

Современное эколого-геохимическое состояние малых притоков озера Байкал (на примере поселка Листвянка)

М. С. Костюкова ✉

Институт географии им. В. Б. Сочавы
Сибирского отделения Российской академии наук, Российская Федерация
(664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1)

Аннотация. Цель исследования – дать современную эколого-геохимическую оценку состояния малых водотоков п. Листвянка и прибрежных вод озера Байкал.

Материалы и методы. Во второй декаде октября в период с 2015 по 2020 годы для оценки современного эколого-геохимического состояния был осуществлён отбор проб из малых притоков поселка Листвянка (реки Крестовка и ручьев Каменушка, Сеннушка, Банный, Малая и Большая Черемшанка), а также из прибрежных вод озера Байкал. В образцах определялись следующие показатели: рН, концентрации растворенного кислорода, содержание нефтепродуктов, нитритов, нитратов, ионов аммония и фосфат-ионов.

Результаты и обсуждение. Реакция среды рассмотренных водных объектов преимущественно щелочная, воды пресные, относятся к гидрокарбонатно-кальциевым. В отдельные годы отмечается рост доли сульфатов и хлорид-ионов. Было проведено сравнение современных данных о содержании анионов и катионов в прибрежных водах озера с данными за 1957 год, установлено, что в настоящее время выросла доля сульфат-ионов. Содержание растворенного кислорода в пробах воды соответствует санитарным нормам. Нефтепродукты определены на уровне ниже ПДК. Прослеживается тенденция, согласно которой концентрации нефтепродуктов в прибрежной части озера выше, чем в его малых притоках. Выявлено превышение ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения по содержанию нитрит-ионов в водах малых притоков Байкала и в прибрежной части самого озера.

Выводы. В целом качество вод рассматриваемых малых притоков, протекающих по территории поселка Листвянка, а также прибрежных вод озера Байкал, соответствует установленным санитарным нормам.

Ключевые слова: озеро Байкал, поселок Листвянка, малые притоки, экологическая оценка, природные воды.

Для цитирования: Костюкова М. С. Современное эколого-геохимическое состояние малых притоков озера Байкал (на примере поселка Листвянка) // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2022, № 4, с. 118-125. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2022/4/118-125>

ВВЕДЕНИЕ

Оценка состояния малых притоков является актуальной и значимой, так как притоки играют природообразующую и экологическую роль в формировании гидрологического и гидрохимического режимов более крупных рек и озер. В естественных условиях, без влияния человеческой деятельности, формирование элементного состава вод обусловлено совокупностью физических, химических и биологических процессов, происходящих как на территории водосбора, так и в самом водоеме [1]. Антропогенные факторы в последнее

время становятся сопоставимыми с природными, вклад в состояние природных вод вносят мелиорация, агрокомплексы, а также сброс сточных вод промышленного и хозяйственно-бытового типа.

Озеро Байкал и прилегающие к нему территории, благодаря своей уникальности, в 1996 году были включены в Список участков мирового природного наследия ЮНЕСКО, а в 1999 году был принят закон Российской Федерации «Об охране озера Байкал». К одной из острых экологических проблем Прибайкалья относится загрязнение поверхностных вод. Основными источниками

© Костюкова М. С., 2022

✉ Костюкова Мария Сергеевна, e-mail: m_s_yanchuk@mail.ru



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

поступления загрязнителей на территорию озера Байкал являются расположенные близ него промышленные предприятия, местные поселения, а также воздушные массы, поступающие с территории Иркутско-Черемховского и Южнобайкальского промышленных узлов. Увеличивающаяся с каждым годом интенсивность человеческого воздействия на экологические системы Прибайкалья является угрозой для озера и окружающей его природы. Негативному антропогенному воздействию подвержены также малые притоки озера, расположенные в падах поселка Листвянка, испытывающие нагрузку от жилых домов, гостиниц, расположенных вблизи них.

Изучение геоэкологического состояния притоков Байкала как и самого озера является актуальной, данной теме посвящено большое количество научных исследований [2, 7, 8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оценка геоэкологического состояния рассматриваемых малых притоков выполнена на основе результатов, полученных за октябрь 2015-2020 годов. Для отбора воды были использованы два вида емкостей: из полимерного материала и сте-

клянная объемом 1-1,5 литра. Для определения растворенного в воде кислорода использовались специальные кислородные склянки объемом 130 мл [9]. Требования к отбору проб соответствовали ГОСТ 31861-2021. Химические анализы отобранных образцов были проведены в лаборатории геохимии ландшафтов и географии почв Института Географии им. В.Б. Сочавы СО РАН.

Были исследованы следующие водные объекты, протекающие по территории поселка Листвянка и впадающие в озеро Байкал: река Крестовка и несколько ручьев – Каменушка, Сеннушка, Банный, Малая и Большая Черемшанка (рис. 1). По берегам данных водотоков проживает значительная часть населения поселка Листвянка, вблизи них также построены различные рекреационные объекты (гостиничные дома, гостиницы). Большинство построек в поселке не оснащены центральной системой водоотведения и используют стационарные негерметичные септики, в результате чего хозяйственно-бытовые сточные воды попадают в грунтовые воды и с поверхностным стоком попадают в малые притоки поселка, а вместе с ними – в прибрежную зону Байкала.



Условные обозначения

Л1– точка отбора проб

Каменушка – название малого притока

Рис. 1. Карта-схема отбора проб
[Fig. 1. Map-scheme of sampling]

Для оценки качества воды существует определенный ряд параметров, по которым определяется степень загрязненности поверхностных вод. Химический анализ проб выполнялся по стандартным гостированным методикам [9]. В образцах поверх-

ностной воды определялись: водородный показатель (рН); основные ионы минерализации (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^-); концентрации растворенного кислорода; содержание нефтепродуктов; содержание азотсодержащих веществ и фосфат-ионов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Водородный показатель. В водах проанализированных ручьев и реки водородный показатель зафиксирован в пределах 7,7-8,1 единиц. Реакция в большинстве образцов соответствует санитарно-гигиеническим нормативам (6,5-8,5 единиц рН) и преимущественно является щелочной.

Минерализация и ионный состав. В результате анализа гидрохимических показателей полученных в ходе исследований, было определено, что согласно ГОСТ 17403 – 72, воды ручьев относятся к пресным. Так, сумма ионов в ручье Каменушка (Л2) достигает 180 мг/дм³, в Сеннушке (Л4) изменяется в диапазоне от 142 до 195 мг/дм³, в Банном (Л6) – данный показатель достигал 105-126 мг/дм³.

Преобладающим ионом, в водах рассматриваемых ручьев, является HCO_3^- на его долю приходится 75-96 % экв. На кальций приходится 53-65 % экв. В пробах воды, отобранных осенью 2018 года, зафиксировано увеличение доли хлоридов до 3,8 % экв. по сравнению с данными, полученными в другие годы осенних исследований и составляющими от 0,1 до 0,8 % экв.

Река Крестовая (Л8-Л11) протекает в 3 км к северо-востоку от истока Ангары. Протяженность реки составляет 20 км. Пробы воды Крестовки отбирались выше населенного пункта, на территории поселка (на левом (Л8, Л9, Л10) и правом (Л11) берегах), а также на участке смешения воды реки с Байкалом.

В результате гидрохимического анализа было установлено, что в месте отбора проб реки на левом берегу (Л8, Л9, Л10) в основном русле вблизи жилых построек сумма ионов изменяется в пределах 68-160 мг/дм³. В точке отбора образцов, расположенной на удалении от жилой зоны, сумма ионов не превышает 62-66 мг/дм³. По величине минерализации река Крестовка относится к пресным рекам, что согласуется с показателями К. К. Вотинцева и др. [4].

По типу воды Крестовки относятся к гидрокарбонатному классу группы кальция. На долю гидрокарбонатов и ионы кальция приходится от 63-99 % экв. и 52-65 % экв. соответственно. Значение сульфатов изменяется в пределах 5,7-32,2 % экв. Содержание хлоридов находится на низком уровне – 0,2-0,8 % экв. В среднем на калий приходится 3 % экв., на магний – 18 % экв. В точке отбора проб, расположенной вблизи поселений сумма ионов в воде за годы исследования изменялась в пределах 63-79 мг/дм³. Выше поселений сумма ионов значительно ниже 13-43 мг/дм³. Воды ручья в правом

русле также относятся к пресным и являются гидрокарбонатно-кальциевыми, на долю HCO_3^- приходится от 48 до 97 % экв., наибольшее содержание отмечается в зимние месяцы.

К востоку от реки Крестовки в озеро Байкал впадает ручей Малая Черемшанка (Л13-Л14), в 800 м далее на восток – ручей Большая Черемшанка (Л16-Л17). Оба ручья протекают по широкому, местами заболоченным распадкам, покрытым лесным массивом. Протяженность ручьев не превышает 6 км [5].

Воды ручья Малая Черемшанка (Л13-Л14) относятся к пресным, сумма ионов осенью 2015 г. составляла 241-254 мг/дм³, в последующие годы исследований значения снизились до 97-100 мг/дм³. Вблизи жилых застроек сумма варьировала в диапазоне 97-146 мг/дм³.

В ходе анализа полученных данных за исследуемый период было установлено, что воды ручья Малая Черемшанка относятся к первому типу гидрокарбонатных вод группы кальция. На долю преобладающего иона (HCO_3^-) в среднем приходится 83 % экв., на Ca_2^+ – 54 % экв. В пробах осени 2018 года также выявлен рост доли Cl^- ионов (4,8-7,6 % экв.).

Анализ гидрохимических данных образцов ручья Большая Черемшанка показал, что воды пресные. В пробах воды, отобранных вблизи от жилых построек, сумма ионов определена на уровне 133-182 мг/дм³, за постройками – 121-164 мг/дм³.

Ручей Большая Черемшанка относится к классу вод гидрокарбонатно-кальциевым, в среднем на долю HCO_3^- и Ca_2^+ приходится соответственно 85 и 62 % экв. Сумма натрия и калия составляет 8-13 % экв.

В пробах воды озера Байкал на участке смешения речной воды с его подпорными водами, сумма ионов в осенний период варьировала в диапазоне 90-126 мг/дм³. Минимальные концентрации ионов отмечены в пробе воды Байкала, в прибрежной зоне пади Крестовой (Л7) – колебания составили от 49 до 98 мг/дм³. Сумма ионов в воде озера возле мыса Лиственичного (Л18), на отдалении от жилой зоны, составляет от 93 до 100 мг/дм³. Воды озера пресные, относятся к гидрокарбонатно-кальциевым, на HCO_3^- приходится 87-93 % экв., доля кальция составляет 59-64 % экв. На сульфат-ионы в водах озера приходится от 5 до 14 % экв., на хлориды, в среднем – 1,9-2,7 % экв.

Рост доли хлоридов отмечается, во всех образцах воды осени 2018-2019 годах, в 2020 году содержание снизилось и достигало, в среднем 0,03-0,05 мг/дм³.

Для оценки состояния Байкала было проведено сравнение полученных результатов с данными предельно допустимых концентраций (ПДК) для вод озера согласно документу «Нормы допустимых воздействий на экологическую систему озера Байкал (на период 1987-1995 годы). Основные требования». Было установлено, что концентрации сульфатов в большинстве проб озерной воды определены на уровне ниже ПДК (10 мг/дм³). Исключение – воды озера, отобранные напротив: 1) пади Банной в 2019 и 2020 годы, тогда концентрации SO₄²⁻ составляли 12 и 20 мг/дм³, соответственно; 2) пади Крестовой – 17,5 мг/дм³ (2017 год), 16,2 мг/дм³ (2018 год), 12,5 мг/дм³ (2019 год), 13,05 мг/дм³ (2020 год); 3) падей Большая и Малая Черемшанка осенью 2020 года – 11,6 и 15 мг/дм³ со-

ответственно; 4) у мыса Лиственичного – 12 мг/дм³ (2019 год) и 11,6 мг/дм³ (2020 год). Вероятно, сульфаты попадают в прибрежные воды из-за хозяйственной деятельности в водосборной части бассейна Байкала.

В ходе исследования установлено, что концентрации хлоридов в воде озера ниже ПДК (30 мг/дм³) [6].

Согласно проведенным исследованиям озера Байкал в период с 1948 по 1957 годы [3], в водах отобранных вблизи Листвянки, концентрации гидрокарбонатов определялись на схожем уровне с данным исследованием: 64-72 мг/дм³ (рис. 2). Доля сульфат-иона в настоящее время выросла по сравнению с данными за прошлый век, когда содержание сульфатов варьировало от 4,9 до 6,1 мг/дм³, хлорид-ионы в целом определены в том же количестве.

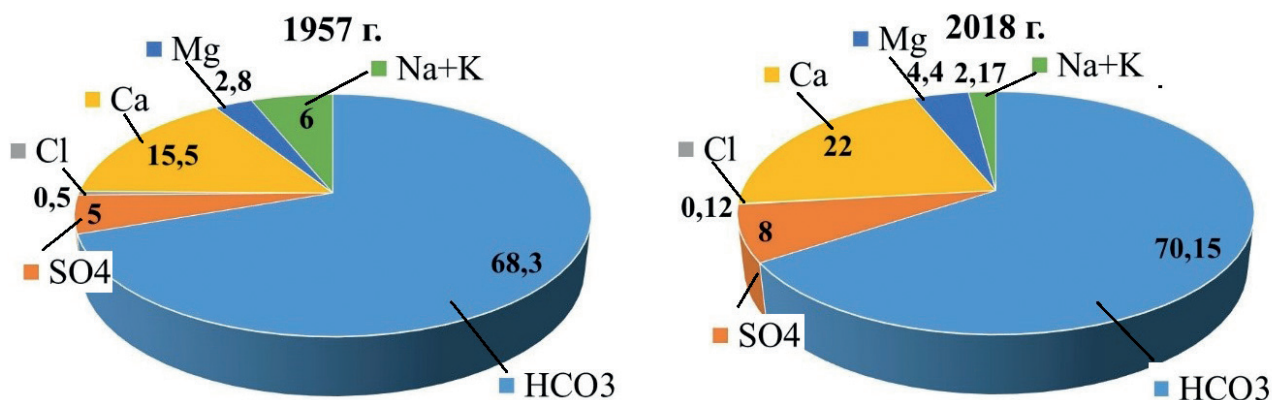


Рис.2. Содержание основных анионов и катионов в прибрежной воде озера Байкал в 1957 и 2018 годы [Fig. 2. The content of basic anions and cations in the coastal water of the Baikal Lake in 1957 and 2018]

Растворенный кислород. В воде ручьёв Каменушка и Сеннушка содержание растворенного кислорода варьирует в пределах 11-28 мг/дм³, в Банном – 30 мг/дм³, в реке Крестовой, а также в ручье Малая Черемшанка значения показателя изменяются в диапазоне 9-12 мг/дм³, в ручье Большая Черемшанка значения выше – от 9 до 18 мг/дм³. Установлено, что в местах отбора проб вне жилых построек содержание растворенного кислорода больше. Согласно установленным санитарным нормам содержание растворенного кислорода в пробе воды не должно быть ниже 4 мг/дм³ (в соответствии с РД 52.24.419-2005).

Нефтепродукты. В большинстве проанализированных проб воды, взятых из водотоков на территории поселка Листвянка и в прибрежной части озера Байкал, содержание нефтепродуктов не превышают установленные санитарно-гигиенические нормы для водоемов рыбохозяйственного пользования (0,05 мг/дм³; приказ от 13.12.2016

№ 552) и объектов хозяйственно-питьевого назначения (0,3 мг/дм³; ГН 2.1.5.1315-03). Максимальные содержания нефтепродуктов, с многократным превышением ПДК, были установлены в ручье Банном (Л6) и в прибрежной части озера, напротив пади Банной (Л15) осенью 2017 года, концентрации составляли 12,4 и 10,6 мг/дм³. Вероятно, это связано с загрязнением ручья бытовыми сточными водами, которые по его долине были вынесены в Байкал. Осенью 2018 года и в следующие годы исследования в данных точках отбора воды содержание рассматриваемого загрязнителя не превышало санитарные нормы.

Содержание нефтепродуктов в водах ручьев Каменушка, Сеннушка, Малая и Большая Черемшанка и реке Крестовой в осенний период варьируют в пределах 0,002-0,012 мг/дм³, в озере – 0,002-0,01 мг/дм³. Концентрации нефтепродуктов в Байкале напротив пади Каменушка (Л11) в 2019 году составляли 0,027 мг/дм³, в следующем году

значения снизились до 0,001 мг/дм³. Вероятно, увеличение в 2019 году связано с распадом растений.

В целом прослеживается тенденция, согласно которой концентрации нефтепродуктов в прибрежной части озера выше, чем в его малых притоках.

Азотсодержащие вещества и фосфат-ионы.

Был произведен анализ проб воды на содержание аммония, нитритов, нитратов и фосфатов, полученные данные сравнивались с санитарно-гигиеническими нормами для водоемов рыбохозяйственного и культурно-бытового назначения (табл. 1). Данные элементы присутствуют в природных водах и обеспечивают питание водной биоты, следствием отсутствия в воде биогенных соединений является прекращение роста и развития водной растительности. При переизбытке азотсодержащих веществ происходит эвтрофикация водного объекта, что приводит к изменению естественных биогеоценозов, нарушению циклов углерода и, как следствие, ведет к ухудшению качества воды. Основными антропогенными источниками биогенных веществ являются хозяйственно-бытовые стоки, поверхностный сток

с территории населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий и животноводческих ферм. В природные водоемы биогенные элементы поступают в результате процессов жизнедеятельности и посмертного распада водных организмов, вместе с атмосферными выпадениями [10].

Выявлено превышение ПДК рыбохозяйственного (табл. 1) по содержанию нитритов в воде ручья Сеннушка (Л14) (в 2,47 раз) и в реке Крестовой (Л19) (в 1,82 раза) осенью 2019 года. В 2020 году концентрации NO₂⁻ в данных малых притоках снизились и не превышали санитарно-гигиенические нормативы, установленные для водоемов как рыбохозяйственного, так и культурно-бытового назначения. За осенний период 2015-2020 годов в других водных объектах поселка Листвянка не выявлено превышений ПДК как по содержанию NO₃⁻, NH₄⁺, так и PO₄³⁻. Нитриты представляют собой промежуточный продукт биологического окисления аммония до нитратов. Отсутствие в воде аммония и в то же время наличие нитритов свидетельствуют о том, что загрязнение водоема произошло давно, и вода подверглась самоочищению.

Таблица 1

Предельно допустимые концентрации азотсодержащих веществ и фосфатов для водоемов различного назначения, мг/дм³
 [Table 1. Maximum permissible concentrations of nitrogen-containing substances and phosphates for reservoirs of various purposes, mg/dm³]

| Вещество / Substance | Класс опасности / Hazard class | ПДК рыбохозяйственное* / Maximum permissible concentrations in fishery reservoirs* | ПДК культурно-бытовое** / Maximum permissible concentrations in the reservoirs of cultural and domestic** |
|-------------------------------|--------------------------------|--|---|
| NH ₄ ⁺ | 4 | 0,5;2,9* при 13-34+ | - |
| NO ₂ ⁻ | 4э | 0,08 | 3 |
| NO ₃ ⁻ | 4э\3 | 40 | 45 |
| PO ₄ ³⁻ | 3 | 0,2 | 3,5 |

Примечание: * – Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 года N 552;

** – ГН 2.1.5.1315-03; «-» - данные отсутствуют.

* – Order of Ministry of Agriculture of the Russian Federation No. 552 of December 13, 2016;

** – GN 2.1.5.1315-03; «-» - no data available.

В прибрежных водах озера Байкал повышенные концентрации нитритов отмечены осенью 2018 года в месте смешения с водами ручья Малая Черемшанка (Л12) (превышение ПДК рыбохозяйственного в 1,27 раза). Наибольшее количество проб Байкальской воды с превышением ПДК рыбохозяйственного от 1,41 до 3,16 раза было зафиксировано осенью 2019 года напротив падей Крестовая (Л17), Большая Черемшанка (Л15) и вблизи мыса Лиственичного (Л18). Такое пространствен-

ное распределение нитритов свидетельствует о загрязнении прибрежных вод, вероятнее всего, хозяйственно-бытовыми стоками, которые с водами ручьев и рек Листвянки выносятся в озеро.

Фосфат-ионы в большинстве проб не были обнаружены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа содержания основных анионов и катионов установлено, что качество вод рас-

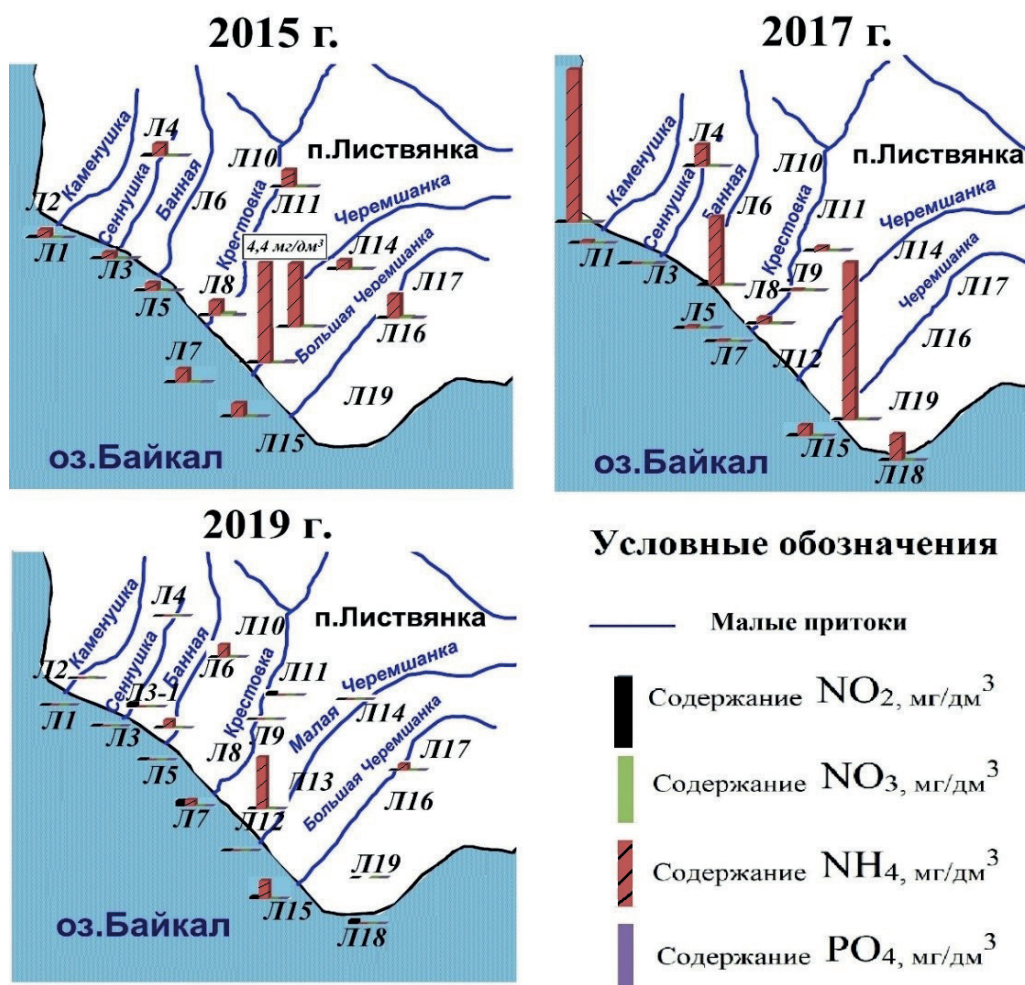


Рис. 3. Азотсодержащие вещества и фосфат-ионы в малых притоках поселка Листвянка и озера Байкал в прибрежной части, мг/дм³, осень 2015-2019 годов [Fig. 3. Nitrogen-containing substances and phosphate ions in small tributaries of the Listvyanka village and the Baikal Lake in the coastal part, mg/dm³, autumn 2015-2019]

сма триваемых малых притоков, протекающих по территории поселка Листвянка, а также прибрежных вод озера Байкал, соответствует установленным нормам предельно допустимых концентраций для водоемов рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначений. В отдельные годы отмечаются повышение концентрации хлоридов и сульфатов как в малых притоках озера, так и в прибрежных водах. Вероятно, это является следствием хозяйственной деятельности в водосборной части бассейна Байкала. Так, увеличение концентраций хлорид-ионов возможно связано с мероприятиями, по обеззараживанию выгребных ям, проводимых местным населением, вследствие этого Cl поступает в грунтовые воды, а с поверхностным стоком и в исследуемые реку и ручьи, а также в озеро Байкал.

Осенью 2019 года отмечается повышенное содержание нитрит-ионов в водах ручья Сеннушка и реке Крестовой, а также в прибрежных водах Бай-

кала в месте смешения озерных вод с водами рек Крестовая, ручья Большая Черемшанка и вблизи мыса Лиственничного, при этом концентрации нитратов и аммония минимальны или не установлены. Нитрит-ионы вероятнее всего поступают в воды Байкала вместе с хозяйственно-бытовыми стоками, от жилых объектов, расположенных в падах; их наличие может свидетельствовать о давнем загрязнении водных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алекин О. А. *Основы гидрохимии*. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1953. 295 с.
2. Воробьева И. Б., Власова Н. В. Качество поверхностных и подземных вод населенных пунктов юго-западного побережья озера Байкал // *Природа внутренней Азии*, 2018, № 3 (8), с.38-50. DOI:10.18101/2542-0623-2018-3-38-50
3. Вотинцев К. К. *Гидрохимия озера Байкал*. Москва: Издательство Академия наук СССР, 1961. 312 с

4. Вотивцев К. К., Глазунов И. В., Толмачева А. П. *Гидрохимия рек бассейна озера Байкал*. Москва: Наука, 1965. 494 с.

5. *Генеральный план Листвянского муниципально-го образования Иркутского района*. – URL: <http://listvadm.ru/genplan> (дата обращения: 10.09.2021). – Текст: электронный.

6. *Нормы допустимых воздействий на экологическую систему озера Байкал (на период с 1987-1995 гг.). Основные требования*, 1987.

7. Определение элементного состава бентосных макроводорослей для индикации качества воды мелководной зоны залива Лиственничный (Южный Байкал) / Н. Н. Куликова, Е. П. Чебыкин, Е. А. Волкова и др. // *Международный научно-исследовательский журнал*, 2017, № 12 (66), с. 166-176.

8. Оценка качества водных ресурсов в прибрежной части оз. Байкал и источники их загрязнения / Т. Е. Афонина, Т. М. Коломина, Е. А. Пономаренко, А. А. Слаута // *Вестник ИргТУ*, 2015, № 6, с. 37.

9. *Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Часть 1* / под ред. Л. В. Боевой. Ростов-на-Дону: Издательство НОК, 2009. 1045 с.

10. The seasonality of phosphorus transfers from land to water: Implications for trophic impacts and policy evaluation / P. Jordan, A. R. Melland, P. E. Mellander et al. // *Sci. Total Environ.*, 2012, 434, pp. 101-109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.12.070>

Конфликт интересов: Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 01.04.2022

Принята к публикации 30.11.2022

UDC 502/504

ISSN 1609-0683

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2022/4/118-125>

The Current Ecological and Geochemical State of the Small Tributaries of the Baikal Lake (the Listvyanka Village is an Example)

M. S. Kostyukova ✉

*V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Russian Federation
(664033, Irkutsk, Ulan-Batorskaya str., 1)*

Abstract: The purpose of the study is to give a modern ecological and geochemical assessment of the state of small watercourses of Listvyanka and the coastal waters of the lake Baikal.

Materials and methods. In the second decade of October, in the period from 2015 to 2020, to assess the current ecological and geochemical state, samples were taken from small tributaries of the Listvyanka, as well as from the coastal waters of the lake Baikal. The following parameters were determined in the samples: pH, dissolved oxygen concentrations, the content of petroleum products, nitrites, nitrates, ammonium ions and phosphate ions.

Results and discussions. The reaction of the medium of the considered water bodies is predominantly alkaline, fresh water, refers to bicarbonate-calcium. In some years, there has been an increase in the proportion of sulfates and chloride ions. The comparison of modern data on the content of anions and cations in the coastal waters of the lake with data for 1957 was carried out, it was found that the proportion of sulfate ions has now increased. The content of dissolved oxygen in water samples complies with sanitary standards. Petroleum products are defined at a level below sanitary standards. There is a tendency according to which the concentration of petroleum products in the coastal part of the lake is higher than in its small tributaries. The excess of sanitary standards for fisheries reservoirs in terms of the content of nitrite ions in the waters of small tributaries of lake Baikal and in the coastal part of the lake itself was revealed.

Conclusions. In general, the quality of the waters of the considered small tributaries flowing through the territory of Listvyanka, as well as the coastal waters of the lake Baikal, complies with established sanitary standards.

Key words: Lake Baikal, Listvyanka village, small tributaries, environmental assessment, natural waters.

© Kostyukova M. S., 2022

✉ Maria S. Kostyukova, e-mail: m_s_yanchuk@mail.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

For citation: Kostyukova M. S. The Current Ecological and Geochemical State of the Small Tributaries of Lake Baikal (on the Example of the Village of Listvyanka). *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografya. Geoekologiya*, 2022, no. 4, pp. 118-125 (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2022/4/118-125>

REFERENCES

1. Alekin O. A. *Osnovy gidrokhimii* [Fundamentals of hydrochemistry]. Leningrad: Gidrometoizdat, 1953. 295 p. (In Russ.)
 2. Vorob'eva I. B., Vlasova N. V. Kachestvo poverkhnostnykh i podzemnykh vod naselennykh punktov yugo-zapadnogo poberezh'ya ozera Baykal [Quality of surface and underground waters of settlements on the south-western coast of Lake Baikal]. *Priroda vnutrenney Azii*, 2018, no. 3 (8), pp. 38-50. (In Russ.) DOI:10.18101/2542-0623-2018-3-38-50
 3. Votintsev K. K. *Gidrokhimiya ozera Baykal* [Hydrochemistry of Lake Baikal]. Moscow: Izdatel'stvo Akademiya nauk SSSR, 1961. 312 p. (In Russ.)
 4. Votintsev K. K., Glazunov I. V., Tolmacheva A. P. *Gidrokhimiya rek basseyna ozera Baykal* [Hydrochemistry of the rivers of the Lake Baikal basin]. Moscow: Nauka, 1965. 494 p. (In Russ.)
 5. *The general plan of the Listvyansky municipal formation of the Irkutsk region*. – URL: <http://listv-adm.ru/genplan> (accessed 10.09.2021). – Text: electronic (In Russ.)
 6. *Normy dopustimyykh vozdeystviy na ekologicheskuyu sistemu ozera Baykal (na period s 1987-1995gg.)*. *Osnovnye trebovaniya* [Norms of permissible impacts on the ecological system of Lake Baikal (for the period from 1987-1995). Basic requirements], 1987. (In Russ.)
 7. Opredelenie elementnogo sostava bentosnykh makrovodorosley dlya indikatsii kachestva vody melkovodnoy zony zaliva Listvennichnyy (Yuzhnyy Baykal) [Determination of the elemental composition of benthic macroalgae to indicate the water quality of the shallow zone of the Larch Bay (Southern Baikal)] / N. N. Kulikova, E. P. Chebykin, E. A. Volkova i dr. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 2017, no. 12 (66), pp. 166-176. (In Russ.)
 8. Otsenka kachestva vodnykh resursov v pribrezhnoy chasti oz. Baykal i istochniki ikh zagryazneniya [Assessment of the quality of water resources in the coastal part of the lake Baikal and the sources of their pollution] / T. E. Afonina, T. M. Kolomina, E. A. Ponomarenko, A. A. Slauta. *Vestnik IrGTU*, 2015, no. 6, pp. 37. (In Russ.)
 9. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu poverkhnostnykh vod sushi. Chast' 1* [Guidelines for the chemical analysis of land surface waters. Part 1] / pod red. L. V. Boevoy. Rostov-on-Don: Izdatel'stvo NOK, 2009. 1045 p. (In Russ.)
 10. The seasonality of phosphorus transfers from land to water: Implications for trophic impacts and policy evaluation / P. Jordan, A. R. Melland, P. E. Mellander et al. *Sci. Total Environ.*, 2012, 434, pp. 101-109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.12.070>
- Conflict of interests:** The author declares no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 01.04.2022

Accepted: 30.11.2022

Костюкова Мария Сергеевна
младший научный сотрудник Института географии им.
В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-4970-2655, e-mail: m_s_yanchuk@mail.ru

Maria S. Kostyukova
Junior Researcher at the Institute of Geography named after
V.B. Sochava of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-4970-2655, e-mail: m_s_yanchuk@mail.ru