



Published in the Russian Federation
Oriental Studies (Previous Name: Bulletin of the Kalmyk Institute
for Humanities of the Russian Academy of Sciences)
Has been issued as a journal since 2008
ISSN: 2619-0990; E-ISSN: 2619-1008
Vol. 17, Is. 5, Pp. 1127–1140, 2024
Journal homepage: <https://kigiran.elpub.ru>



УДК / UDC 94(571.56)“191/198”

DOI: 10.22162/2619-0990-2024-75-5-1127-1140

Проблема деградации «вечной мерзлоты» и развитие геокриологической науки в Якутии в XX в.

Александр Альбертович Сулейманов¹, Айталиня Родионовна Федорова²,
Святослав Игоревич Федоров^{3,4}, Дмитрий Андреевич Апросимов⁵

¹ Институт гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов Севера СО РАН
(д. 1, ул. Петровского, 677027 Якутск, Российская Федерация)
кандидат исторических наук, старший научный сотрудник
 0000-0001-8746-258X. E-mail: alexas1306[at]gmail.com

² Институт гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов Севера СО РАН
(д. 1, ул. Петровского, 677027 Якутск, Российская Федерация)
младший научный сотрудник
 0000-0002-6487-3914. E-mail: aytap[at]mail.ru

³ Институт гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов Севера СО РАН
(д. 1, ул. Петровского, 677027 Якутск, Российская Федерация)
младший научный сотрудник
⁴ Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова (д. 58, ул. Белинского,
677027 Якутск, Российская Федерация)
старший преподаватель
 0000-0002-8610-3689. E-mail: fedorov.si[at]mail.ru

⁵ Институт гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов Севера СО РАН
(д. 1, ул. Петровского, 677027 Якутск, Российская Федерация)
младший научный сотрудник
 0000-0003-4418-297X. E-mail: dmitrii.aprosimov[at]gmail.com

© КалмНЦ РАН, 2024

© Сулейманов А. А., Федорова А. Р., Федоров С. И., Апросимов Д. А., 2024

Аннотация. Целью статьи является реконструкция динамичной картины, характеризующей деградацию многолетнемерзлых пород («вечной мерзлоты») и ее последствия для населения Якутии в период с начала XX в. и до конца советской эпохи, а также определение роли данной проблемы в развитии геокриологии в регионе. *Материалы и методы.* В основе исследования лежит анализ разрозненных документальных свидетельств, выявленных в архивных и музейных фондах в гг. Москве, Иркутске и Якутске, полевых материалов авторов, а также данных из имеющей отношение к рассматриваемой проблематике научной литературы. *Результаты.* Проведенная работа позволила отметить, что деградация «вечной мерзлоты» в результате

антропогенного воздействия на протяжении рассмотренного периода являлась в целом перманентным процессом. Для городских поселений отмеченные случаи были связаны либо с изначальными ошибками при проектировании зданий и сооружений, либо с недостаточным учетом фактора «вечной мерзлоты» в процессе их эксплуатации. В случае с сельской местностью подобное вмешательство человека представляло собой, в первую очередь, сведение растительного покрова для создания пашен и луговых угодий. Показано, что необходимость своевременного ответа на возникающие вызовы способствовала развитию геокриологической науки в Якутии, ее обогащению новыми оригинальными направлениями изысканий в рамках инженерной геокриологии и сельскохозяйственной экологии в криолитозоне.

Ключевые слова: Якутия, Академия наук СССР, научные исследования, многолетнемерзлые породы, термокарст, советский период

Благодарность. Работа выполнена в рамках реализации государственного задания по проекту «Азиатская Арктика в XX веке: интеллектуальное и индустриальное освоение, реализация ресурсно-природного и человеческого потенциала Якутии в советский период», а также по гранту Главы Республики Саха (Якутия) молодым ученым, специалистам и студентам Республики Саха (Якутия).

Для цитирования: Сулейманов А. А., Федорова А. Р., Федоров С. И., Апросимов Д. А. Проблема деградации «вечной мерзлоты» и развитие геокриологической науки в Якутии в XX в. // *Oriental Studies*. 2024. Т. 17. № 5. С. 1127–1140. DOI: 10.22162/2619-0990-2024-75-5-1127-1140

The Problem of Permafrost Degradation and Development of Geocryological Science in Yakutia in the Twentieth Century

Alexander A. Suleymanov¹, Aytalina R. Fedorova², Svyatoslav I. Fedorov^{3,4}, Dmitry A. Aprosimov⁵

- ¹ Institute for Humanities Research and Indigenous Studies of the North, Siberian Branch of the RAS (1, Petrovsky St., 677027 Yakutsk, Russian Federation)
Cand. Sc (History), Senior Research Associate

 0000-0001-8746-258X. E-mail: alexas1306[at]gmail.com

- ² Institute for Humanities Research and Indigenous Studies of the North, Siberian Branch of the RAS (1, Petrovsky St., 677027 Yakutsk, Russian Federation)
Junior Research Associate

 0000-0002-6487-3914. E-mail: aytap[at]mail.ru

- ³ Institute for Humanities Research and Indigenous Studies of the North, Siberian Branch of the RAS (1, Petrovsky St., 677027 Yakutsk, Russian Federation)
- ⁴ Junior Research Associate

Ammosov North-Eastern Federal University (58, Belinsky St., 677027 Yakutsk, Russian Federation)
Senior Lecturer

 0000-0002-8610-3689. E-mail: fedorov.si[at]mail.ru

- ⁵ Institute for Humanities Research and Indigenous Studies of the North, Siberian Branch of the RAS (1, Petrovsky St., 677027 Yakutsk, Russian Federation)
Junior Research Associate

 0000-0003-4418-297X. E-mail: dmitrii.aprosimov[at]gmail.com

© KalmSC RAS, 2024

© Suleymanov A. A., Fedorova A. R., Fedorov S. I., Aprosimov D. A., 2024

Abstract. Goals. The article aims to reconstruct a dynamic pattern characterizing the degradation of permafrost and its consequences for Yakutia's population from the early twentieth century to the late Soviet era, as well as to articulate the role of this problem in the development of geocryology in the region. **Materials and methods.** The study basically analyzes scattered documentary evidence discovered in archival and museum collections of Moscow, Irkutsk and Yakutsk, the authors' field materials, and data from related scientific publications. **Results.** The conducted work makes it possible to note that permafrost degradation caused by anthropogenic impacts was largely somewhat permanent process throughout the period under consideration. In

case of urban settlements, corresponding cases were associated with either initial design defects (buildings and structures) or insufficient consideration of the permafrost factor (during the latter's operation). In case of rural areas, such human intervention was primarily manifested in the removal of vegetation cover aimed at creating arable and meadow lands. It is shown that the need for timely responses to emerging challenges contributed to the development of geocryological science in Yakutia, its enrichment with new original areas of research within the framework of engineering geocryology and agricultural ecology across the cryolithic zone.

Keywords: Yakutia, USSR Academy of Sciences, scientific research, permafrost, thermokarst, Soviet era

Acknowledgements. The reported study was funded by government assignment, project 'Asiatic Arctic in the Twentieth Century: Intellectual and Industrial Development, Fulfillment of Resource, Natural and Human Potentials of Yakutia in the Soviet Period'; and co-funded by the Grant Program under Head of the Republic of Sakha (Yakutia) for young scientists, specialists and students of the Republic of Sakha (Yakutia).

For citation: Suleymanov A. A., Fedorova A. R., Fedorov S. I., Aprosimov D. A. The Problem of Permafrost Degradation and Development of Geocryological Science in Yakutia in the Twentieth Century. *Oriental Studies*. 2024; 17 (5): 1127–1140. (In Russ.). DOI: 10.22162/2619-0990-2024-75-5-1127-1140



1. Введение

Республика Саха (Якутия) занимает площадь, равную 3 103,2 тыс. км², и по этому показателю является не только крупнейшим субъектом Российской Федерации, но и самой большой административно-территориальной единицей в мире. Практически полностью территория региона находится в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП) — «вечной мерзлоты». Именно в Якутии этот природный феномен достигает своей максимальной мощности, составляющей порядка 1,5 км.

Различные исследования свидетельствуют о том, что «вечная мерзлота» служит фактическим каркасом, несущей конструкцией для системы жизнеобеспечения населения арктических и субарктических территорий. Дело не только в том, что от состояния мерзлоты зависит устойчивость жилых зданий, промышленных сооружений, объектов инфраструктуры [Чжан и др. 2020: 12–16]. Наличие ММП создает условия для ведения сколь-либо эффективной сельскохозяйственной деятельности в Якутии, так как регион по количеству выпадаемых в течение года осадков относится к зоне полупустыни [Егоров и др. 2009: 17]. Именно «вечная мерзлота» играет важнейшую роль в их удержании в деятельном слое почвы [Шепелев 2011: 53–71]. При этом протека-

ющие в толще многолетнемерзлых пород процессы являются также и средообразующими, которые формируют специфические мерзлотные ландшафты [Федоров 1991: 5–135].

Самым очевидным примером роли мерзлотных ландшафтов в формировании не только хозяйственных комплексов, системы расселения, но и этнокультурных особенностей, безусловно, являются аласы — замкнутые или полужамкнутые безлесные котловины, к проживанию в пределах которых вплоть до административных преобразований в Якутии в 1920–1930-е гг. преимущественно тяготели представители крупнейшего этноса региона — якуты (саха) [Брагина 2021: 13–16]. С подобным нюансом расселения даже связывают некоторые особенности в их менталитете, существование так называемого «аласного патриотизма» [Елисеева 2019: 698]. Таким образом, очевидно, что фактор «вечной мерзлоты» в значительной степени формирует фундаментальные основы жизни и деятельности человека на территории Якутии.

Между тем в последние десятилетия население республики все чаще сталкивается с причиняющими серьезный социально-экономический ущерб последствиями развития негативных криогенных процессов, которые ведут к деградации ледового ком-

плекса, его «таянию». Деградация ММП, как ожидается, к середине XXI в. затронет 33,6 % инфраструктуры в Якутии, что, естественно, повлечет за собой значительные социальные и экономические издержки [Streletskiy et al. 2019: 25003]. Вследствие этого в зону риска попадают многочисленные населенные пункты, промышленные объекты и земли сельскохозяйственного назначения, которые расположены в пределах распространения сильнольдистых мерзлых пород и ледового комплекса (40 % территории Якутии [Shestakova et al. 2021: 462]).

Насущность проблемы деградации «вечной мерзлоты» и ее последствий для населения региона привела к достаточно высокой исследовательской активности и выходу в свет значительного круга работ [Katamura et al. 2009; Saito et al. 2018; Streletskiy et al. 2019; Федоров 2020; Lytkin, Syromyatnikov 2021; и др.], авторы которых, тем не менее, не пришли к консенсусу о том, что считать главным триггером происходящих изменений: результат антропогенного воздействия [Варламов и др. 2021: 143] или климатические трансформации последних десятилетий, которые характеризуются устойчивым трендом на повышение среднегодовых температур воздуха. В отношении последнего фактора, например, один из ведущих современных специалистов по изучению термокарста (вытаивание подземного льда) А. Н. Федоров отметил: «ледовый комплекс, достаточно стабильно функционировавший до 1990-х годов в результате климатических сдвигов ... быстро теряет устойчивость. В результате в безлесных ландшафтах ледового комплекса в Центральной Якутии грунты из-за таяния подземных льдов проседают со скоростью от 5–10 см до 13–18 см в год в формирующихся термокарстовых западинах. В результате такого потепления до 40–50 % пашен на ледовом комплексе деградировали из-за таяния подземных льдов» [Федоров 2020: 252].

При этом из поля зрения исследователей несколько выпала реконструкция масштабов деградации ММП в недавнее по геологическим меркам прошлое — в последние столетия. В этой связи значитель-

ный интерес представляет выяснение двух моментов. Во-первых, какую активность и последствия для населения Якутии имели процессы деградации многолетнемерзлых пород в предыдущие исторические периоды? Ответ на этот вопрос среди прочего мог бы позволить подготовить исторические основания для определения в сопоставлении с ролью антропогенного воздействия «вклад» текущих климатических трансформаций в процессы деградации ММП. Во-вторых, какую роль проблема деградации «вечной мерзлоты» сыграла в становлении «науки о мерзлоте» — геокриологии — в Якутии?

Целевой установкой данной статьи является попытка хотя бы частичного заполнения указанной историографической лакуны: обобщение разрозненных документальных свидетельств и реконструкция на этой основе динамичной картины, характеризующей деградацию ММП и ее последствия для населения Якутии в период с начала XX в. и до конца советской эпохи в контексте развития геокриологии. Верхняя граница выбранного хронологического промежутка связана с началом активного каменного строительства в г. Якутске, нижняя — со значительной интенсификацией процессов деградации «вечной мерзлоты» в Якутии в последнее десятилетие XX в., масштабы и последствия которой в этой связи представлены в ряде научных работ [Saito et al. 2018; Федоров 2020; Варламов и др. 2021; Lytkin, Syromyatnikov 2021; и др.].

Вместе с тем необходимо оговориться, что на данном этапе подобные исследования существенно лимитированы недостаточностью фактического материала. Очевидно, что естественные изменения ландшафтов, тем более протекающие постепенно в условиях высокой дисперсности поселений и их малочисленности по состоянию даже на 1930-е гг. [Федорова 1999: 119–127], не всегда могли считаться достаточным основанием для фиксации в документах. По этой причине, как правило, лучший отклик находили неожиданные происшествия природного характера. В частности такие, как наводнения. Кроме того, зачастую невозможно с необходимой степенью точности верифици-

ровать, связаны ли те или иные отдельные упоминания об изменениях в ландшафте с развитием различных негативных криогенных процессов.

2. Материалы и методы

Для достижения заявленной цели привлечен комплекс источникового материала: выявленные в фондах Архива Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова Сибирского отделения РАН (ИМЗ СО РАН, г. Якутск), Архива РАН (г. Москва), Государственного архива Иркутской области (г. Иркутск), Национального архива Республики Саха (Якутия), Якутского государственного объединенного музея истории и культуры народов Севера им. Ем. Ярославского (ЯГОМ, г. Якутск) документы; полевые материалы авторов, собранные в 2021 г. и 2023 г. в ходе исследований в Хангаласском, Верхневилуйском и Олёкминском районах Якутии, а также сведения из имеющей отношение к рассматриваемой проблематике научной литературы.

3. Деградация «вечной мерзлоты» в Якутии в прошлом: предания и факты

Выше отмечалась роль мерзлотных ландшафтов в жизни населения Якутии. Вместе с тем их формирование в значительной степени обусловлено процессами дегградации ледового комплекса, вытаяванием подземного льда. К примеру, аласообразование происходит вследствие термокарста и включает такие последовательные стадии развития форм рельефа, как: зачаточный былар, былар, иё, дюёдя, тымпы и алас [Соловьев 1959: 12–15].

Важную роль в формировании термокарстовых форм рельефа, как отмечает Р. В. Десяткин, играет климатический фактор [Десяткин 2008: 37]. С изменениями климатических условий в голоцене он вызывает «частичную дегградацию ледового комплекса», которой обусловлено развитие «современного аласного рельефа» [Десяткин 1984: 28]. С тем, что «современные ландшафтно-климатические условия установились во время климатического оптимума голоцена, примерно после рубежа в

5 500 лет назад» согласен и А. Н. Федоров. В оптимум голоцена на территории Якутии отклонения средних годовых температур воздуха по отношению к современным оцениваются в среднем в $+1-2^{\circ}$ для центральных и южных районов и в $+2-3^{\circ}\text{C}$ для северных [Федоров 2020: 59]. Однако и после этого периода мерзлотные ландшафты не были статичны и реагировали на изменения климатических условий [Десяткин 2008: 37–43].

В этом отношении показательно, что геокриология является одной из немногих исследовательских дисциплин, представители которой оперируют в своей профессиональной деятельности терминологией, опирающейся среди прочего на лексику языков народов России. Так, из якутского языка были заимствованы наименования указанных форм мерзлотного рельефа (*былларааттабас* — имеющий много мелких бугорочков, местами вздутый [БТСЯЯ 2005: 709]; *дүөдэ* — глубокое озеро посреди леса со склонившимися к воде засохшими деревьями и с обрывистыми краями [БТ СЯЯ 2006: 208], *тымпы* — озеро в лесу (без береговой полосы) [БТСЯЯ 2014: 419], *алаас* — чистое поле или луг, окруженное лесом; чистая поляна среди леса, поле или луг, окруженные лесом (обычно с озерком посередине) [БТСЯЯ 2004: 391]), а также некоторых других, включая, например, *булгуннахи* (*булгуннах* — возвышение небольшой окружности нередко с крутыми склонами, холм [БТСЯЯ 2005: 494]) и *байджарахи* (*бадьараах* — обрывистая крутая горка [ДСЯЯ 1976: 57]).

Очевидно, что с каждой из этих форм развития мерзлотного рельефа, возникающих вследствие термокарста, якуты, так или иначе, имели дело в процессе своей жизнедеятельности. Таким образом, с проявлениями дегградации «вечной мерзлоты» население региона сталкивалось достаточно давно.

Переходя же к конкретным примерам изменения форм рельефа в связи с дегградацией ММП в прошлом, представляется целесообразным привести одно из зафиксированных нами в с. Липпе-Атах Верхневи-

луйского улуса (района) в сентябре 2021 г. в ходе исследований в рамках поддержанного Российским научным фондом проекта «Антропология холода: естественные низкие температуры в системе жизнеобеспечения сельских сообществ Якутии (традиционные практики, вызовы современности и стратегии адаптации)» преданий: «Рассказывая про эвенков... Рядом с селом есть местность Сыырдаах, но его название непосредственно в ее пределах произносить нельзя. Говорят, давным-давно был один табунщик, который по этой местности скакал на лошади и все время повторял „Сыырдаах, Сыырдаах“, и у него один табун во главе с вожакон утонул в озере. Поэтому, когда мы были маленькими, старики нам всегда запрещали произносить его название. Местность эта окружена горками, сама она провалилась глубоко вниз. Там раньше можно было увидеть макушки лиственниц под водой. По легенде там, в этой местности, до того, как она ушла под воду, племя с „защитными лицами“ рубили деревья, из-за этого с деревьев полилась кровь, земля затряслась и рухнула вниз, так и образовалось там озеро, все племя там и потонуло. Вот такая вот легенда, неизвестно, правда ли это, вымысел ли» [ПМА 2021: Инф. 2].

В настоящем сюжете, помимо красочной интерпретации причин изменения состояния окружающей среды, мы можем выявить некоторые интересные моменты. Во-первых, не представляется возможным определить время возникновения этой легенды, но само ее существование показывает, что трансформация ландшафта не остается незамеченной и отражается даже в устном фольклоре. Во-вторых, определенный акцент в ней делается на табу, связанное с номинацией, а также на антропогенный фактор описываемых ландшафтных изменений. Эвфемизация — частый прием в духовной культуре якутов, отдельная группа таких терминов относится и к уважительно-наименованию окружающей среды: животных, ландшафта и пр. Сама природа такого сознательного избегания употребления топонимических обозначений, несомненно, связана с анимистическими представления-

ми и страхом перед природой. Любопытно и то, что этот запрет в легенде связывают с «кровавым» вредительством, будто по представлениям людей природа оказывается враждебной и вследствие понесенного ущерба противопоставляется человеку.

Проведенные авторами исследования на настоящий момент не позволили установить, имеет ли указанное предание под собой какие-то реальные основания. Вместе с тем механизм образования термокарстовых озер передан в целом верно. Нарушение теплобалансового режима земной поверхности вследствие удаления при распахке древесного и кустарникового ярусов растительного покрова ведет к более сильному прогреванию грунтов под воздействием прямых солнечных лучей, что имеет следствием повышение глубины сезонно-талого слоя и температуры многолетнемерзлых пород. Именно с удалением теплоизолирующего напочвенного покрова и вырубкой древесного яруса авторы монографии «Мониторинг теплового режима грунтов Центральной Якутии» связывают наиболее интенсивные повышения температуры ММП, ведущие к потере их устойчивости и последующему развитию термокарста, естественно, включая и формирование указанных ранее специфических форм рельефа [Варламов и др. 2021: 144].

Исходя из выявленных документальных источников, вероятно, впервые в значительных масштабах с последствиями деградации ММП население Якутии столкнулось с началом активного гражданского каменного строительства в г. Якутске. В связи с этим в 1917 г. якутский губернатор Р. Э. фон Витте обратился к иркутскому генерал-губернатору с просьбой о выделении 600 руб. для организации наблюдения за температурным режимом грунтов у фундамента Реального училища.

Построенное в 1910 г. здание этого образовательного учреждения достаточно быстро покрылось «серьезными многочисленными трещинами», которые грозили, по мнению адресанта, разрушением в случае, «если не будут приняты своевременные серьезные меры» [ГА ИО. Ф. 31. Оп. 2. Д. 2.

Л. 106.]. Отмечалось также, что «причиной разрушения здания является постепенное оттаивание почвы под подошвой фундамента внутренних стен вследствие отепления здания и связанное с оттаиванием грунта понижение линии вечной мерзлоты» [ГА ИО. Ф. 31. Оп. 2. Д. 2. Л. 106.]. В результате «с 1911 года полы и потолки, дверные и оконные просветы в коридорах и классах, и арки получили уклон, идущий от наружных стен к внутренним. Этот уклон в месте наибольшего своего понижения... имеет 0,025 саж. На протяжении 1,33 саж.» [ГА ИО. Ф. 31. Оп. 2. Д. 2. Л. 4.]. Среди мер для исправления ситуации, в том числе, предлагалось сооружение черного пола, «непроницаемого для передачи теплоты и холода» [ГА ИО. Ф. 31. Оп. 2. Д. 2. Л. 6].

Одновременно фиксировались проблемы у «недавно отстроенного здания Окружного суда (в настоящее время в нем размещается Академия наук РС(Я). — А. С., А. Ф., С. Ф., Д. А.)» [ГА ИО. Ф. 31. Оп. 2. Д. 2. Л. 106.], которое «уже имело трещины в наружных стенах», и здание Казенной монополии, где также возникли трещины. По этой причине Р. Э. фон Витте, вероятно, одним из первых в Якутии указал на целесообразность постановки процесса каменного строительства в условиях «вечной мерзлоты» на научные рельсы [ГА ИО. Ф. 1. Оп. 2. Д. 2. Л. 106.].

Приблизительно в этом же времени относится фотосвидетельство последствий увеличения температуры многолетнемерзлых грунтов для одного из выполненных из кирпича зданий в г. Якутске, отложившееся в фондах ЯГОМ под заголовком «Разрушающийся дом, выстроенный без учета мерзлоты» [ЯГОМ: КПФ-12562].

Сохранились и отдельные свидетельства развития термокарста на участках, использовавшихся в сельскохозяйственных целях. В частности Н. В. Воленс в ходе своих исследований в составе Якутской комплексной экспедиции Академии наук (АН) СССР 1925–1930 гг. на территории современного Амгинского улуса отметила следующее: «Оставление пашни на несколько лет в залежи и, наконец, забрасывание ее практи-

куется очень широко. Во многих случаях забрасывание пашен бывает совершенно неизбежно. Например, там, где расчищенная из-под леса пашня, через несколько лет обработки, дает, вследствие таяния подпочвенного льда провалы и образует овраги — это встречается довольно часто» [АРАН. Ф. 582. Оп. 5. Д. 95. Л. 68].

Участники данной экспедиции фиксировали подобные процессы также на современной территории соседнего с Амгинским Мегино-Кангаласского улуса — в окрестностях с. Бютейдах, где происходил «процесс углубления и расширения озера на месте провалившейся от таяния подпочвенного льда пашни» [ЯГОМ: КПФ-8540].

Очевидно, к этому времени проблема деградации ММП на участках сельскохозяйственного назначения в Якутии имела определенную актуальность, так как, например, в 1933 г. в п. Бердигестях, в тот период относившемся к Намскому району Якутской АССР, Якутским отделением землеустроительного треста СССР (Госземтрест) с целью «выявления изменений рельефа местности ... в связи оттаиванием» был заложен опытный участок с прорытой канавой, за состоянием которого дважды в год (июнь и октябрь) велись наблюдения [НА РС(Я). Ф. Р-522. Оп. 11. Д. 62. Л. 1].

4. Институализация геокриологической науки и развитие инженерной геокриологии в Якутии в свете развития негативных криогенных процессов

Еще более очевидной демонстрацией имевшихся проблем и в целом необходимости учета фактора «вечной мерзлоты» в ходе «рывка» советского государства на Север является относящееся ко второй половине 1920-х – 1930-м гг. оформление в самостоятельную отрасль научных знаний геокриологии. Данное событие связывается главным образом с выходом в 1927 г. в свет первой профильной монографии М. И. Сумгина «Вечная мерзлота почвы в пределах СССР» [Каменский 2001: 16]. В организационной же части институализация геокриологии выразилась в создании специальных исследовательских структур: первоначально (1929) —

Комиссии, затем (1936) — Комитета по изучению вечной мерзлоты, а в 1939 г. — Института мерзлотоведения им. В. А. Обручева АН СССР (ИНМЕРО, г. Москва) [*Академическое* 1997: 9–10].

В 1935 г. была организована Якутская мерзлотная станция Главсевморпути, после ряда преобразований в 1941 г. ставшая фактической основой для появления первого в Якутии постоянного академического учреждения — Якутской научно-исследовательской мерзлотной станции (ЯНИМС) ИНМЕРО [*АРАН. Ф. 174. Оп. 26. Д. 77. Л. 71*]. Таким образом, стационарные академические исследования в регионе начались с работ в области геокриологии, что, как представляется, также является одним из показателей значимости фактора «вечной мерзлоты» в экономике и жизни населения Якутии. Именно с деятельностью сотрудников данной структуры (с 1960 г. — Института мерзлотоведения СО АН СССР) связан основной объем верифицированных данных, касающихся вопросов изменения термовлажностного режима ММП и развития негативных криогенных процессов в последующие периоды.

Так, с 7 по 12 мая 1942 г. по просьбе НКВД Якутской АССР сотрудники ЯНИМС ИНМЕРО произвели мерзлотно-грунтовые исследования для определения причины деформации кирпичного здания НКВД в г. Якутске по ул. Дзержинского. Деформация стены здания произошла внезапно в октябре 1941 г. и сопровождалась, по словам работающих в прилегающей комнате сотрудников, «треском и осыпанием штукатурки» [*АРАН. Ф. 268. Оп. 1. Д. 267. Л. 3*].

Для осмотра фундамента в октябре 1941 г. вдоль стены здания было вырыто три шурфа на глубину 2,2 м (глубина деятельного слоя). В мае 1942 г. со дна шурфов было пробурено две скважины глубиной 5,7 и 6,2 м.

Результаты проведенных изысканий показали, что на месте расположения скважины № 1 грунты протаяли на глубину 5,7 м. Протаивание произошло в связи с тем, что в этом месте в 1939 г. были уложены в галерею на глубину 0,7 м подводящие трубы парового отопления. В результате выделяемо-

го паровыми трубами тепла в течение трех отопительных сезонов мерзлые грунты протаяли на 3,5 м ниже подошвы фундамента. Оттаявшие грунты при этом дали осадку на 8–9 см. В результате одна из колонн наружной стены просела, и примыкающие к ней части капитальной стены дали деформацию сдвига с переносом оконных перемычек и образованием косых трещин.

На основе проведенных изысканий были выработаны следующие рекомендации: 1) демонтаж труб парового отопления и укладка их на поверхность грунта в коробе, засыпанном шлаком или опилками. У входа в здание эти трубы требовалось приподнять на 25–30 см; 2) ослабление нагрузки с фундамента демонтированной части стены и перенос ее на прилегающие недеформированные части стены (заложение балок или устройство свода); 3) удаление воды из протаявших грунтов до наступления морозов [*АРАН. Ф. 268. Оп. 1. Д. 267. Л. 1–3*].

Подобных примеров как в г. Якутске, так и в других крупных населенных пунктах Якутии в последующем было достаточно много, что актуализировало развитие инженерной геокриологии, организационное оформление которой в форме выделения самостоятельного подразделения в стенах Института мерзлотоведения СО АН СССР произошло в 1960 г., когда была создана лаборатория механического и теплового взаимодействия мерзлых грунтов с надземными и подземными сооружениями [*Академическое* 1997: 41].

Развитие инженерной геокриологии позволило находить и внедрять достаточно эффективные решения для нивелирования возникающих вызовов, как, например, в случае со зданием Якутской ТЭЦ [*Заболотник* 2016: 19–24]. Хотя это не решило всех проблем, и происшествия, связанные с нарушением устойчивости фундаментов зданий и сооружений в городских поселениях Якутии из-за повышения температуры грунтов, возникают и в наши дни, однако в принципиальном отношении ответы на то, как необходимо «взаимодействовать» с «вечной мерзлотой» в условиях города с

научной точки зрения, благодаря развитию геокриологии, были даны.

5. Разработка вопросов деградации многолетнемерзлых пород в сельской Якутии

Несколько иная ситуация характерна для проблем, возникающих в сельской местности. В этой связи далее остановимся на вопросах деградации многолетнемерзлых пород и, в первую очередь, развития термокарста на землях сельскохозяйственного назначения в Якутии. Одним из показателей активности термокарста на таких территориях, например, в 1950-е гг. являются материалы, представленные в классической работе П. А. Соловьева «Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья» 1959 г. При разработке генетической классификации типичных форм термокарста ученый в качестве примеров приводил различные стадии аласного рельефа, зафиксированные им в ходе полевых исследований на территории Алексеевского (Таттинского) района Якутской АССР [Соловьев 1959: 12–13].

Репрезентативен также пример участка Юкэчи, который расположен в 15 км к северу от с. Майя (Мегино-Кангаласский улус). В течение 1931–1933 гг. на данном участке была осуществлена раскорчевка леса под пашню. В 1960 г. он был изъят из сельскохозяйственного оборота в связи с реорганизацией местного коллективного хозяйства. Вскоре на заброшенной пашне стало наблюдаться активное протекание термокарста. В результате к 1975 г. образовались западины глубиной 0,5 м, а в начале 1980-х гг. появились небольшие термокарстовые озера. В 1989 г. глубина одного из таких водоемов составила 2,64 м при общей просадке грунта в 4 м [Федоров и др. 1992: 151].

Изыскания, проводившиеся в Верхоянском районе в 1989 г. под руководством старшего научного сотрудника Института мерзлотоведения СО АН СССР П. П. Гаврильева на сельскохозяйственных угодьях в 20–50 км от п. Батагай, показали, что для части них было характерно «образование многочисленных мелких термокарстовых

озерков, вследствие развития интенсивных криогенных (термокарстовых) процессов» [Архив ИМЗ СО РАН. Д. 1773. Л. 30]. На обследованных участках был сформирован полигонально-валиковый и бугристо-западинный микрорельефы, при этом глубина западин достигала 1,5 м [Архив ИМЗ СО РАН. Д. 1773. Л. 30–43].

Определенным маркером того, что термокарст к концу советской эпохи в истории нашей страны для некоторых районов Якутии являлся достаточно острой проблемой, является проведение П. П. Гаврильевым опытных работ по стабилизации термокарста [Архив ИМЗ СО РАН. Д. 1773. Л. 52–56]. При этом их принцип в целом повторял изыскания, осуществленные этим же ученым несколькими годами ранее на Амгинском стационаре. Здесь осенью 1984 г. на орошаемом поле были засыпаны почвогрунтом девять «наиболее характерных термопросадок (0,3–0,6 м)» [Архив ИМЗ СО РАН. Д. 1773. Л. 56].

По схожей методике в 1987 г. в соответствии с рекомендациями, сделанными П. П. Гаврильевым, выполнялись работы в окрестностях пригорода Якутска — с. Хатассы, где на восстанавливаемых участках пашен имелись термопросадки глубиной 0,2–1 м [Архив ИМЗ СО РАН. Д. 1773. Л. 60].

Благодаря этим исследованиям в стенах Института мерзлотоведения существенный импульс получила разработка нового для своего времени направления изысканий в геокриологии — сельскохозяйственной экологии в криолитозоне. Ранее вплоть до конца 1970-х гг. в мелиоративной и водохозяйственной практике в Якутии фактор «вечной мерзлоты» фактически игнорировался, использовались те же приемы, что и в центральной части страны [Гаврильев 2010: 12].

Указанные архивные и литературные источники целесообразно дополнить также материалами полевых исследований, которые, исходя из некоторых сообщенных автору и его коллегам подробностей, в том числе не вошедших в ниже приводимые интервью,

можно с достаточной степенью уверенности ассоциировать с развитием термокарста.

К примеру, в с. Улахан-Ан Хангаласского района в июле 2021 г. нами от информанта А. М. (1956 г. р., муж.) были получены следующие данные: «На летнике Уу-Кехсе возле большого коровника есть озеро, до 1970-х годов оно было совершенно маленькое. Мы, как говорится, в этой лужице сапоги ополаскивали — сейчас это уже озеро, там рыба завелась. На моей памяти, это первый подобный случай, связанный с изменением климата, таянием мерзлоты. Это началось в 1970-е годы. Примерно в это же время, может, чуть позднее, мы на этом озере решили помыть 500-литровую бочку для кумыса, но она, к нашему удивлению, утонула. Бочку мы так и не смогли найти. И вот тогда же, в 1970-х годах, уже появилась догадка, что будут изменения» [ПМА 2021: Инф. 1].

Информант С. П. (1957 г. р., муж.) из с. Юнкюр Олёкминского района, вспоминая свою прошлую работу в совхозе «Олёкминский», отметил, что в целом вверенные ему пашни и поля не подвергались каким-то видимым изменениям, так как «проблемы на полях начались в 1990-е годы» [ПМА 2023: Инф. 3]. Вместе с тем «самый первый раз был немного раньше. Примерно в 1985 году на одном из зерновых полей, которые выше г. Олёкминска (их еще скопцы возделывали), у нас провалился комбайн. Сел на „брюхо“. Мы его тракторами потом вытаскивали» [ПМА 2023: Инф. 3]. Примерно в это же время С. П. начал заниматься охотничьей деятельностью, на которую последствия «дефицита холода» и сезонных сдвигов также накладывали свой отпечаток: «В 1980-х гг., когда я только начинал охотиться, то трудился на «земле», т. е. на пашнях, и ждал, когда работа на полях закончится и замерзнет земля для того, чтобы можно было уехать на охоту. Помню, сперва спрашивал у стариков про примерное число, и мне отвечали, что земля замерзает 11 октября. Действительно потом мог убедиться, что так и было. Выезжали в октябре, и уже к 7 ноября с охоты все возвращались. В последующем время выезда перемещалось все дальше и дальше» [ПМА 2023: Инф. 3].

Вместе с тем на участках данного совхоза подобные процессы в советский период, очевидно, носили единичный характер, так как ни указанный информант, ни знакомый по роду своей профессиональной деятельности с состоянием практически всех угодий Олёкминского района А. К. (1961 г. р., муж.) [ПМА 2023: Инф. 4], не смогли вспомнить другие случаи, которые можно было бы связать с деградацией ММП.

6. Заключение

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что деградация «вечной мерзлоты» в результате антропогенного воздействия на протяжении рассмотренного периода являлась в целом перманентным процессом. Для городских поселений отмеченные случаи были связаны либо с изначальными ошибками при проектировании зданий и сооружений, либо с недостаточным учетом фактора «вечной мерзлоты» в процессе их эксплуатации. В случае с сельской местностью подобное вмешательство человека представляло собой, в первую очередь, сведение растительного покрова для создания пашен и луговых угодий. Вместе с тем очевидно, что негативные криогенные процессы не носили таких масштабов, которые они приобрели в конце XX – начале XXI столетий, хотя, как следует из представленного выше материала, набирали обороты постепенно и отмечались нашими респондентами уже в 1970-е гг. В данном отношении показательно, что Р. В. Десяткин в 1984 г. оценивал темпы развития термокарста как «сильно замедленные» и при этом «эпизодически вызываемые антропогенной деятельностью» [Десяткин 1984: 28].

Следует отметить, что в целом в течение рассматриваемого периода проблеме деградации ММП в сельской местности в отношении сохранности сельскохозяйственных угодий и земель для пространственного развития поселений, по сравнению с сохранностью зданий и сооружений в городах, уделялось меньше внимания. Подобное обстоятельство, как представляется, также является одним из показателей отсутствия масштабных проблем на селе, аналогичных

современным, которые вызвали значительную активизацию изысканий якутских географов в данном направлении, что среди прочего имело следствием создание в 1994 г. в ИМЗ СО РАН лаборатории криогенных ландшафтов. Тем не менее и в рассматрива-

емый период возникавшие проблемы способствовали развитию геоэкологической науки в Якутии, ее обогащению новыми оригинальными направлениями изысканий в рамках инженерной геоэкологии и сельскохозяйственной экологии в криолитозоне.

Полевые материалы автора

ПМА 2021: Инф. 1 — Экспедиция в Хангаласский район Республики Саха (Якутия), 2021 г. (информант — муж., якут (саха), 1956 г. р.)

ПМА 2021: Инф. 2 — Экспедиция в Верхневилуйский район Республики Саха (Якутия), 2021 г. (информант — муж., якут (саха), 1951 г. р.)

ПМА 2023: Инф. 3 — Экспедиция в Олекминский район Республики Саха (Якутия), 2023 г. (информант — муж., русский, 1957 г. р.)

ПМА 2023: Инф. 4 — Экспедиция в Олекминский район Республики Саха (Якутия), 2023 г. (информант — муж., русский, 1961 г. р.)

Author's Field Data

Informant 1: ethnic Yakut (Sakha), male, b. 1956. Rec. in Khangalassky District (Sakha Republic, Russia), 2021. (In Yak. and Russ.)

Informant 2: ethnic Yakut (Sakha), male, b. 1951. Rec. in Verkhnevilyuyusky District (Sakha Republic, Russia), 2021. (In Yak. and Russ.)

Informant 3: ethnic Russian, male, b. 1957. Rec. in Olyokminsky District (Sakha Republic, Russia), 2023. (In Russ.)

Informant 4: ethnic Russian, male, b. 1961. Rec. in Olyokminsky District (Sakha Republic, Russia), 2023. (In Russ.)

Источники

АРАН — Архив Российской академии наук.

Архив ИМЗ СО РАН — Архив Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова Сибирского отделения РАН.

ГА ИО — Государственный архив Иркутской области.

НА РС (Я) — Национальный архив Республики Саха (Якутия).

ГОМ — Якутский государственный объединенный музей истории и культуры народов Севера им. Ем. Ярославского.

Sources

Archive of the Russian Academy of Sciences.

Melnikov Permafrost Institute (SB RAS), Archive.

State Archive of Irkutsk Oblast.

National Archive of the Republic of Sakha (Yakutia).

Yaroslavsky Yakutsk State Consolidated Museum of Northern Peoples' History and Culture.

Литература

Академическое 1997 — Академическое мерзлотоведение в Якутии / отв. ред. Р. М. Каменский. Якутск: ИМЗ СО РАН, 1997. 328 с.

Брагина 2021 — Брагина Д. Г. Этнические особенности расселения якутов в конце XX — начале XXI в. // Интерактивная наука. 2021. С. 13–16. DOI: 10.21661/r-553950

References

Kamensky R. M. (ed.) Academic Permafrost Research in Yakutia. Yakutsk: Melnikov Permafrost Institute (SB RAS), 1997. 328 p. (In Russ.)

Bragina D. G. Ethnic features of the settlement of the Yakuts in the late XX and early XXI centuries. *Interactive Science*. 2021. No. 4 (59). Pp. 13–16. (In Russ.) DOI: 10.21661/r-553950

- БТСЯЯ 2004 — Большой толковый словарь якутского языка: в 15 тт. / под ред. П. А. Слепцова. Т. I. Новосибирск: Наука, 2004. 679 с.
- БТСЯЯ 2005 — Большой толковый словарь якутского языка: в 15 тт. / под ред. П. А. Слепцова. Т. II. Новосибирск: Наука, 2005. 910 с.
- БТСЯЯ 2006 — Большой толковый словарь якутского языка: в 15 тт. / под ред. П. А. Слепцова. Т. III. Новосибирск: Наука, 2006. 841 с.
- БТСЯЯ 2014 — Большой толковый словарь якутского языка: в 15 тт. / под ред. П. А. Слепцова. Т. XI. Новосибирск: Наука, 2014. 528 с.
- Варламов и др. 2021 — *Варламов С. П., Скачков Ю. Б., Скрябин П. Н.* Мониторинг теплового режима грунтов Центральной. Якутск: ИМЗ СО РАН, 2021. 156 с.
- Гаврильев 2010 — *Гаврильев Петр Петрович:* библиографический указатель / авт.-сост. И. С. Угаров. Якутск: ИМЗ СО РАН, 2010. 68 с.
- Десяткин 2008 — *Десяткин Р. В.* Почвообразование в термокарстовых котловинах — аласах криолитозоны. Новосибирск: Наука, 2008. 345 с.
- Десяткин 1984 — *Десяткин Р. В.* Почвы аласов Лено-Амгинского междуречья. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1984. 168 с.
- ДСЯЯ 1976 — Диалектологический словарь якутского языка / сост.: П. С. Афанасьев, М. С. Воронкин, М. П. Алексеев. М.: Наука, 1976. 391 с.
- Егоров и др. 2009 — *Егоров Е. Г., Пonomарева Г. А., Федорова Е. Н.* Географическое положение Республики Саха (Якутия) и его уникальность // Региональная экономика: теория и практика. 2009. № 14. С. 16–21.
- Елисеева 2019 — *Елисеева Н. Д.* Исследования якутского менталитета в психологии и смежных науках // СибСкрипт. 2019. № 3. С. 695–706. DOI: 10.21603/2078-8975-2019-21-3-695-706
- Заболотник 2016 — *Заболотник С. И.* О масштабах растепления грунтов в основании зданий Якутской ТЭЦ // Наука и техника в Якутии. 2016. № 2. С. 19–24.
- Каменский 2001 — *Каменский Р. М.* Геокриология (мерзловедение) — новая наука в системе наук о Земле // Наука и техника в Якутии. 2001. № 1. С. 16–19.
- Соловьев 1959 — *Соловьев П. А.* Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья. М.: АН СССР, 1959. 144 с.
- Sleptsov P. A. (ed.) Unabridged Explanatory Dictionary of the Yakut Language. In 15 vols. Vol. 1. Novosibirsk: Nauka, 2004. 679 p. (In Yak. and Russ.)
- Sleptsov P. A. (ed.) Unabridged Explanatory Dictionary of the Yakut Language. In 15 vols. Vol. 2. Novosibirsk: Nauka, 2005. 910 p. (In Yak. and Russ.)
- Sleptsov P. A. (ed.) Unabridged Explanatory Dictionary of the Yakut Language. In 15 vols. Vol. 3. Novosibirsk: Nauka, 2006. 841 p. (In Yak. and Russ.)
- Sleptsov P. A. (ed.) Unabridged Explanatory Dictionary of the Yakut Language. In 15 vols. Vol. 11. Novosibirsk: Nauka, 2014. 528 p. (In Yak. and Russ.)
- Varlamov S. P., Skachkov Yu. B., Skryabin P. N. Monitoring of the Thermal Regime of Permafrost in Central Yakutia. Yakutsk: Melnikov Permafrost Institute (SB RAS), 2021. 156 p. (In Russ.)
- Ugarov I. S. (comp.) Petr P. Gavriliev: A Bibliographic Guide. Yakutsk: Melnikov Permafrost Institute (SB RAS), 2010. 68 p. (In Russ.)
- Desyatkin R. V. Soil Formation in Thermokarst Depressions (Alases). Novosibirsk: Nauka, 2008. 345 p. (In Russ.)
- Desyatkin R. V. Soils of Alases in the Lena-Amga Basin. Yakutsk: Yakutsk Branch (SB USSR Acad. of Sc.), 1984. 168 p. (In Russ.)
- Afanasyev P. S., Voronkin M. S., Alekseev M. P. (comps.) The Yakut Dialect Dictionary. Moscow: Nauka, 1976. 391 p. (In Russ.)
- Yegorov E. G., Ponomareva G. A., Fedorova E. N. Yakutia's geographical location and its unique character. *Regional Economics: Theory and Practice*. 2009. Vol. 7. No. 14. Pp. 16–21. (In Russ.)
- Eliseeva N. D. Yakut mentality studies in psychology and related sciences. *The Bulletin of Kemerovo State University*. 2019. Vol. 21. No. 3. Pp. 695–706. (In Russ.) DOI: 10.21603/2078-8975-2019-21-3-695-706
- Zabolotnik S. I. Yakutsk Thermal Power Station: On permafrost thawing under facilities. *Nauka i tekhnika v Yakutii*. 2016. No. 2. Pp. 19–24. (In Russ.)
- Kamensky R. M. Geocryology (permafrost studies) — a new discipline about the Earth. *Nauka i tekhnika v Yakutii*. 2001. No. 1. Pp. 16–19. (In Russ.)
- Solovyov P. A. Cryolitic Zone of the Upper Lena-Amga Basin. Moscow: USSR Academy of Sciences, 1959. 144 p. (In Russ.)

- Федоров 1991 — Федоров А. Н. Мерзлотные ландшафты Якутии: методика выделения и вопросы картографирования. Якутск: ИМЗ СО АН СССР, 1991. 140 с.
- Федоров и др. 1992 — Федоров А. Н., Босиков Н. П., Васильев И. С., Варламов С. П., Самсонова В. В. Динамика мерзлотных ландшафтов центральной Якутии после техногенного воздействия // Рациональное природопользование в криолитозоне. М.: Наука, 1992. С. 146–152.
- Федорова 1999 — Федорова Е. Н. Население Якутии: прошлое и настоящее (геодемографическое исследование). Новосибирск: Наука, 1999. 207 с.
- Федоров 2020 — Федоров А. Н. Эволюция и динамика мерзлотных ландшафтов Якутии: дис. ... д-ра геогр. наук. Якутск, 2020. 302 с.
- Чжан и др. 2020 — Чжан Р. В., Куницкий В. В., Павлова Н. А., Сыромятников И. И. О возобновлении геокриологического мониторинга на территории г. Якутска // Наука и техника в Якутии. 2020. № 1. С. 12–17. DOI: 10.24412/1728-516X-2020-1-12-17
- Шепелев 2011 — Шепелев В. В. Надмерзлотные воды криолитозоны. Новосибирск: Гео, 2011. 169 с.
- Katamura et al. 2009 — Katamura F., Fukuda M., Bosikov N. P., Desyatkin R. V. Charcoal records from thermokarst deposits in central Yakutia, eastern Siberia: implications for forest fire history and thermokarst development // Quaternary Research. 2009. Vol. 71. No. 1. Pp. 36–40. DOI: 10.1016/j.yqres.2008.08.003
- Lytkin, Syromyatnikov 2021 — Lytkin L. V., Syromyatnikov I. I. Application of an Unmanned Aerial Vehicle for Large-Scale Mapping of Thermokarst Landforms // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. 2021. Sci. 666, 062030. DOI: 10.1088/1755-1315/666/6/062030
- Saito et al. 2018 — Saito H., Iijima Y., Basharin N. I., Fedorov A. N., Kunitsky V. V. Thermokarst development detected from high-definition topographic data in Central Yakutia // Remote Sensing. 2018. № 10. P. 1579. DOI: 10.3390/rs10101579
- Shestakova et al. 2021 — Shestakova A. A., Fedorov A. N., Torgovkin Y. I., Konstantinov P. Y., Vasylyev N. F., Kalinicheva S. V., Samsonova V. V., Hiyama T., Iijima Y., Park H. Mapping the Main Characteristics of Permafrost on the Basis of a Permafrost-Landscape Map of Yakutia Using GIS // Land. 2021. No. 10. P. 462. DOI: 10.3390/land10050462
- Fedorov A. N. Permafrost Landscapes of Yakutia: Identification Methods and Mapping Issues. Yakutsk: Melnikov Permafrost Institute (SB RAS), 1991. 140 p. (In Russ.)
- Fedorov A. N., Bosikov N. P., Vasilyev I. S., Varlamov S. P., Samsonova V. V. Central Yakutia and man-made impacts: Dynamics of permafrost landscapes analyzed. In: Rational Management of Natural Resources in the Cryolithic Zone. Moscow: Nauka, 1992. Pp. 146–152. (In Russ.)
- Fedorova E. N. Yakutia's Population in the Past and Nowadays: A Geodemographic Study. Novosibirsk: Nauka, 1999. 207 p. (In Russ.)
- Fedorov A. N. Permafrost Landscapes of Yakutia: Evolution and Dynamics. Dr. Sc. (geography) thesis. Yakutsk, 2020. 302 p. (In Russ.)
- Zhang R. V., Kunitsky V. V., Pavlova N. A., Syromyatnikov I. I. On reinstatement of geocryological monitoring in the city of Yakutsk. *Nauka i tekhnika v Yakutii*. 2020. No. 1. Pp. 12–17. (In Russ.) DOI: 10.24412/1728-516X-2020-1-12-17
- Shepelev V. V. Superpermafrost Waters of the Cryolithic Zone. Novosibirsk: Geo, 2011. 169 p. (In Russ.)
- Katamura F., Fukuda M., Bosikov N. P., Desyatkin R. V. Charcoal records from thermokarst deposits in central Yakutia, eastern Siberia: Implications for forest fire history and thermokarst development. *Quaternary Research*. 2009. Vol. 71. No. 1. Pp. 36–40. (In Eng.) DOI: 10.1016/j.yqres.2008.08.003
- Lytkin L. V., Syromyatnikov I. I. Application of an unmanned aerial vehicle for large-scale mapping of thermokarst landforms. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 666. Article no. 062030. (In Eng.) DOI: 10.1088/1755-1315/666/6/062030
- Saito H., Iijima Y., Basharin N. I., Fedorov A. N., Kunitsky V. V. Thermokarst development detected from high-definition topographic data in Central Yakutia. *Remote Sensing*. 2018. Vol. 10. No. 10. Article no. 1579. (In Eng.) DOI: 10.3390/rs10101579
- Shestakova A. A., Fedorov A. N., Torgovkin Y. I., Konstantinov P. Y., Vasylyev N. F., Kalinicheva S. V., Samsonova V. V., Hiyama T., Iijima Y., Park H. et al. Mapping the main characteristics of permafrost on the basis of a permafrost-landscape map of Yakutia using GIS. *Land*. 2021. Vol. 10. No. 5. Article no. 462. (In Eng.) DOI: 10.3390/land10050462

Streletskiy 2019 — *Streletskiy D. A., Suter L. J., Shiklomanov N. I., Porfiriev B. N., Eliseev D. O.* Assessment of climate change impacts on buildings, structures and infrastructure in the Russian regions on permafrost // *Environmental Research Letters*. 2019. Vol. 14. No. 2. P. 25003. DOI: 10.1088/1748-9326/aaf5e6

Streletskiy D. A., Suter L. J., Shiklomanov N. I., Porfiriev B. N., Eliseev D. O. Assessment of climate change impacts on buildings, structures and infrastructure in the Russian regions on permafrost. *Environmental Research Letters*. 2019. Vol. 14. No. 2. Article no. 25003. (In Eng.) DOI: 10.1088/1748-9326/aaf5e6

