



УДК 504.054 (282.256.341)

DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.32.128>

## **Оценка состояния снега и льда на юго-западном побережье озера Байкал (на примере Голоустненского поселения и примыкающей акватории озера) по данным химического анализа талой воды**

М. С. Янчук

*Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия*

**Аннотация.** Приведены результаты эколого-геохимического мониторинга состояния снежного покрова и льда, отобранных на территории Голоустненского муниципального образования, в состав которого входят с. Малое Голоустное, поселки Большое Голоустное и Нижний Кочергат. Исследования также были проведены на территории пос. Булунчук, в русле р. Голоустной и на акватории оз. Байкал на расстоянии 20–1000 м от берега в период 2016–2018 гг. Отбор проб был осуществлен в третьей декаде февраля – первой декаде марта, перед активным процессом снеготаяния. Представлены данные химического анализа снега и льда. Установлены основные источники загрязнения снегового покрова и льда на рассматриваемой территории. В пробах талой воды определены следующие показатели: рН, ионный состав, взвешенные вещества, нефтепродукты, тяжелые металлы. Было проведено сравнение полученных в ходе анализа данных с предельно допустимыми концентрациями и региональными фоновыми значениями по рассматриваемым показателям. Определено, что в снежном покрове и образцах льда содержание сульфатов и хлоридов соответствует санитарным нормам, установленным для водоемов рыбохозяйственного назначения, однако в пробах, отобранных вблизи населенных пунктов и на прибрежной части акватории Байкала, содержание данных веществ превышает региональные фоновые значения. В снежном покрове в окрестностях поселений Малое и Большое Голоустное, Булунчук, а также на акватории р. Голоустной и прибрежной акватории Байкала отмечены превышения ПДК по содержанию нефтепродуктов, марганца, меди, свинца и цинка.

**Ключевые слова:** мониторинг снежного покрова, химический состав, акватория Байкала, поллютанты.

**Для цитирования:** Янчук М. С. Оценка состояния снега и льда на юго-западном побережье озера Байкал (на примере Голоустненского поселения и примыкающей акватории озера) по данным химического анализа талой воды // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2020. Т. 32. С. 128–139. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.32.128>

### **Введение**

В последние годы юго-западное побережье оз. Байкал становится привлекательным местом для развития туристско-рекреационной деятельности и вместе с тем является одним из наиболее проблемных с точки зрения экологических требований и ограничений. Угрозу экологической безопасности Байкала и прилегающей к нему территории представляют как хозяйственная

деятельность расположенных вблизи и на побережье озера населенных пунктов, так и развитие туристической сферы. В связи с этим актуальными являются вопросы оценки уровня загрязненности самого озера и природных компонентов окружающей его территории.

На территории Прибайкалья, акватории оз. Байкал и его прибрежных частях комплексные научные исследования по оценке экологического состояния проводятся сотрудниками Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Института геохимии СО РАН, Лимнологического института СО РАН.

Эколого-геохимический мониторинг снежного покрова является одним из эффективных методов оценки состояния природных комплексов в холодный период года. Снеговой покров используется в качестве индикатора величины осаждения загрязнителей из атмосферного воздуха [Environmental impacts of urban ... , 2007; Influence of cement-lime industry ... , 2012; Siudek, Frankowski, Siepak, 2015; Interpretation of snow properties ... , 2009]. Благодаря способности снега накапливать химические вещества массовая доля загрязняющих веществ в талой снеговой воде выше, чем в атмосфере. Снего-съемка в сравнении с обычными замерами атмосферного воздуха дает большую представительность, так как снежный покров интегрально отражает приземные концентрации атмосферных примесей за период, равный времени его существования. Мониторинг состояния снежного покрова позволяет оценить уровень техногенной нагрузки на окружающую среду населенных пунктов и здоровье проживающего в них населения. Техногенные аномалии в снеге проявляются более контрастно, значительное количество загрязняющих веществ аккумулируются в нем, а затем поступают в почву и другие природные среды.

Цель работы заключалась в определении химического состава и оценке степени загрязненности снежного покрова и льда на территории юго-западного побережья оз. Байкал, в районе с. Малое Голоустное, поселков Большое Голоустное, Нижний Кочергат и Булунчук, а также на акватории оз. Байкал и р. Голоустной по данным геохимического анализа талой воды.

### **Объект исследования**

Район исследования находится на юго-западном побережье оз. Байкал (рис. 1). Рассматриваемые населенные пункты расположены в долине р. Голоустной, ее притоков и на побережье оз. Байкал.

В последние годы территория данного побережья развивается в туристско-рекреационном направлении, происходит застройка различных туристических объектов в прибрежной части оз. Байкал.

На указанной территории отсутствуют промышленные предприятия. Основными источниками загрязняющих веществ здесь являются выбросы местных котельных и автомобильного транспорта, сточные воды очистных сооружений жилищно-коммунального хозяйства. Также некоторое количество поллютантов поступает вместе с атмосферным переносом от Иркутско-Черемховского промышленного узла. Несмотря на удаленность данной агломерации, расположенной в долине р. Ангары, ее вклад в общий объем за-

грязнения атмосферы на территории Южного Байкала, где расположен район исследования, составляет около 10 % [Потемкин, Потемкина, Гусева, 2011]. При неблагоприятных метеорологических условиях могут наблюдаться локальные загрязнения от данного источника.

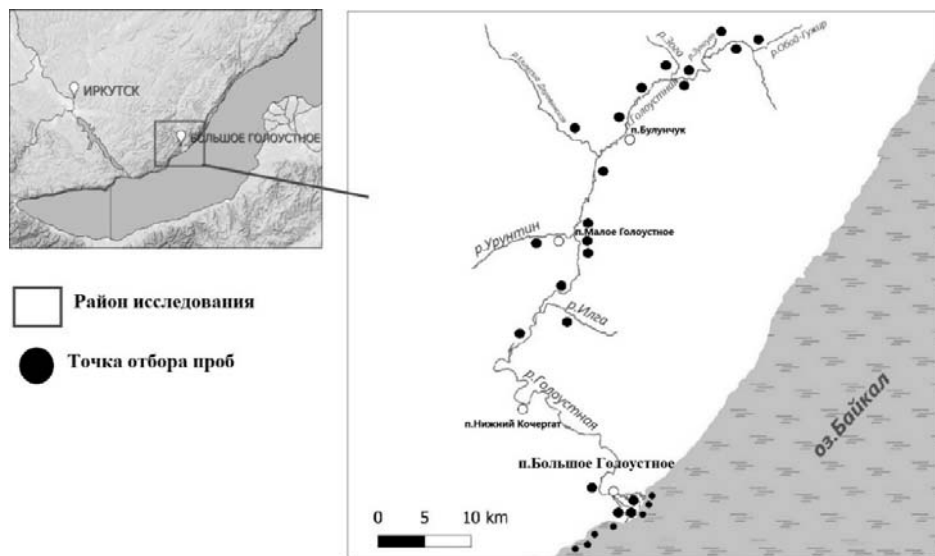


Рис. 1. Карта-схема отбора проб

В рельефе рассматриваемой территории присутствуют горы, плоские возвышенности с пологими водоразделами, пади, понижения. В геоморфологическом отношении район исследования представлен Приморским хребтом [Географический энциклопедический ... , 1989].

Климат на рассматриваемой территории резко континентальный. Средняя многолетняя годовая температура воздуха составляет  $-1,1$  °С. Зима длится с начала ноября по конец марта (145–150 дней). Характер распределения осадков связан с условиями атмосферной циркуляции и строением поверхности бассейна озера [Волошин, Андреев, Пронин, 2009]. Их выпадение в течение всего года связано преимущественно с прохождением западных циклонов. В зимний период мощные малоподвижные антициклоны обуславливают морозную малооблачную тихую погоду с небольшим количеством осадков. За холодный период (ноябрь – март) выпадает около 14 мм, что составляет 5,3 % годовой суммы осадков. Первый снежный покров появляется в среднем во второй декаде октября, дата образования устойчивого снежного покрова приходится на начало декабря.

Образование снежного покрова определяется высотой местности и экспозицией склонов. Высота снега на открытом месте, как правило, меньше и не превышает 25 см, в то время как в защищенном может достигать 30 см. В холодный период года преобладающее направление ветра – с суши на акваторию озера.

В годы исследования высота снежного покрова на территории поселений варьировалась в диапазоне 11–38 см, на акватории озера высота снега ниже – 6–23 см (рис. 2).

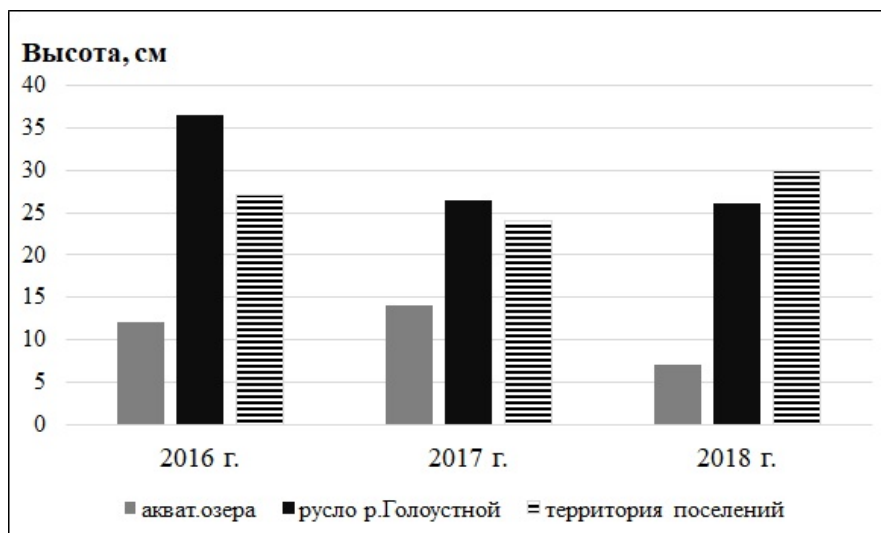


Рис. 2. Средняя высота снежного покрова в феврале-марте 2016–2018 гг., см

### Методы исследования

Снегосъемка и отбор проб льда проведены в третьей декаде февраля – первой декаде марта в 2016–2018 гг. Образцы отбирались в соответствии с установленными нормами ГОСТ 17.1.5.05-85, согласно розе ветров с учетом доминирующих направлений ветра.

Снег отбирался с помощью весового снегомера «ВС-43». В месте отбора пробы металлическую трубу прибора врезали на всю толщину снежного покрова до поверхности почвы, после чего ее вынимали из снега, поддерживая снизу специальной лопаткой. Отбор проб снега проводился на участках, которые визуально не подвергались антропогенному воздействию, в особенности на акватории оз. Байкал, а также в удалении от явных следов транспортных средств.

Образцы льда отбирались при помощи бура в прибрежной части оз. Байкал, испытывающей наибольшее антропогенное воздействие, и в русле р. Голоустной. Пробы отбирались на ровном участке льда, очищенном от снега.

Для оценки геоэкологического состояния снежного покрова и льда в талой воде образцов были установлены следующие показатели: кислотность талых вод (рН), содержание сульфат-, хлорид-ионов, нефтепродуктов, а также таких металлов, как Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Sr и Pb. Определение данных параметров было проведено в соответствии с гостированными методиками [Руководство по химическому ... , 2009].

Так как для оценки геоэкологического состояния снежного покрова и льда с анализом присутствующих в них загрязняющих веществ уровни кри-

тической нагрузки в настоящее время не разработаны, было использовано сравнение полученных результатов с установленными предельно допустимыми концентрациями (ПДК) вредных веществ для поверхностных вод рыбохозяйственного назначения<sup>1</sup>. Также было проведено сравнение полученных результатов с региональными фоновыми значениями для поверхностных вод [Геохимия окружающей среды ... , 2008; Грачев, 2001].

### Результаты и обсуждение

*Показатель рН.* В естественном состоянии реакция снега и льда слабощелочная, изменяющаяся в пределах 5,2–5,8 ед. [Василенко, Назаров, Фридман, 1985], под влиянием промышленных предприятий и котельных, выбрасывающих в атмосферу золу и сажу, происходит увеличение значений рН и в целом реакция среды становится слабощелочной или нейтральной. Таяние снега значительно сказывается на степени кислотности поверхностных вод и может вызвать ее снижение [Bell, 1971; Hagen, Langeland, 1973; Leivestad, Muniz, 1976].

Значения рН в рассмотренных пробах снега в 2016–2017 гг. варьировались в пределах 5,96–6,66 ед., что соответствует установленным санитарно-гигиеническим нормативам для водоемов (6,5–8,5 ед.)<sup>2</sup>. В образцах за 2018 г. значения данного параметра в снеге достигали 7,8 ед. (точка отбора – русло р. Голоустной, юго-восточнее пос. Большое Голоустное), при среднем значении 6,8 ед. Наименьший показатель рН зафиксирован в образцах, отобранных с акватории р. Голоустной севернее пос. Большое Голоустное, вдали от населенных пунктов и источников антропогенного воздействия. Во льду, отобранном с акватории оз. Байкал в прибрежной части, значения рН выше, чем в снежном покрове, и составляли в среднем 6,9 ед. Максимальные значения водородного показателя зафиксированы в точке отбора пробы льда в 2018 г. на русле р. Голоустной в окрестностях пос. Булунчук (8,6 ед.). Вероятно, повышение рН в некоторых точках отбора проб, расположенных вблизи населенных пунктов, обусловлено воздействием щелочных выбросов (зола местных котельных, твердые фракции сгоревшего топлива и т. д.).

*Взвешенные вещества.* Взвешенные вещества включают в себя пыль, золу, сажу, сульфаты и прочие твердые составляющие. Источниками поступления данных частиц могут быть процессы горения ископаемых и других видов топлива, неполное сгорание топлива на тепловых электростанциях, сдув пыли с асфальтовых покрытий и др. В отопительный сезон, в холодное время года, антропогенные выбросы потенциально токсичных веществ от сжигания угля значительно выше, чем в нетепловой сезон, что вызывает выраженный рост загрязнения атмосферного воздуха [Siudek, Falkowska, Urba, 2011].

Наличие взвешенных веществ в снежном покрове рассматриваемой территории связано с накоплением осажденных пыли, золы и сажи, посту-

<sup>1</sup> О рыбохозяйственных нормативах : приказ Госкомрыболовства РФ от 28.04.1999 № 96 // СПС «КонсультантПлюс».

<sup>2</sup> Там же.

пающих как с выбросами местных котельных селитебной зоны, так и, в меньшей степени, вместе с атмосферным переносом от промышленных узлов Иркутской области [Потемкин, Потемкина, Гусева, 2011], а также с выхлопами автотранспорта. Попадание загрязняющих веществ данного типа в снежный покров, а затем и в почву вызывает подщелачивание среды.

Содержание взвешенных частиц в талых водах рассматриваемых проб снега и льда варьируется в пределах 0,004–0,19 г/дм<sup>3</sup>. По сравнению с данными анализа за 2016 г. в 2018 г. отмечается увеличение содержания взвешенных веществ в рассматриваемых пробах снега и льда в несколько раз. Наибольшие концентрации определены в пробах снежного покрова, отобранного вблизи населенных пунктов Большое и Малое Голоустное, Булунчук, где применяется печное отопление, а также в прибрежной части акватории Байкала, куда взвешенные вещества могут выноситься по долине р. Голоустной, от поселений, расположенных вблизи реки, вместе с ветрами северо-западного направления (рис. 3).

*Ионный состав вод.* По ионному составу талая вода исследуемых проб снега и льда относится к гидрокарбонатно-кальциевой [Алекин, 1970]. Содержание таких катионов, как Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> и K<sup>+</sup>, определено на уровне, не превышающем санитарные нормы, установленные до водоемов рыбохозяйственного назначения.

Щелочность представляет собой важный интегральный показатель состояния воды. Он отражает концентрации анионов слабых органических и неорганических кислот в воде, в основном угольной. Концентрации гидрокарбонатов в снежном покрове за три года исследований были зафиксированы в пределах 9,15–30,5 мг/дм<sup>3</sup>. Наибольшие значения были установлены в пробах льда и снега, отобранных в прибрежной части акватории оз. Байкал, в устье р. Голоустной и вблизи пос. Булунчук. Вероятно, повышенное содержание гидрокарбонатов связано с влиянием селитебных зон, а также с воздушным переносом загрязняющих веществ по долине р. Голоустной к акватории оз. Байкал. В пробах снега, отобранных в районе оз. Сухого, удаленного от прямого воздействия антропогенных источников, расположенного в 3 км от пос. Большое Голоустное, концентрации HCO<sub>3</sub> снижаются до 9,15 мг/дм<sup>3</sup>.

Сульфаты являются одними из важнейших анионов. Значительные количества данных веществ рассеиваются по поверхности оз. Байкал и впадающих в него рек и ручьев вместе с атмосферными выбросами от предприятий промышленных узлов, ТЭЦ и местных котельных. Сульфат-ионы выступают в качестве информативных индикаторов антропогенного загрязнения, особенно вдоль побережья. Концентрации сульфат-ионов в проанализированных пробах снега и льда за годы исследования определялись в широком диапазоне – от 0,9 до 23,4 мг/дм<sup>3</sup>. Наиболее высокие концентрации данных веществ установлены в 2016 г. (17–20 мг/дм<sup>3</sup>) в пробах снега, отобранных в устье р. Голоустной, на прибрежной части акватории оз. Байкал. Вероятно, сульфаты попадают на данный участок от населенных пунктов вместе с ветровым выносом по долине реки. В 2017 г. сульфат-ионы в

большинстве проб снега и льда не были обнаружены. В 2018 г. концентрации  $\text{SO}_4$  возросли и достигали  $18,6 \text{ мг/дм}^3$ , максимальные концентрации зафиксированы в окрестностях пос. Булунчук. Фоновое содержание сульфатов составляет  $5,5 \text{ мг/дм}^3$  [Грачев, 2001], соответственно, в большинстве проб 2016 и 2018 гг. зафиксировано превышение данных значений. Согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 предельно допустимая концентрация для сульфатов в водах рыбных хозяйств составляет  $100 \text{ мг/дм}^3$ .

Хлориды представляют собой соли соляной кислоты. Концентрация хлорид-ионов в большинстве образцов снега и льда, отобранных в зимний период 2016–2017 гг., определены на уровне ниже региональных фоновых значений, равных  $0,4 \text{ мг/дм}^3$  [Грачев, 2001], и санитарных норм для водоемов рыбного хозяйства, составляющих  $300 \text{ мг/дм}^3$ . За годы исследований максимальные концентрации  $\text{Cl}$  обнаружены в образцах, отобранных в 2018 г. ( $1,45\text{--}2,10 \text{ мг/дм}^3$ ). Наибольшее содержание хлорид-ионов с превышением региональных фоновых значений определено в пробах, отобранных вблизи пос. Большое Голоустное. В прибрежной части акватории озера концентрации варьируются в пределах  $1,6\text{--}1,8 \text{ мг/дм}^3$ , что также превышает региональные фоновые значения.

*Нефтепродукты.* Содержание нефтепродуктов в большинстве рассмотренных проб снега превышает санитарные нормы, установленные для водоемов рыбохозяйственного пользования, составляющие  $0,05 \text{ мг/дм}^3$  (рис. 4). Как правило, в снежном покрове концентрации данных поллютантов выше, чем во льду. В проанализированных пробах за 2016 г. среднее содержание нефтепродуктов в снеговом покрове составляло  $0,075 \text{ мг/дм}^3$ . Высокие концентрации ( $0,102 \text{ мг/дм}^3$ ) зафиксированы в пробе, отобранной на акватории Байкала, в прибрежной части, у церкви. В пробе льда, взятой из этой же точки, концентрации нефтепродуктов ниже –  $0,005 \text{ мг/дм}^3$ . Нефтепродукты в образцах льда определены на уровне ниже ПДК в диапазоне  $0,003\text{--}0,005 \text{ мг/дм}^3$ . Высокое содержание ( $0,062 \text{ мг/дм}^3$ ) отмечено в пробе льда, взятого с акватории озера в прибрежной части северо-восточнее пос. Большое Голоустное. В 2014 г. концентрации нефтепродуктов находились на уровне ниже предельно допустимых концентраций [Янчук, 2016].

*Тяжелые металлы.* В настоящее время термином «тяжелые металлы» обозначают ряд химических элементов, обладающих определенными свойствами, токсичными как для человеческого организма, так и для окружающей среды [Вегман, 1980]. Данные элементы достаточно распространены в природе, они могут быть естественного и техногенного происхождения. Антропогенными источниками тяжелых металлов являются: химическая промышленность, предприятия цветной металлургии, автомобильный транспорт и др. В атмосферном воздухе металлы присутствуют в виде пыли и аэрозолей. В отобранных образцах снега и льда было рассмотрено содержание  $\text{Cr}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Sr}$  и  $\text{Pb}$ , эти элементы относятся к различным классам опасности (табл.). Для оценки уровня загрязнения снега и льда тяжелыми металлами было проведено сравнение полученных результатов с установленными санитарными нормами для водоемов рыбохозяйственного назначения и с фоновыми региональными значениями [Геохимия окружающей среды ... , 2008].

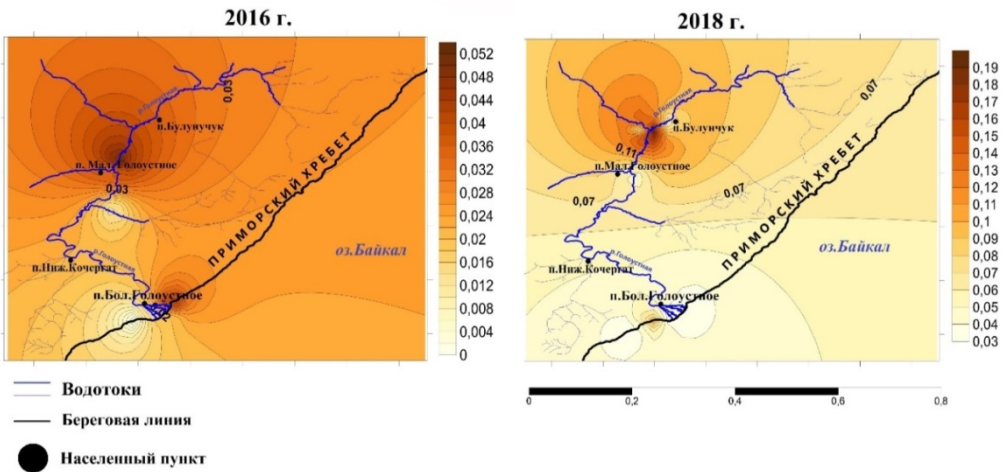


Рис. 3. Распределение концентраций взвешенных веществ в 2016 и 2018 гг., г/дм<sup>3</sup>

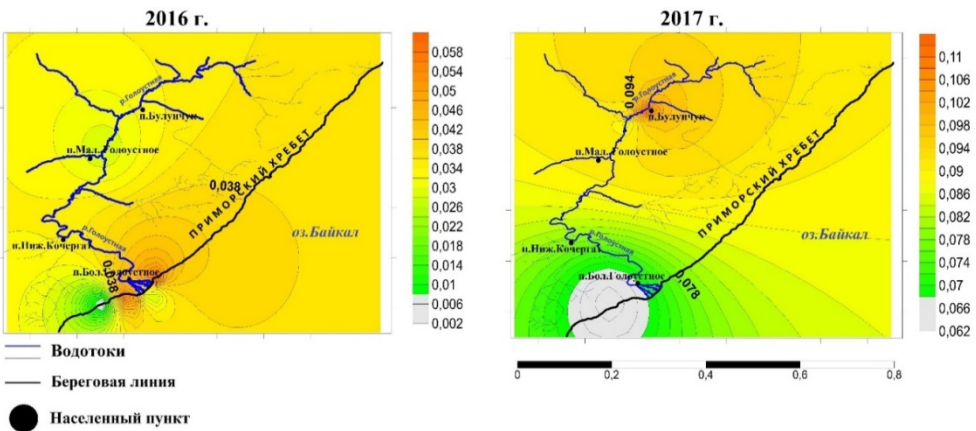


Рис. 4. Распределение концентраций нефтепродуктов в 2016 и 2018 гг., мг/дм<sup>3</sup>

Таблица

Классификация тяжелых металлов по опасности, ПДК и фоновые значения

Элемент	Класс опасности	ПДК	Региональный фон
Cr	3	0,5	—
Mn	4	0,010	0,024
Ni	3	0,1	—
Cu	3	0,001	0,002
Zn	3	0,01	0,02
Sr	3	0,4	—
Pb	2	0,006	—

Примечание: «—» – данные отсутствуют. В рассмотренных образцах льда, отобранных с акватории Байкала, концентрации тяжелых металлов ниже, чем в пробах снега. ПДК – установленные для рыбохозяйственной деятельности.



Концентрации хрома, никеля и стронция в отобранных образцах снега и льда за все годы исследования оказались ниже установленных санитарных норм и фоновых значений.

В пробах 2016 г. содержание марганца было ниже установленного ПДК ( $0,01 \text{ мг/дм}^3$ ) и фонового значения ( $0,024 \text{ мг/дм}^3$ ). Превышение ПДК в  $0,8\text{--}0,9$  раза по концентрации данного элемента установлено в пробах снега, отобранных в 2017 г. вблизи пос. Булунчук, на р. Голоустной и в 2018 г. на акватории озера, южнее подворья Свято-Никольской церкви, примерно в 20 м от берега и вблизи пос. Большое Голоустное. Максимальная концентрация марганца, составляющая  $0,043 \text{ мг/дм}^3$ , определена в 2018 г. в образцах снега, взятого в окрестностях с. Малое Голоустное.

Концентрации меди в исследуемых пробах снега и льда находились в пределах  $0,015\text{--}0,002 \text{ мг/дм}^3$ , превышающих установленные предельно допустимые концентрации, но соответствующих региональным фоновым значениям [Геохимия окружающей среды ... , 2008]. Высокое содержание Cu – с превышением ПДК в 8 раз и фона в 4 раза – отмечено в 2017 г. в снеге, взятом из точки, расположенной вблизи пос. Булунчук, на русле р. Голоустной.

Цинк в пробах снега и льда, отобранных в 2016 г., находился в пределах  $0,001\text{--}0,009 \text{ мг/дм}^3$ . Превышение ПДК зафиксировано в пробе снега, отобранной на акватории озера, в прибрежной части, южнее церкви, а также во льду, взятом южнее Малого Голоустного, примерно в 1 км от берега. Концентрации составляли  $0,017$  и  $0,025 \text{ мг/дм}^3$  соответственно. В 2017 г. превышение установленных санитарных норм в 2,2 раза и фона в 1,1 раза зафиксировано в снеге акватории р. Голоустной в окрестностях пос. Булунчук. В 2018 г. превышение ПДК в 0,6 раза по Zn наблюдалось в образцах снега, отобранных с акватории р. Голоустной вблизи населенных пунктов Малое и Большое Голоустное.

Содержание свинца в рассмотренных образцах снега и льда, отобранных как на акватории озера, так и вблизи поселений, отмечалось на уровне от  $0,001$  до  $0,03 \text{ мг/дм}^3$ . Наибольшие концентрации зафиксированы в точках отбора, расположенных в окрестностях населенных пунктов, и в прибрежной части акватории Байкала, меньшие значения – в местах, удаленных от антропогенных источников.

### **Заключение**

Результаты проведенных в 2016–2018 гг. снегосъемок дали представление о химическом составе снега и льда на территории Голоустненских поселений, пос. Булунчук, а также прилегающей к побережью акватории Байкала. Сравнение данных за трехлетний период показало, что в талой воде рассматриваемой территории наблюдается тенденция к росту водородного показателя, содержания взвешенных веществ, хлоридов, нефтепродуктов, марганца.

По химическому составу талые воды снега и льда относятся к гидрокарбонатным. Основные катионы минерализации в пробах определены на уровне допустимых санитарных норм. Концентрации сульфатов и хлоридов не превышают установленных нормативных показателей, но выше региональных фоновых значений для данной территории.

Вероятно, основными источниками загрязняющих веществ снежного покрова и льда на рассматриваемой территории являются выбросы, поступающие от населенных пунктов. В поселениях широко применяется печное отопление, в безветренную и холодную погоду зимой выбросы от печей могут приводить к смогу и оседанию сажи. Как правило, повышенное содержание взвешенных веществ, гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов, нефтепродуктов, Mn, Cu, Zn, Pb, а также высокие значения водородного показателя отмечаются в точках отбора проб, расположенных вблизи с. Малое Голоустное и поселков Большое Голоустное и Булунчук, а также в устье р. Голоустной, в местах протекания реки вблизи селитебной зоны и на прибрежной части акватории Байкала, куда поллютанты поступают от выбросов местных котельных с северо-западным ветром по долине р. Голоустной. Таким образом, в прибрежной части оз. Байкал формируется очаг антропогенного загрязнения. В местах отбора проб, находящихся на удалении от населенных пунктов, концентрации рассматриваемых веществ соответствуют ПДК и фоновым значениям.

#### Список литературы

- Алекин О. А.* Основы гидрохимии. Л. : Гидрометеоиздат, 1970. 442 с.
- Василенко В. Н., Назаров И. М., Фридман Ш. Д.* Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л. : Гидрометеоиздат, 1985. 181 с.
- Волошин А. Л., Андреев С. Г., Пронин В. Н.* Климатические особенности // Байкал. Природа и люди / под ред. А. К. Тулохонова. Улан-Удэ : ЭКОС : Изд-во БНЦ СО РАН, 2009. 160 с.
- Географический энциклопедический словарь. М. : Сов. энцикл., 1989. 592 с.
- Грачев М. А.* О современном состоянии экологической системы озера Байкал. Иркутск : ЛИИ СО РАН, 2001. 156 с.
- Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский экологический полигон) / В. И. Гребенщикова, Э. Е. Лустенберг, Н. А. Китаев, И. С. Ломоносов. Новосибирск : Акад. из-во «Гео», 2008. 234 с.
- Потемкина В. Л., Потемкина Т. Г., Гусева Е. А.* Региональный перенос примесей как геоэкологическая проблема Прибайкалья // Вестник ИрГТУ. 2011. № 6. С.103–107.
- Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Ч. 1 / под ред. Л. В. Боевой. Ростов-на-Дону : Изд-во НОК, 2009. 1045 с.
- Янчук М. С.* Нефтепродукты в поверхностных и снеговых водах юго-западного побережья озера Байкал // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о земле. 2016. № 18. С. 140–149.
- Bell H. L.* Effect of low pH on the survival and emergence of aquatic insects // Water Res. 1971. Vol. 5. P. 313–319.
- Berman E.* Toxic Metals and their Analysis. John Wiley & Sons Canada, Limited, 1980. 304 p.
- Interpretation of snow properties from imaging spectrometry / J. Dozier, R. O. Green, A. W. Nolin, T. H. Painter // Remote Sensing of Environment. 2009. Vol. 113, N 1. P. 25–37.
- Environmental impacts of urban management – the alpine case study of Innsbruck / C. Engelhard, S. De Toffol, I. Lek, W. Rauch, R. Dallinger // Science of the Total Environment. 2007. Vol. 32. P. 286–294.
- Hagen A., Langeland A.* Polluted snow in southern Norway and the effects of the melt water on freshwater and aquatic organisms // Environ. Pollut. 1973. Vol. 5. P. 45–57.
- Influence of cement-lime industry on the physico-chemical and chemical properties of snow cover in a “Białe Zagłębie” region in February 2012 / R. Kozłowski, K. Jarzyna, M. Jozwiak, M. Szwed // Monitoring Środowiska Przyrodniczego. 2012. Vol. 13. P. 71–80.

*Leivestad H., Muniz I. P.* Fish rill at low pH in a Norwegian river // *Nature*. 1976. 259. P. 391–392.

*Siudek P., Frankowski M., Siepak J.* Trace elements distribution in the snow cover from an urban area in central Poland. *Environ Monit Assess*, 2015. Vol. 187. 225 p.

*Siudek P., Falkowska L., Urba A.* Temporal variability of particulate mercury in the air over the urbanized zone of the southern Baltic // *Atmospheric Pollution Research*. 2011. Vol. 2. P. 484–491.

## **Chemical Composition and Current State of Snow Cover and Ice on the South-West Coast of Lake Baikal (on the Example of the Goloustnensky Settlement)**

M. S. Yanchuk

*V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russian Federation*

**Abstract.** The article presents the results of ecological and geochemical monitoring of the state of snow cover and ice selected on the territory of the Goloustnensky municipality, which includes the following localities: the village of Maloe Goloustnoe, the villages of Bolshoe Goloustnoe and Nizhny Kochergat. Studies were also conducted on the territory of the village of Bulunchuk, the bed of the Goloustnaya river and in the coastal part of the lake Baikal water area for the period 2016–2018. Sampling was carried out in the third decade of february-the first decade of march, before the active process of snowmelt. The study presents the results of chemical analysis of snow and ice. The main sources of snow cover and ice pollution in the territory under consideration have been identified. The following parameters were determined in melt water samples: pH, ionic composition, suspended solids, petroleum products, and heavy metals. The data obtained during the analysis were compared with the maximum permissible concentrations and regional background values for the indicators under consideration. It was found that the content of sulfates and chlorides in the snow cover and ice samples corresponds to the sanitary standards established for fishery reservoirs, but in samples taken near settlements and on the coastal part of the Baikal water area, the content of these substances exceeds the regional background values. In the snow cover in the vicinity of the settlements of Maloe and Bolshoe Goloustnoe, Bulunchuk, as well as in the waters of the Goloustnaya river and the coastal waters of lake Baikal, sanitary standards for the content of petroleum products, manganese, copper, lead and zinc were exceeded.

**Keywords:** monitoring of the snow cover chemical composition, the waters of lake Baikal, pollutants.

**For citation:** Yanchuk M.S. Chemical Composition and Current State of Snow Cover and Ice on the South-West Coast of Lake Baikal (on the Example of the Goloustnensky Settlement). *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2020, vol. 32, pp. 128–139. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.32.128> (in Russian)

### **References**

Alekin O.A. *Osnovy gidrohimii* [Basics of hydrochemistry]. Leningrad, Gidrometoizdat Publ., 1970, 442 p. (in Russian)

Vasilenko V.N., Nazarov I.M., Fridman S.D. *Monitoring zagryazneniya snezhnogo pokrova* [Monitoring of snow cover pollution]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1985, 181 p. (in Russian)

Voloshin A.L., Andreev S.G., Pronin V.N. *Klimaticheskie osobennosti* [Climate features]. *Bajkal. Priroda i lyudi*. Ed. A.K. Tulohonov. Ulan-Ude, EKOS, BNC SB RAS Publ., 2009, 160 p. (in Russian)

*Geograficheskij enciklopedicheskij slovar* [Geographical encyclopedic dictionary]. Moscow, Soviet enciklopediya, 1989, 592 p. (in Russian)

Grachev M.A. *O sovremennom sostoyanii ekologicheskoy sistemy ozera Bajkal* [About the current state of the ecological system of lake Baikal]. Irkutsk, LIN SB RAS Publ., 2001, 156 p. (in Russian)

Grebenshchikova V.I., Lustenberg E.E., Kitaev N.A., Lomonosov I.S. *Geohimiya okruzhayushchej sredy Pribajkalya (Bajkalskij ehkologicheskij poligon)* [Geochemistry of the environment of Baikal region (the Baikal ecological landfill)]. Novosibirsk, Geo Publ., 2008, 234 p. (in Russian)

Potemkin V.L., Potemkina T.G., Guseva E.A. Regionalnyj perenos primesej kak geoeologicheskaya problema Pribajkaliya [Regional transfer of impurities as a geo-ecological problem of the Baikal region]. *Vestnik IrGTU* [Vestnik Irgtu], 2011, vol. 6, pp. 103-107. (in Russian)

*Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnyh vod sushi* [Guidance on chemical analysis of surface waters of the land.]. Part 1. Ed. by I.V. Boevoj. Rostov-na-donu, 2009, 1045 p. (in Russian)

Yanchuk M.S. Nefteprodukty v poverhnostnyh i snegovyh vodah yugo-zapadnogo poberezh'ya ozera Bajkal [Oil products in surface and snow waters of the South-West coast of lake Baikal]. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2016, no. 18, pp. 140-149 (in Russian)

Bell H.L. Effect of low pH on the survival and emergence of aquatic insects. *Water Res.*, 1971, no. 5, pp. 313-319.

Berman E. *Toxic Metals and their Analysis*. John Wiley & Sons Canada, Limited, 1980, 304 p.

Dozier J., Green R.O., Nolin A.W., Painter T.H. Interpretation of snow properties from imaging spectrometry. *Remote Sensing of Environment*, 2009, vol. 113, no. 1, pp. 25-37.

Engelhard C., De Toffol S., Lek I., Rauch W., Dallinger R. Environmental impacts of urban management – the alpine case study of Innsbruck. *Science of the Total Environment*, 2007, no. 32, pp. 286-294.

Hagen A., Langeland A. Polluted snow in southern Norway and the effects of the melt water on freshwater and aquatic organisms. *Environ. Pollut.*, 1973, no. 5, pp. 45-57.

Kozłowski R., Jarzyna K., Jozwiak M., Szwed M. Influence of cement-lime industry on the physico-chemical and chemical properties of snow cover in a “Białe Zagłębie” region in February 2012. *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, 2012, no. 13, pp. 71-80.

Leivestad H., Muniz I.P. Fish kill at low pH in a Norwegian river. *Nature*, 1976, vol. 259, pp. 391-392.

Siudek P., Frankowski M., Siepak J. Trace elements distribution in the snow cover from an urban area in central Poland. *Environ Monit Assess*, 2015, p. 225.

Siudek P., Falkowska L., Urba A. Temporal variability of particulate mercury in the air over the urbanized zone of the southern Baltic. *Atmospheric Pollution Research*, 2011, no. 2, pp. 484-491.

Янчук Мария Сергеевна  
младший научный сотрудник  
Институт географии им. В. Б. Сочавы  
СО РАН  
Россия, 664033, г. Иркутск,  
ул. Улан-Баторская, 1  
e-mail: m\_s\_yanchuk@mail.ru

Yanchuk Maria Sergeevna  
Junior Research Scientist  
V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS  
Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033,  
Russian Federation  
e-mail: m\_s\_yanchuk@mail.ru

Код научной специальности: 25.00.36

Дата поступления: 12.03.2020

Received: March, 12, 2020