

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ

УДК 556.55(571.56-25)

<https://doi.org/10.25587/2587-8751-2025-1-66-75>

Научная оригинальная статья

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДЫ АТЛАСОВСКИХ ОЗЕР г. ЯКУТСКА

*Р. М. Городничев**, *Н. С. Кондакова*, *С. Н. Левина*, *Л. А. Пестрякова*Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова,
г. Якутск, Российская Федерация

*rm.gorodnichev@s-vfu.ru

Аннотация

На территории г. Якутска расположена сеть взаимосвязанных озер, именуемая Якутским городским каналом. Экологическое состояние водных объектов входящих в его состав ухудшалось из-за возникших в конце XX века нарушений его проточности и наполняемости, осуществляемой, главным образом, из р. Шестаковка. В последние годы связь озер города с рекой была восстановлена. Первой группой водоемов, получающих воду из р. Шестаковка, и выступающих объектом настоящего исследования, являются Атласовские озера. В ходе проведенной работы установлено, что 2 из 5 обследованных озер существуют изолированно и не сообщаются с другими водными объектами. Вода указанных озер пресная, мягкая, нейтральная и слабощелочная. Озера АТ3, АТ4 и АТ5 обмениваются водными массами и получают приток речной воды, что подтверждается схожим химическим составом их вод: сниженными минерализацией, общей жесткостью, повышенными концентрацией фосфатов, долями гидрокарбонатов и кальция. Вода указанной группы преимущественно ультрапресная, очень мягкая и мягкая, нейтральная. Атласовские озера в сопоставлении с крупнейшими водоемами г. Якутска (Сайсары, Сергелях, Хатынг-Юрях, Ытык-Кюель и Белое) обладают более низкими значениями pH воды, меньшими долями ионов натрия (в среднем на 40 %) и сульфатов (в среднем на 23 %) и большим процентным содержанием магния (в среднем на 12 %). Для воды всех исследуемых озер отмечены повышенные концентрации общего железа, что может быть связано с высокими фоновыми концентрациями данного компонента в окружающей среде и характерно для водоемов Центральной Якутии.

Ключевые слова: Атласовские озера, гидрохимия, минерализация, общая жесткость, pH, U-критерий Манна-Уитни, Якутск, формула Курлова, катионы, анионы

Финансирование. Работа выполнена в рамках Проектной части государственного задания в сфере научной деятельности Министерства науки и высшего образования РФ по теме FSRG-2023-0027 «Биота и абиотические компоненты экосистем Северо-Востока России и рациональное освоение природных ресурсов криолитозоны в условиях изменения климата и техногенного воздействия», 2023-2025 гг.

Для цитирования: Городничев Р.М., Кондакова Н.С., Левина С.Н., Пестрякова Л.А. Физико-химические особенности воды Атласовских озер г. Якутска. *Вестник СВФУ*. 2025;(4): 66-75. DOI: 10.25587/2587-8751-2025-1-66-75

PHYSICO-CHEMICAL FEATURES OF THE WATER IN THE ATLASOVSKIE LAKES OF YAKUTSK

Ruslan M. Gorodnichev*, Naliya S. Kondakova, Sardana N. Levina, Lyudmila
A. Pestryakova

North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova,
Yakutsk, Russian Federation
*rm.gorodnichev@s-vfu.ru

Abstract

The city of Yakutsk contains a network of interconnected lakes known as the Yakutsk City Canal. The ecological status of the water bodies within it deteriorated due to disruptions in its flow and water supply in the late 20th century, primarily from the Shestakovka River. In recent years, the connection between the city's lakes and the river has been restored. The first group of water bodies receiving water from the Shestakovka River, and the subject of this study, are the Atlasovskie Lakes. This study established that two of the five lakes surveyed are isolated and do not communicate with other water bodies. The water in these lakes is fresh, soft, neutral, and slightly alkaline. Lakes AT3, AT4, and AT5 exchange water masses and receive river water, as evidenced by the similar chemical composition of their waters: reduced mineralization, general hardness, elevated phosphate concentrations, and proportions of hydrocarbonates and calcium. The water in this group is predominantly ultra-fresh, very soft, and neutral. Compared to the largest bodies of water in Yakutsk (Saisar, Sergelyakh, Khatyng-Yuryakh, Ytyk-Kyuel, and Beloye), the Atlasovskie Lakes have lower pH values, lower sodium ion content (40 % lower on average) and sulfate content (23 % lower on average), and a higher magnesium content (12 % lower on average). Elevated total iron concentrations were observed in all studied lakes, which may be related to high background concentrations of this component in the environment and is typical of water bodies in Central Yakutia.

Keywords Atlasovskie Lakes, hydrochemistry, mineralization, total hardness, pH, Mann-Whitney U-test, Yakutsk, Kurlov formula, cations, anions

Funding. This work was completed within the framework of the Project Part of the State Assignment in the Field of Scientific Activity of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on the topic FSRG-2023-0027 “Biota and Abiotic Components of Ecosystems of Northeastern Russia and Rational Development of Natural Resources of the Cryolithozone in the Context of Climate Change and Technogenic Impacts,” 2023-2025.

For citation: Gorodnichev R.M., Kondakova N.S., Levina S.N., Pestryakova L.A. Physico-chemical features of the water in the Atlasovskie lakes of Yakutsk. *Vestnik of North-Eastern Federal University. Earth Sciences.* 2025;(4): 66-75. DOI: 10.25587/2587-8751-2025-1-66-75

Введение

На территории г. Якутска расположены десятки озер [7]. Наиболее крупные из них объединены в систему взаимосвязанных водоемов, называемую Якутский городской канал [8, 14]. Озера, входящие в его состав, получают воду из р. Шестаковка (длина около 30 км), подаваемую через искусственный водовод, организованный в юго-западной части города (на территории Автодорожного округа). Проточность Якутского городского канала в 1980–1990-е годы была нарушена, что отразилось на общем ухудшении экологического состояния озер населенного пункта. В последние годы взаимосвязь водоемов города и заполнение их водой из р. Шестаковка восстановлены, однако сведения о том, как восстановление проточности озер городского канала сказывается на качестве их воды обрывочны. Наиболее изученными водными объектами в данной области являются крупные озера канала, такие как Сайсары, Сергелях, Белое, Хатынг-Юрях и Ытык-Кюель [3, 4, 16]. К числу водоемов, характеризующихся отсутствием детальных сведений об особенностях физико-химических характеристик воды, может

быть отнесена группа компактно расположенных в юго-западной части г. Якутска старичных водоемов (рис. 1), именуемая Атласовские озера (озеро Атласовское (АТЗ) и близлежащие водоемы). Указанная группа водных объектов первой в составе городского канала получает воду из р. Шестаковка. Данное обстоятельство позволяет установить особенности физико-химических параметров воды, получаемой от смешения вод озер канала и питающего его водотока, что обуславливает высокую теоретическую и практическую значимость проводимого исследования. Цель работы – установить особенности основных физико-химических параметров воды Атласовских озер.



— водовод из р. Шестаковка

Рис. 1. Район исследования

Fig. 1. Study area

Материалы и методы

Пробы воды отобраны в июле 2023 г. в чистые пластиковые бутылки объемом 1-2 л с их погружением на ~0,3 м. Сбор проб осуществлен в местах наибольшей глубины озер. Координаты точек отбора получены в момент проведения полевого исследования с применением портативного GPS-навигатора. Определение pH осуществлено визуально-колориметрически с использованием тест-комплекта ПС 6.160.0-82182574-2022 [12].

Концентрация общего железа установлена с помощью тест-комплекта для визуального колориметрирования ПС 6.190–82182574-2022 [13]. Концентрации гидрокарбонатов определены титрованием [2]. Массовые концентрации ионов аммония, калия, натрия, магния, стронция, кальция, хлоридов, сульфатов, нитритов, нитратов, фторидов и фосфатов измерены на системе капиллярного электрофореза «Капель-105м» [9, 10].

Минерализация воды определена как сумма концентраций всех ионов (за исключением общего железа). Общая жесткость получена как сумма концентраций кальция и магния, выраженных в мг-экв/л.

Значимость различий физико-химических параметров воды оценена по U-критерию Манна-Уитни в компьютерной программе PAST Ver. 4.0 [18].

Картосхема построена в компьютерной программе WPS Office с использованием изображения (за июнь 2021 г.) Google Earth Pro.

Результаты и обсуждение

Вода исследуемых озер является ультрапресной (AT3 и AT5) и пресной (табл. 1). Минерализация варьирует в достаточно широких пределах. Разница между наиболее и наименее высокоминерализованной водой превышает 2,5 раза. Водородный показатель выше 7, находится в диапазоне нейтральных-слабощелочных значений и не превышает верхнего предела (8,5) норматива, установленного для водных объектов рыбохозяйственного значения. Общая жесткость воды сравниваемых озер варьирует в широких пределах (2,8 раза), однако вода объектов исследования может быть в большинстве случаев охарактеризована как мягкая.

В структуре главных ионов наблюдаются разнообразные сочетания долей основных катионов. Для воды озер AT2, AT3, AT4 и AT5 отмечены близкие концентрации кальция и магния. Во всех озерах высока доля натрия (не менее 24 % от суммы катионов). В воде всех объектов исследования доминирующими анионами являются гидрокарбонаты, однако озеро AT1 выделяется повышенной долей хлоридов (в 2,6–3,3 раза по сравнению с другими объектами выборки). Также в данном водоеме отмечена самая высокая абсолютная концентрация и доля ионов натрия.

Таблица 1

Основные компоненты химического состава воды озер

Table 1

Main components of the chemical composition of lake water

Озеро	Широта, ° с.ш.	Долгота, ° в.д.	Формула Курлова	Описание состава воды
AT1	61°56'59.31»	129°35'18.28»	$M0,35 \frac{HCO_3,56Cl140}{Mg44Na33Ca20} pH8,0Ж3,6$	гидрокарбонатная, натриево-магниевая, пресная, слабощелочная, мягкая, с преобладанием гидрокарбонатов и магния.
AT2	61°57'11.71»	129°35'26.06»	$M0,39 \frac{HCO_3,75Cl14SO_4,11}{Mg36Ca35Na25} pH7,5Ж3,5$	гидрокарбонатная, натриево-кальциево-магниевая, пресная, нейтральная, мягкая, с преобладанием гидрокарбонатов и магния.

АТ3	61°57'54.44»	129°37'3.92»	$M0,15 \frac{HCO_3,83Cl14}{Ca36Mg35Na26} pH7,5Ж1,3$	гидрокарбонатная, натриево-магниевно-кальциевая, ультрапресная, нейтральная, очень мягкая, с преобладанием гидрокарбонатов и кальция.
АТ4	61°58'27.67»	129°37'21.36»	$M0,2 \frac{HCO_3,82Cl15}{Ca36Mg35Na27} pH7,5Ж1,8$	гидрокарбонатная, натриево-магниевно-кальциевая, пресная, нейтральная, мягкая, с преобладанием гидрокарбонатов и кальция.
АТ5	61°58'50.04»	129°37'25.48»	$M0,15 \frac{HCO_3,84Cl12}{Ca40Mg34Na24} pH7,5Ж1,6$	гидрокарбонатная, магниевно-кальциевая, ультрапресная, нейтральная, мягкая, с преобладанием гидрокарбонатов и кальция.

Примечание: М – минерализация воды (г/л), Ж – общая жесткость (мг-экв/л).

Концентрации исследуемых ионов и общего железа (табл. 2) были сопоставлены с нормативами предельно-допустимых концентраций, установленных для водных объектов рыбохозяйственного значения [11].

Таблица 2

Ионный состав воды озер

Table 2

Ionic composition of lake water

Озеро	Железо общее, мг/л	Аммоний, мг/л	Калий, мг/л	Натрий, мг/л	Магний, мг/л	Стронций, мг/л	Кальций, мг/л	Хлориды, мг/л	Нитриты, мг/л	Сульфаты, мг/л	Нитраты, мг/л	Фториды, мг/л	Фосфаты, мг/л	Гидрокарбонаты, мг/л
АТ1	0,1	<0,5	7,86	42,2	30,2	0,25	22,1	57,2	<0,2	8,19	<0,2	<0,1	<0,25	140,3
АТ2	0,1	<0,5	5,41	28,4	21,5	<0,25	34,4	26,6	<0,2	28,58	<0,2	<0,1	<0,25	244,0
АТ3	0,1	<0,5	2,24	11	7,9	<0,25	13,1	9,7	<0,2	2,63	1,51	0,10	0,26	97,6
АТ4	0,7	<0,5	2,13	15,4	10,8	<0,25	17,9	13,9	<0,2	3,93	2,29	0,11	0,48	134,2
АТ5	0,3	<0,5	1,86	11,9	8,9	<0,25	17,2	7,9	<0,2	4,09	2,26	0,10	0,30	97,6
ПДК рыбхоз.	0,1	0,5	50	120	40	0,4	180	300	0,08	300	40	0,75	0,46	

Для воды всех исследуемых озер отмечены высокие концентрации общего железа (1–7 ПДК). В озерах АТ4 и АТ5 установлены превышения норматива в 7 и 3 раза соответственно. Отмеченные повышенные концентрации показателя являются типичными для озер территории г. Якутска и Центральной Якутии [14, 15], в том числе отмечены для водных объектов, не испытывающих непосредственного антропогенного воздействия [1, 19], и могут быть связаны с высокими фоновыми концентрациями компонента в окружающей среде и попаданием в воду гумифицированных растворенных органических веществ, образующих комплексы с железом [5].

В воде озер АТ3, АТ4 и АТ5 зафиксированы высокие концентрации фосфатов, превышающие ПДК для олигосапробных водоемов (0,15 мг/л) в 1,7–3,3 раза. В озере АТ4 концентрация фосфатов превышает установленный лимит (на 0,02 мг/л) для воды мезотрофных водных объектов. Основным источником поступления фосфатов на территории г. Якутска выступает поверхностный сток, обогащенный фосфатами, вероятно, поступающими в окружающую среду в результате аварийных ситуаций и протечек системы отведения коммунальных вод города [6].

В воде озер АТ3, АТ4 и АТ5 зафиксировано некоторое количество нитратов, концентрации которых существенно ниже предельно-допустимых и могут быть следствием протекания в озере естественных процессов, связанных с разложением органических веществ.

В воде озера АТ1 отмечено присутствие стронция в концентрациях выше пределов обнаружения используемого лабораторного оборудования. Поступление стронция в озера города в значительной степени может быть обусловлено атмосферными осадками, содержащими данный компонент [17].

Вода озер АТ3, АТ4 и АТ5 характеризуется близкими значениями большинства физико-химических параметров, что подтверждает существующую между их котловинами связь и обмен водными массами.

Получая воды р. Шестаковка, данные озера приобретают схожие с питающим их водотоком гидрохимические особенности: ультрапресную или близкую ультрапресной мягкую воду с высокой долей кальция и магния [5]. Значения гидрохимических параметров озер АТ1 и АТ2, расположенных юго-западнее, демонстрируют отсутствие связи между ними и изолированность от остальных Атласовских озер в момент исследования. В частности, на это указывает повышенные минерализация, общая жесткость, соотношение катионов и анионов.

Произведено сравнение величин физико-химических параметров воды обследованных озер с усредненными за многие годы значениями аналогичных характеристик наиболее крупных водоемов г. Якутска (Сайсары, Сергелях, Хатынг-Юрях, Ытык-Кюель и Белое), входящих в состав Якутского городского канала [4]. Атласовские озера статистически значимо (при $p < 0,05$) не отличаются от наиболее крупных озер города по значениям минерализации, общей жесткости, доли гидрокарбонатов, хлоридов и кальция (табл. 3). Существенные отличия при заданном уровне значимости озер исследуемого района от наиболее крупных водоемов города установлены по водородному показателю, долям сульфатов, магния и натрия. В целом, вода обследованных объектов обладает схожими для озер города минерализацией и общей жесткостью, более низкими значениями рН (близкими к нейтральным), характеризуется существенно меньшими долями натрия (в среднем на 40 %) и сульфатов (в среднем на 23 %) и большей долей магния (в среднем на 12 %). Стоит отметить, что значения физико-химических параметров воды озер г. Якутска подвержены временным изменениям и находятся в прямой зависимости от вод их питающих, в том числе от паводковой ситуации на р. Лене, поэтому проведенное сравнение может не в полной мере отражать существующее на момент исследования положение дел.

Таблица 3

Значимость различий физико-химических параметров воды исследуемых озер и наиболее крупных водоемов г. Якутска [4]

Table 3

Significance of differences in the physicochemical parameters of water in the studied lakes and the largest reservoirs in Yakutsk [4]

Параметр	U-критерий Манна-Уитни	Результат (при $p < 0,05$)	Результат (при $p < 0,1$)
рН	2	различия значимы	различия значимы
Минерализация, мг/л	3	различия не значимы	различия значимы

Общая жесткость, мг-экв/л	3	различия не значимы	различия значимы
HCO ₃ ⁻ , %	6	различия не значимы	различия не значимы
Cl ⁻ , %	5	различия не значимы	различия не значимы
SO ₄ ²⁻ , %	0	различия значимы	различия значимы
Ca ²⁺ , %	3	различия не значимы	различия значимы
Mg ²⁺ , %	2	различия значимы	различия значимы
Na ⁺ , %	0	различия значимы	различия значимы

Заключение

В июле 2023 года определены физико-химические параметры воды в Атласовских озерах. Их значения значительно варьировались, что можно объяснить отсутствием или наличием сообщения между котловинами озер, а также притоком воды из реки Шестаковка. Озера АТ1 и АТ2 не имели связи с остальными исследуемыми водоемами и не получали заметного притока речных вод. Вода в этих озерах отличалась относительно высотой минерализацией и общей жесткостью, а также преобладанием магния и уменьшением доли гидрокарбонатов в ионном составе. Вода в озерах АТ3, АТ4 и АТ5 была ультрапресной и пресной, очень мягкой или мягкой, нейтральной. В отличие от озер АТ1 и АТ2, эти водоемы характеризовались относительно низкой минерализацией и общей жесткостью. В их ионном составе преобладали гидрокарбонаты и кальций, а концентрации фосфатов были выше. Вода ультрапресная и пресная, очень мягкая и мягкая, нейтральная. Котловины озер АТ3, АТ4 и АТ5 были связаны между собой и получали воду из реки Шестаковка, что способствовало формированию единого водного пространства.

Атласовские озера в сопоставлении с наиболее крупными водоемами г. Якутска обладают более низкими значениями рН воды, характеризующейся существенно меньшими долями в структуре главных ионов натрия (в среднем на 40 %) и сульфатов (в среднем на 23 %) и большим процентным содержанием магния (в среднем на 12 %). Для воды всех исследуемых озер отмечены повышенные концентрации общего железа, что является типичной особенностью озер Центральной Якутии и связано с высокими фоновыми концентрациями данного компонента в окружающей среде.

Литература

1. Городничев Р. М. Взаимосвязь состава диатомовых комплексов, морфометрических и гидрохимических характеристик озерных экосистем Севера Якутии: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Городничев Руслан Михайлович. Якутск. 2015. 187 с.
2. ГОСТ Р 52963-2008. Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов. Введ. 2010-01-01. М.: Стандартинформ. 2008: 26.
3. Ксенофонтова М.И., Легостаева Я.Б., Ябловская П.Е., Трофимова Л.Н. Характеристика химического состава вод и донных отложений крупных водоемов г. Якутска // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2013; 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/harakteristika-himicheskogo-sostava-vod-i-donnyh-otlozheniy-krupnyh-vodoevov-g-yakutsk/viewer> (дата обращения: 30.11.2024).
4. Легостаева Я.Б., Руфова А.А. Анализ гидрохимического режима наиболее крупных озер города Якутска // *Природные ресурсы Арктики и Субарктики*. 2022; 27(4): 572-591.
5. Луценко Т.Н., Шамов В.В., Ксенофонтова М.И., Лебедева Л.С. Растворенное органическое вещество в природных водах типичного речного бассейна Центральной Якутии // *Третьи Виноградовские чтения. Грани гидрологии: Сборник докладов МНК памяти выдающегося русского гидролога Ю.Б. Виноградова*. Под редакцией О.М. Макарьевой. СПб: Научное издание технологий. 2018; 80-85.
6. Макаров В.Н. Источники поступления фосфатов в городские озера // *Научный альманах*. 2019; 12-3 (62): 149-152.
7. Макаров В.Н., Чижук А.Л. Поступление фосфатов в озера Якутска // *Наука и образование*. 2009; 4: 66-69.

8. Николаев А.А., Архипов И.В. Экологическое состояние озер города Якутска для туристско-рекреационного использования // *Успехи современного естествознания*. 2021;11:106-113.
9. ПНД Ф 14.1:2.4.157-99. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций хлорид-ионов, нитрит-ионов, сульфат-ионов, нитрат-ионов, фторид-ионов и фосфат-ионов в пробах природных, питьевых и очищенных сточных вод с применением системы капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ». Введ. 2013-10-24. М.: ООО «Люмэкс-маркетинг». 2013: 44.
10. ПНД Ф 14.1:2.4.167-2000. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации катионов аммония, калия, натрия, лития, магния, стронция, бария и кальция в пробах питьевых, природных (в том числе минеральных) и сточных вод методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ». Введ. 2011-11-28. М.: ООО «Люмэкс-маркетинг». 2011:35.
11. Приказ Росрыболовства РФ № 296. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Введ. 2025-05-26. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_506962/. (дата обращения: 16.09.2025).
12. ПС 6.160.0-82182574-2022. Тест-комплект «рН». СПб: ЗАО «Крисмас+». 2022: 2.
13. ПС 6.190–82182574-2022. Тест-комплект «Железо общее». СПб: ЗАО «Крисмас+». 2022:18.
14. Руфова А.А., Ксенофонтowa М.И. Гидрохимический состав как один из индикаторов современных условий формирования озер (на примере г. Якутска) // *Наука и образование*. 2015; 2: 145-151.
15. Руфова А.А., Ксенофонтowa М.И., Ябловская П.Е. Оценка содержания биогенных элементов в водах озер г. Якутска // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2013; 8: 75-77.
16. Седельникова А.Л., Макаров В.Н. Влияние атмосферных осадков на геохимию озерных систем г. Якутска // *Наука и образование*. 2016; 1: 47–51.
17. Седельникова А.Л., Макаров В.Н. Стронций в воде городских озер // *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России [Электронный ресурс]: материалы XII Всероссийской ППК, посвященной 65-летию Института геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения РАН, 23-25 марта 2022 г.* / [Отв. ред. В.Ю. Фридовский]. Якутск: Издательский дом СВФУ. 2022; 474-478.
18. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // *Palaeontologia Electronica*. 2001; 4(1): 9.
19. Pestyakova L.A., Herzschuh U., Wetterich S., Ulrich M. Present-day variability and Holocene dynamics of permafrost-affected lakes in central Yakutia (Eastern Siberia) // *Quaternary Science Reviews*. 2012; 51:56-70.

References

1. Gorodnichev R.M. Interrelation of diatom assemblages, morphometric and hydrochemical characteristics of lakes in Northern Yakutia: Candidate's dissertation (Biology). Yakutsk; 2015:187 (in Russian).
2. GOST R 52963-2008. Water. Methods for determining alkalinity and the mass concentration of carbonates and bicarbonates. Moscow: Standartinform; 2008: 26 (in Russian).
3. Ksenofontova M.I., Legostaeva Ya.B., Yablovskaia P.E., Trofimova L.N. Characteristics of the chemical composition of water and bottom sediments of large water bodies in Yakutsk. *Actual Problems of Humanities and Natural Sciences*. 2013;(4). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/harakteristika-himicheskogo-sostava-vod-i-donnyh-otlozheniy-krupnyh-vodoemov-g-yakutsk/viewer> (accessed: 30 November 2024) (in Russian).
4. Legostaeva Y.B., Rufova A.A. Analysis of the hydrochemical regime of the largest lakes in Yakutsk. *Resources of the Arctic and Subarctic*. 2022;27(4):572–591 (in Russian).
5. Lutsenko T.N., Shams V.V., Ksenofontova M.I., Lebedeva L.S. Dissolved organic matter in natural waters of the typical river basin of Central Yakutia. In: *Third Vinogradov Readings. Aspects of Hydrology: Collection of Reports of the International Scientific Conference in Memory of the Renowned Russian Hydrologist Yu.B. Vinogradov*. St. Petersburg: Science and Technology; 2018:80–85 (in Russian).
6. Makarov V.N. Sources of phosphate input into city lakes. *Scientific Herald*. 2019;12–3(62):149–152 (in Russian).
7. Makarov V.N., Chizhuk A.L. Phosphate input into Yakutsk lakes. *Science and Education*. 2009;(4):66–69 (in Russian).

8. Nikolaev A.A., Arkhipov I.V. Ecological state of city lakes for tourist and recreational use. *Achievements of Modern Natural Science*. 2021;(11):106–113 (in Russian).

9. PND F 14.1:2:4.157-99. Quantitative chemical analysis of water. Method for measuring the mass concentrations of chloride ions, nitrite ions, sulfate ions, nitrate ions, fluoride ions, and phosphate ions in samples of natural, drinking, and treated wastewater using the capillary electrophoresis system “KAREL”. Implemented 2013-10-24. Moscow: Lyumeks-market; 2013:44 (in Russian).

10. PND F 14.1:2:4.167-2000. Quantitative chemical analysis of water. Method for measuring the mass concentration of ammonium, potassium, sodium, lithium, magnesium, strontium, barium, and calcium cations in samples of drinking, natural (including mineral), and wastewater by capillary electrophoresis using the KAREL system. Implemented 2011-11-28. Moscow: Lyumeks-market; 2011:35 (in Russian).

11. Order of the Federal Fishery Agency of Russia No. 296. Approval of water quality standards for water bodies of fishery significance, including maximum permissible concentrations (MPCs) of pollutants in water bodies of fishery importance. Effective 2025-05-26. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_506962/ (accessed: 16 September 2025) (in Russian).

12. pH Test Kit. St. Petersburg: Krismas+; 2022:2 (in Russian).

13. Iron Total Test Kit. St. Petersburg: Krismas+; 2022:18 (in Russian).

14. Rufova A.A., Ksenofontova M.I. Hydrochemical composition as an indicator of the modern conditions shaping lakes: the case of Yakutsk. *Science and Education*. 2015;(2):145–151 (in Russian).

15. Rufova A.A., Ksenofontova M.I., Yablovskaya P.E. Assessment of biogenic element content in water of lakes in Yakutsk. *International Journal of Applied and Fundamental Research (2011-2019)*. 2013;(8):75-77 (in Russian).

16. Sedelnikova A.L., Makarov V.N. Influence of atmospheric precipitation on the geochemistry of lakes in Yakutsk. *Science and Education*. 2016;(1):47–51 (in Russian).

17. Sedelnikova A.L., Makarov V.N. Strontium in city lake water. In: Fridovskiy V.Yu. (ed). *Geology and Mineral Resources of Northeast Russia: Proceedings of the XII All-Russian Conference, dedicated to the 65th anniversary of the Institute of Diamond Geology and Precious Metals of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*, March 23–25, 2022. Yakutsk: SFAU Publishing House; 2022:474–478 (in Russian).

18. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001;4(1):9.

19. Pestryakova L.A., Herzsuh U., Wetterich S., Ulrich M. Present-day variability and Holocene dynamics of permafrost-affected lakes in central Yakutia (Eastern Siberia). *Quaternary Science Reviews*. 2012;51:56–70.

Об авторах

ГОРОДНИЧЕВ Руслан Михайлович – к.б.н., зав. лабораторией БиоМ, ИЕН СВФУ им. М.К. Аммосова, ORCID: 0000-0002-1941-5383, ResearcherID: AAP-2354-2020, Scopus Author ID: 55836031600, SPIN: 7728-0784

E-mail: rm.gorodnichev@s-vfu.ru

КОНДАКОВА Налия Сергеевна – студент 2 курса группы М-ГЕО-24 ИЕН СВФУ им. М.К. Аммосова

E-mail: naliya2001@mail.ru

ЛЕВИНА Сардана Николаевна – к.г.н., с.н.с. лаборатории БиоМ, ИЕН СВФУ им. М.К. Аммосова, ORCID: 0000-0002-7653-7379, ResearcherID: AEI-2272-2022, Scopus Author ID: 55 58316520900, SPIN: 7361-2912

E-mail: levina_sardan@mail.ru

ПЕСТРЯКОВА Людмила Агафьевна – д.г.н., г.н.с. ИЕН СВФУ им. М.К. Аммосова, ORCID: 0000-0001-5347-4478, ResearcherID: Q-9900-2016, Scopus Author ID: 18434936500, SPIN: 8323-7283

E-mail: lapest@mail.ru

About the authors

Ruslan M. GORODNICHEV – Cand. Sci. (Biology), Head of the BioM laboratory, Institute of Natural Sciences, M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-1941-5383, ResearcherID: AAP-2354-2020, Scopus Author ID: 55836031600, SPIN: 7728-0784

E-mail: rm.gorodnichev@s-vfu.ru

Naliya S. KONDAKOVA – 2nd-year student, Institute of Natural Sciences, M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russian Federation

E-mail: naliya2001@mail.ru

Sardana N. LEVINA – Cand. Sci. (Geography), Senior Researcher, BioM laboratory, Institute of Natural Sciences, M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-7653-7379, ResearcherID: AEI-2272-2022, Scopus Author ID: 55 58316520900, SPIN: 7361-2912

E-mail: levina_sardan@mail.ru

Lyudmila A. PESTRYAKOVA – Dr. Sci. (Geography), Chief Researcher, Institute of Natural Sciences, M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-5347-4478, ResearcherID: Q-9900-2016, Scopus Author ID: 18434936500, SPIN: 8323-7283

E-mail: lapest@mail.ru

Вклад авторов

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации

Authors' contribution

All authors made equivalent contributions to the publication.

Конфликт интересов

Левина Сардана Николаевна является выпускающим редактором журнала Вестник Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова. Серия “Науки о Земле”

Conflict of interests

Levina Sardana Nikolaevna is the editor-in-chief of Vestnik of North-Eastern Federal University. Earth Sciences Series.

Поступила в редакцию / Submitted 17.11.2025

Поступила после рецензирования / Revised 12.12.2025

Принята к публикации / Accepted 24.12.2025