 2012. – 264 с.

### Обзорная карта района экспедиции



Масштаб 1:1000000

Условные обозначения:

Подъезд, выезд с маршрута 

Линия основного маршрута с ночлегами 

Линия запасного маршрута с ночлегами 