

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ МАГИСТРАЛЬНОГО ВОДОВОДА ЛЕНА-ТУОРА-КЮЕЛЬ (ЛЕНА-АМГИНСКОЕ МЕЖДУРЕЧЬЕ)

Л.А. Ушницкая^{1*}, А. В. Егоров¹, Д.А. Субетто², Л.А. Пестрякова¹

¹ Северо-восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
г. Якутск, Российская Федерация

² Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

*ulena-77@mail.ru

Аннотация. В сельских поселениях Якутии остро стоит проблема качества питьевой воды из-за деградации озер. Для решения этой проблемы построены водопроводы из реки Лена. В статье оценивается качество воды по трассе «Лена – Туора-Кюель», построенного в 2001 году. Он обеспечивает водой три улуса (более 57 тыс. человек) по 130 км водопровода и 26 км канала. Источник воды – река Лена, водозабор расположен выше Нижнего Бестяха. Вода подается с расходом 120 дней, что составляет менее 10 % от минимального стока Лены.

Цель работы – изучить влияние водовода «Лена – Туора-Кюель» на качество воды в озерах и в озерах-водохранилищах, которые расположены вдоль его маршрута.

В ходе работы был проведен анализ гидрохимического состава вод различных водоемов, расположенных по пути следования магистрального водовода. В большинстве озер зафиксировано превышение ПДК микроэлементов, что негативно сказывается на качестве воды. Выявлены превышения по общей жесткости, магнию, фосфатам, кремнию, железу, аммонийному азоту и нитратам. Особенно заметны значительные превышения по фенолам (в 9,6 раза), аммонийному азоту и железу (в 10 раз), нитритам (в 50 раз), фосфатам (в 1,8 раза), pH (в 1,1 раза) и общей жесткости (в 1,3 раза). С 2002 по 2017 год наблюдается заметное увеличение минерализации озерных вод (от 1,3 до 3,1). Основным фактором, влияющим на минерализацию и химический состав воды в водохранилищах Лена-Амгинского междуречья, является антропогенное воздействие.

Ключевые слова: водовод «Лена – Туора-Кюель», озеро, водохранилище, качество воды, загрязняющие вещества, предельно допустимая концентрация (ПДК).

Для цитирования: Ушницкая Л.А., Егоров А.В., Субетто Д.А., Пестрякова Л.А. Оценка качества воды магистрального водовода Лена-Туора-Кюель (Лена-Амгинское междуречье). *Вестник СВФУ*. 2026;(2): 68-75. DOI: 10.25587/2587-8751-2026-1-68-75

Original article

ASSESSMENT OF THE WATER QUALITY OF THE LENA – TUORA-KUEL MAIN WATER PIPELINE (LENA-AMGA INTERFLUVE)

Lena A. Ushnitskaya^{1*}, Aital V. Egorov, Dmitry A. Subetto², Lyudmila A. Pestryakova¹

¹ M. K. Ammosov North-Eastern Federal University,
Yakutsk, Russian Federation

² A.I. Herzen Russian State Pedagogical University,
St. Petersburg, Russian Federation

*ulena-77@mail.ru

Abstract. In rural settlements of Yakutia, the problem of drinking water quality is acute due to the degradation of lakes. To solve this problem, water pipelines from the Lena River have been built. The article evaluates the water quality along the Lena–Tuora-Kuel water pipeline built in 2001. It provides water to three villages (more

than 57 thousand people) with 130 km of the water pipeline and 26 km of the canal. The source of the water is the Lena River; the intake is located above Nizhny Bestyakh. The water is supplied with a flow rate of 120 days, which is less than 10 % of the minimum flow rate of the Lena River.

The aim of the work was to study the influence of the Lena–Tuora-Kuel water pipeline on the water quality in lakes and in reservoir lakes located along its route.

In the course of the work, an analysis of the hydrochemical composition of the waters of various reservoirs located along the route of the main water pipeline was carried out. In most lakes, the maximum permissible concentration of trace elements was recorded, which negatively affects water quality. Exceedances in total hardness, magnesium, phosphates, silicon, iron, ammonium nitrogen and nitrates were revealed. Especially noticeable are significant exceedances in phenols (9.6 times), ammonium nitrogen and iron (10 times), nitrites (50 times), phosphates (1.8 times), pH (1.1 times) and total hardness (1.3 times). From 2002 to 2017, there was a noticeable increase in the mineralization of lake waters (from 1.3 to 3.1). The main factor influencing the mineralization and chemical composition of water in the reservoirs of the Lena-Amga interfluvium is anthropogenic impact.

Keywords: Lena – Tuora-Kuel water pipeline, lake, reservoir, water quality, pollutants, maximum permissible concentration (MPC)

For citation: Ushnitskaya L.A., Egorov A.V., Subetto D.A., Pestryakova L.A. Assessment of the water quality of the Lena–Tuora-Kuel main water pipeline (Lena–Amga interfluvium). *Vestnik of North-Eastern Federal University. Earth Sciences*. 2026;(2): 68-75. DOI: 10.25587/2587-8751-2026-1-68-75

Введение

В сельских поселениях Республики Саха (Якутия) проблема обеспечения населения доброкачественной водой стоит особенно остро. Это связано с тем, что исторически и географически большинство таких поселений расположены вблизи крупных озер. Однако в результате взаимодействия природных и антропогенных факторов озера, используемые для водоснабжения, быстро деградируют. В связи с этим приходится доставать воду из водоемов, находящихся на значительном расстоянии от населенных пунктов [14]. В Республике Саха (Якутия) для решения проблемы дефицита воды и ухудшения ее качества построены трубопроводы закачки воды из реки Лена по магистралям «Лена – Мюрю» и «Лена – Туора-Кюель». В данной статье оценивается качество воды вдоль трассы последнего. В 2001 году было завершено строительство водопровода от Лены до Туора-Кюель, обеспечившего питьевой водой населения трех улусов: Мегино-Кангаласский, Чурапчинский и Таттинский. Было построено 130 км водопровода и 26-километровый канал. Согласно технико-экономическому обоснованию проекта орошения и водоснабжения в группе поселков Заречья, централизованные водоснабжение должно быть обеспечено для 30 населенных пунктов и 18-ти летних лагерей в этих трех улусах, где проживает более 57 тысяч человек. В качестве источника воды выбрана река Лена. Основной водозабор для магистрального трубопровода в виде плавучей насосной станции находится выше по течению между пгт. Нижний Бестях и с. Хаптагай Мегино-Кангаласского улуса. Речная вода подается с начальным расходом 1,8 кубометра в секунду (20 миллионов кубометров в сутки) на расстоянии 128 км в течение 120 дней сезонной перекачки. Расход воды из Лены составил менее 10 % от минимального среднего стока реки.

Основная цель исследования – оценить воздействие водовода «Лена–Туора-Кюель» на качество воды в озерах и озерах-водохранилищах, расположенных вдоль его маршрута. В рамках данного исследования был проведен анализ гидрохимического состава вод водоемов по следованию магистрального водовода Лена – Туора-Кюель.

Материалы и методы исследования

Для изучения природных процессов и определения состояния воды водоемов нами были организованы створы. Створ – это условное поперечное водоема или водотока, где проводится комплекс работ для сбора данных о качестве воды. Расположение створов определялось с

учетом гидрометеорологических и морфологических особенностей водного объекта, а также близости источников загрязнения. В рамках исследований были охвачены озера-водохранилища, расположенные вдоль трассы водовода Лена-Туора-Кюель: в Мегино-Кангаласском улусе (Мундулаах, Тэппэ, Табага и Верхний Бүтөйдях); в Чурапчинском улусе (Кэтит-Кюель, Юрюнг-Кюель, Дирин, Чычаас, Лампа, Моголлои и Чурапча).

На каждой из избранных станции производился сбор материалов по гидробиологии, включая фитопланктон, зоопланктон и зообентос, а также анализировали химические показатели воды и донных отложений. Станции для отбора проб нами выбирались на характерных биотопах водоемов с учетом необходимости выявления степени трансформации биоценозов в результате антропогенных и техногенных нагрузок (рис. 1).



Рис. 1. Схема магистрального водовода Лена – Туора-Кюель

Fig. 1. Scheme of Lena – Tuora-Kuel main water pipeline

В данной работе представлены материалы гидрохимического состав вод водоемов вдоль трассы «Лена – Туора-Кюель». Аналитические работы были проведены в лабораториях ФГУ «Центр госсанэпиднадзора в РС(Я), ГУП РС (Я) «Центргеоаналитика» и в химической лаборатории водных экосистем ИПЭС АН РС (Я) по общепринятой методике [1; 2; 6; 7; 8].

Результаты и обсуждение

Озера у водовода Лена – Туора-Кюель расположены в центральной Якутии, на Лено-Амгинском междуречье. Эта аллювиальная равнина сформирована реками Леной и Амгой. Территория относится к бассейнам рек Суола и Татта, для которых характерен аласный рельеф с бугристо-западинным микрорельефом. Глубина аласов достигает 40 м. В четвертичное время рельеф менялся из-за колебательных движений, что привело к образованию грядового и холмистого рельефа, а также к расчленению речной сетью. В раннечетвертичное время формировались реки Амга и Алдан [10].

Якутия делится на арктические, субарктические и умеренную климатические зоны [3; 13]. Лено-Амгинское междуречье относится к умеренной зоне с резкоконтинентальным климатом: большие температурные колебания, мало осадков, сухой воздух. Климат формируется под влиянием высоких широт и горных хребтов. Годовая радиация 90-100 ккал/см², максимум в июне, минимум в декабре. Радиационный баланс положительный (30-32 ккал/см²) [5]. Зимой возможны потепления до -10 °С [11]. Весна (1,5 мес.) начинается с перехода температуры через 0 °С и связана с южными ветрами. В XX веке температура воздуха повысилась, особенно зимой [5; 9]. В марте радиационный баланс положителен, в октябре – отрицателен. Летом испарение превышает осадки, вызывая иссушение почвы. Зима продолжительная, холодная и малоснежная (-35...-45 °С), длится около 220 дней. Многолетняя мерзлота в Центральной Якутии, включая территории Лено-Амгинского междуречья, имеет переменную мощность и низкую температуру. Присутствуют все типы подземных льдов. Глубина сезонного протаивания варьируется (1,6–2,8 м в низинах, 2,4 м в аласах), зависит от затененности. Сезонное промерзание глубже протаивания, верхняя граница мерзлоты (1–4 м) смыкается с ним. Температура мерзлых пород на глубине 10 м колеблется (от -1,0 °С до -3,8 °С). Район исследования богат термокарстовыми озерами, которые в половодье и при обильных осадках соединяются. Трубопровод, перекрывающий естественные водные пути, может изменить направление потока, вызывая высыхание пастбищ ниже и затопление выше точки перекрытия. Для сохранения гидрологического режима построены мосты через постоянные водотоки. Также созданы санитарно-защитные зоны для охраны водоисточников. Обследованы 12 водоемов: река Лена (в точке главной насосной станции) и 11 озер. Трасса водовода река Лена – п. Туора-Кюель проходит через населенные пункты: Нижний Бестях, Майя, Чюйя, Табага, Бүтейдях, Туора-Кюель.

Минерализация воды в обследованных водоемах составила 84 – 730 мг/л. Большинство вод относятся к гидрокарбонатно-магниево-и гидрокарбонатно-натриевой категориям, а воды в Мундулаах и Тэппэ – к гидрокарбонатно-кальциевым. Концентрация магния, основного катиона, сильно варьировалась с увеличением по водному пути. Начиная с водохранилища Табага, наблюдалось превышение ПДК до двух раз. Жесткость поверхностных вод варьируется от «очень мягкой» (1,32 °Ж) на реке Лена до «жесткой» (7,16 °Ж) в озере Юрюнг-Кюель. Воды плавно переходят от очень мягкой к умеренно жесткой и далее к более жесткой группе (рис. 2).

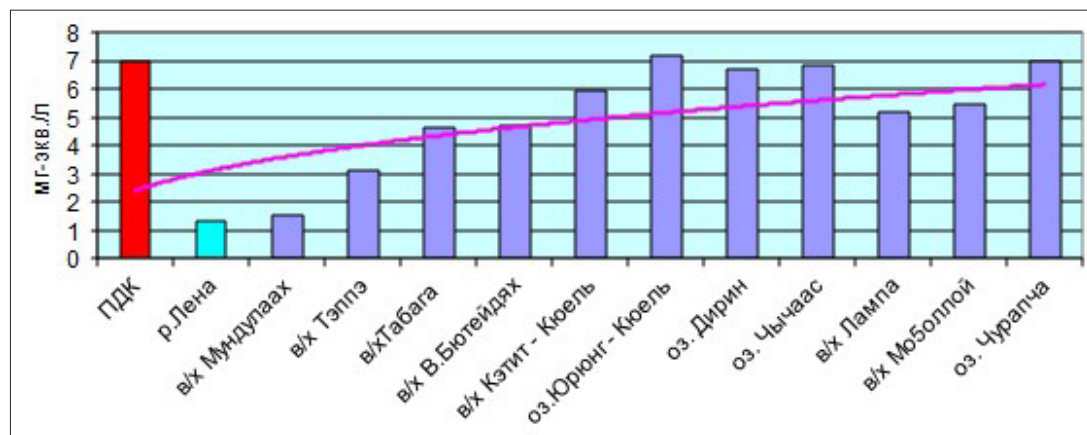


Рис. 2. Показатели общей жесткости воды в исследованных водоемах

Fig. 2. Indicators of total water hardness in the studied reservoirs

Вода в водоемах имеет слабощелочную среду (pH от 7,3 до 8,2), что делает ее немного более щелочной по сравнению с водой Лены. Фосфаты превышают ПДК в трех озерах (Табага, Кэтит-Кюель, Юрюнг-Кюель). Железо превышает ПДК везде, кроме Лены и Тэппэ. Нитриты в

озерах варьируются от 0,018 до 0,6 мг/л, превышая ПДК в Тэппэ, Табаге, Моголлои и Чурапче, что указывает на загрязнение. Повышенный аммонийный азот (0,085-0,75 мг/л, ПДК 0,39 мг/л) в водохранилищах (кроме Мундулаах) свидетельствует о загрязнении бытовыми и сельскохозяйственными стоками. Большинство водоемов (67 %) загрязнены, особенно естественные озера, куда вода поступает с территорий населенных пунктов (табл. 1). Оксид кремния в пределах нормы (4,8-26,4 мг/л).

Таблица

Содержание аммонийного азота в водоемах с различной степенью загрязненности

Table

The content of ammonium nitrogen in reservoirs with varying degrees of pollution

Степень загрязнения (классы водоемов)	Аммонийный азот, мг/дм ³	Водоемы
Очень чистые	0,05	-
Чистые	0,1	Лена, Мундулаах, Тэппэ
Умеренно загрязненные	0,2-0,3	В. Бютейдах
Загрязненные	0,4-1,0	Табага, Кэтит-Кюель, Юрюнг-Кюель, Дирин, Чычаас, Лампа, Моголлои, Чурапча
Грязные	1,1-3,0	-
Очень грязные	>3,0	-

Химический состав природных вод водовода Лена – Туора-Кюель включает микроэлементы (тяжелые и редкие металлы, галогены, радиоактивные элементы) в низких концентрациях, информация о которых важна для понимания геологической истории региона. В пробах воды обнаружено 12 элементов, превышающих ПДК: бор (В), кобальт (Со), молибден (Мо), свинец (Рb) висмут (Вi) и марганец (Мn). Наибольшее превышение ПДК зафиксировано для молибдена (336,5 раз) и кобальта (12,6 раз). Марганец превышает норму во всех пробах, особенно в озере Юрюнг-Кюель (41,8 раз).

Закключение

Большинство исследованных озер продемонстрировали ПДК различных микроэлементов. Качество воды было ограничено из-за высоких показателей концентрации микроэлементов. Качество воды ограничено превышением общей жесткости (до 1,02), магния и фосфатов (до 1,7 соответственно), кремния (до 2,6), железа (до 3,8), аммонийного азота (до 2,0) и нитратов (до 7,5). Также были зафиксированы значительные превышения ПДК по фенолам (в 9,6 раз), аммонийному азоту и железу (в 10 раз), нитритам 50 раз), фосфатам (в 1,8 раза). рН (в 1,1 раза) и общей жесткости (в 1,3 раза).

Мониторинг осуществлялся в 2002, 2004, 2010 и 2017 годах. Следует отметить, что по сравнению с 2002 годом в 2017 году наблюдалось значительное увеличение минерализации озерных вод: от 1,3 (озеро Дирин) до 3,1 (озеро Юрюнг-Кюель) [15].

Данные мониторинга показывают, что антропогенное воздействие на минерализацию и содержание основных химических компонентов озерной воды в водохранилищах Лено-Амгинского междуречья является наиболее заметным.

Литература

1. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат; 1953. 250 с.
2. Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев В.А. Руководство по химическому анализу вод и суши. Л.: Гидрометеиздат; 1973. 269 с.

3. Атлас сельского хозяйства Якутской АССР. М.: Главное управление геодезии и картографии при совете министров СССР; 1989. 115 с.
4. Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии. 2-е изд., перераб. и доп. Якутск: Якутское книжное издательство; 1973. 119 с.
5. Гаврилова М.К. Изменения климата в районах «вечной мерзлоты» на протяжении XX века в России. Влияние климатических и экологических изменений на мерзлотные экосистемы. В кн.: Труды Третьей Международной конференции «Роль мерзлотных экосистем в глобальном изменении климата»; 27–31 авг. 2006 г.; Якутск. Якутск; 2007:9–15.
6. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества водоемов и водотоков.
7. ГОСТ 24481-80. Вода питьевая. Отбор проб.
8. ГОСТ 4979-79. Вода хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения. Методы химического анализа. Отбор, хранение и транспортирование проб.
9. Кириллина К.С. Современные тенденции изменения климата Республики Саха (Якутия). *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета*. 2013;(30):69–77.
10. Коржуев С.С., Федорова Р.В. Чекуровский Мамонт и условия его обитания. *Доклады АН СССР*. 1962;143(1).
11. Мишнина Г.А. Потепление и выпадение осадков в зимний период при восточном процессе на территории Якутской АССР [рукопись]. Якутск: Фонд ЯУГМС; 1959. 16 с.
12. Ушницкая Л.А., Пестрякова Л.А., Субетто Д.А., Троева Е.И. Морфометрическая характеристика озер Лено-Амгинского междуречья. *Наука и образование*. 2014;(4):71–76.
13. Сивцева А.И., Мостахов С.Е., Дмитриева З.М. География Якутской АССР. 3-е изд., испр. и доп. Якутск: Кн. изд-во; 1990. 167 с.
14. Ушницкая Л.А., Городничев Р.М., Пестрякова Л.А. Морфометрические и гидрохимические характеристики озер сельских поселений Усть-Алданского района (Центральная Якутия). *Региональные гео-системы*. 2021;45(2):214–226. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2021-45-2-214-226>
15. Ушницкая Л.А. Геоэкологическая оценка состояния разнотипных озёр Лено-Амгинского междуречья [диссертация]. Якутск; 2025. 277 с.

References

1. Alekin O.A. *Fundamentals of hydrochemistry*. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1953:250 (in Russian).
2. Alekin O.A., Semenov A.D., Skopintsev V.A. *Manual on chemical analysis of waters and land*. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1973:269 (in Russian).
3. Atlas of agriculture of the Yakut ASSR. Moscow: Main Directorate of Geodesy and Cartography under the Council of Ministers of the USSR; 1989:115 (in Russian).
4. Gavrilova M.K. *Climate of Central Yakutia*. 2nd ed. Yakutsk: Yakut Book Publishing House; 1973:119 (in Russian).
5. Gavrilova M.K. Climate change in permafrost areas during the twentieth century in Russia. The influence of climatic and ecological changes on permafrost ecosystems. In: *The Role of Permafrost Ecosystems in Global Climate Change: Proceedings of the Third International Conference*, August 27–31, 2006, Yakutsk. Yakutsk; 2007:9–15 (in Russian).
6. GOST 17.1.3.07-82. Nature protection. The hydrosphere. Rules for quality control of reservoirs and watercourses (in Russian).
7. GOST 24481-80. Drinking water. Sampling (in Russian).
8. GOST 4979-79. Drinking and industrial water supply. Methods of chemical analysis. Sampling, storage and transportation of samples (in Russian).
9. Kirillina K.S. Modern trends in climate change in the Republic of Sakha (Yakutia). *Scientific Notes of the Russian State Hydrometeorological University*. 2013;(30):69–77 (in Russian).
10. Korzhuev S.S., Fedorova R.V. The Chekurovsky Mammoth and its habitat conditions. *Reports of the USSR Academy of Sciences*. 1962;143(1) (in Russian).
11. Mishnina G.A. Warming and precipitation in winter during the eastern process in the territory of the Yakut ASSR [manuscript]. Yakutsk: YAUGMS Foundation; 1959:16 (in Russian).

12. Ushnitskaya L.A., Pestryakova L.A., Subetto D.A., Troeva E.I. Morphometric characteristics of lakes of the Lena-Amga interfluvium. *Science and Education*. 2014;(4):71–76 (in Russian).
13. Sivtseva A.I., Mostakhov S.E., Dmitrieva Z.M. *Geography of the Yakut ASSR*. 3rd ed. Yakutsk: Publishing House; 1990:167 (in Russian).
14. Ushnitskaya L.A., Gorodnichev R.M., Pestryakova L.A. Morphometric and hydrochemical characteristics of lakes in rural settlements of Ust-Aldan district (Central Yakutia). *Regional Geosystems*. 2021;45(2):214–26 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2021-45-2-214-226>
15. Ushnitskaya L.A. Geocological assessment of the state of lakes of various types in the Lena-Amga interfluvium [dissertation]. Yakutsk; 2025:277 (in Russian).

Сведения об авторах

УШНИЦКАЯ Лена Алексеевна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории по изучению экологического состояния Арктики – БиоМ (Биологический мониторинг) эколого-географического отделения Института естественных наук СВФУ им. М.К. Аммосова, SPIN: 7080-7223

E-mail: ulena-77@mail.ru

ЕГОРОВ Айтал Вячеславович – аспирант эколого-географического отделения Института естественных наук СВФУ им. М.К. Аммосова, SPIN: 1876-9543

E-mail: aital.e@mail.ru

СУБЕТТО Дмитрий Александрович – доктор географических наук, профессор, декан факультета географии Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена, ORCID: 0000-0002-3585-8598, ResearcherID: A-4467-2014, Scopus Author ID: 6602963673, SPIN: 8799-7111

E-mail: subetto@mail.ru

ПЕСТРЯКОВА Людмила Агафьевна – доктор географических наук, главный научный сотрудник, профессор эколого-географического отделения Института естественных наук 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

Author Information

Lena A. USHNITSKAYA – Cand. Sci. (Geography), Senior Researcher, Laboratory for the Study of the Ecological State of the Arctic – BIOM (Biological Monitoring), Department of Ecology and Geography, Institute of Natural Sciences, M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russian Federation, SPIN: 7080-7223

E-mail: ulena-77@mail.ru

Aital V. EGOROV – Post-Graduate Student, Department of Ecology and Geography, Institute of Natural Sciences, M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russian Federation, SPIN: 1876-9543

E-mail: aital.e@mail.ru

Dmitry A. SUBETTO – Dr. Sci. (Geography), Professor, Dean of the Faculty of Geography, A. I. Herzen Russian State Pedagogical University, ORCID: 0000-0002-3585-8598, ResearcherID: A-4467-2014, Scopus Author ID: 6602963673, SPIN: 8799-7111

E-mail: subetto@mail.ru

Lyudmila A. PESTRYAKOVA – Dr. Sci. (Geography), senior researcher, Department of Ecology and Geography, 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

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию / Submitted 21.05.2026

Поступила после рецензирования / Revised 12.06.2026

Принята к публикации / Accepted 22.06.2026