

# ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА: ОПЫТ ЯКУТИИ И МЕЖДУНАРОДНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИНСТИТУТА МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЯ ИМ. П. И. МЕЛЬНИКОВА СО РАН (ИМЗ СО РАН)

## PERMAFROST AND CLIMATE CHANGE: YAKUTIAN EXPERIENCE AND THE INTERNATIONAL ACTIVITIES OF THE P.I. MELNIKOV INSTITUTE OF PERMAFROST SB RAS



### **Федотов А. С.**

Постоянный представитель Республики Саха (Якутия) при Президенте РФ – Первый заместитель Председателя Правительства Республики Саха (Якутия)

### **Fedotov A. S.**

Permanent Representative of the Republic of Sakha (Yakutia) under the President of the Russian Federation – First Deputy Chairman of the Government of the Republic of Sakha (Yakutia)



### **Алексеева О. И.**

Учёный секретарь Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН (ИМЗ СО РАН), к. т. н.

### **Alekseeva O. I.**

Candidate of technical sciences, Scientific Secretary of the P. I. Melnikov Institute of Permafrost SB RAS.

**Аннотация.** Статья посвящена актуальной для арктических стран и регионов проблеме исследований вечной мерзлоты и изменений климата и международным исследовательским проектам Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН (ИМЗ СО РАН). Необходимость нормативного регулирования вопросов, связанных с мониторингом состояния вечной мерзлоты, и её охраны, а также практические аспекты проблемы анализируются через региональный опыт крупнейшего арктического региона — Республики Саха (Якутия).

**Annotation.** The article is devoted to the problem of permafrost and climate change research, topical for the Arctic countries and regions, and to international research projects of the P. I. Melnikov Institute of Permafrost SB RAS. The need for regulatory regulation of issues related to monitoring the state of permafrost and its protection, as well as practical aspects of the problem, are analyzed on the basis of the regional experience of the largest Arctic region — the Republic of Sakha (Yakutia).

**Ключевые слова:** вечная мерзлота, мониторинг состояния вечной мерзлоты, изменения климата, состояние грунтов, инфраструктура, экономический ущерб, Арктика, Крайний Север, международные исследования.

**Key words:** permafrost, monitoring of the state of permafrost, climate change, soil condition, infrastructure, economic damage, the Arctic, the Far North, international research.

В последние десятилетия тема климатических изменений постоянно обсуждается в экспертных кругах, в среде экологов, общественных деятелей. Глобальное потепление влияет на экономику прямо и косвенно: погодные условия меняются и требуют адаптации или принятия предупреждающих мер. Человечество стало внимательнее относиться к динамике изменений климата при накоплении масштаба очевидных изменений. Эксперты подсчитывают объём ущерба для мировой экономики и оценивают его в сотни миллиардов долларов США в год, прогнозируя, что до 2100 года он может достигнуть 20% глобального валового продукта.

Прогнозы дальнейшего роста температуры, выполняемые на современных климатических моделях, показывают, что в России потепление будет идти интенсивнее, чем в среднем по миру. К середине XXI века летняя температура возрастет по отношению к концу предыдущего столетия на 2-4 градуса. Ожидается рост осадков (особенно зимой) с уве-

личением их «резкости» и пиковой интенсивности — сильных паводков и наводнений, штормовых ветров, колебаний погоды.

В Якутии — самом большом регионе России, значительная часть площади которого расположена в Арктической зоне, изменение климата в последние десятилетия стало заметнее. В 2018 году республика столкнулась с самым сильным за последние 18 лет наводнением: тогда в зоне затопления оказались 63 населённых пункта, сумма ущерба составила 1,5 миллиарда рублей. Нынешним летом в Верхоянске, известном в мире как один из Полюсов холода Северного полушария (населённый пункт соперничает за это звание с якутским же Оймяконом), метеорологи зафиксировали аномальную жару. 20 июня температура воздуха повысилась до +38 градусов, и это самая высокая температура, когда-либо зафиксированная за Полярным кругом. Этот рекорд заинтересовал Всемирную метеорологическую организацию, аномалия после проверки может быть включена в Архив исключительных погодных и клима-

тических температур. Кроме того, в октябре 2020 года впервые за всю историю наблюдений в Якутии не замёрзло море Лаптевых. Всё это говорит о необходимости изучения изменений климата и их последствий.

Среди явлений, связанных с климатическими изменениями, наибольшие риски несёт таяние вечной мерзлоты. Изменения климата и антропогенное воздействие привели к повышению температуры вечномёрзлых грунтов в Сибири на глубинах более 10 метров почти на один градус за последние 10 лет. Очевидно, что дестабилизация мерзлоты ведёт к уменьшению её несущей способности, что влечёт риски для сооружений, объектов инженерной инфраструктуры, которая попадает под риск учащения аварийных ситуаций (с дополнительным ущербом экологии), роста затрат на ремонт и обслуживание. По оценкам учёных, к середине XXI века из-за глобального потепления и таяния грунтов может быть повреждено до 70% арктической инфраструктуры. Уже



в настоящее время многие инженерные сооружения, конструкции и фундаменты жилых домов теряют свою несущую способность.

Деградация мерзлотных грунтов несёт угрозу высвобождения древних вирусов и возбудителей болезней, с которыми уже начинают сталкиваться северные регионы России (несколько лет назад вспышка сибирской язвы в ЯНАО произошла именно из-за оттаявшего скотомогильника середины прошлого века). Кроме того, таяние вечной мерзлоты ведёт к выделению в атмосферу дополнительных выбросов углекислого газа и метана от разложения накопленной органики, то есть мерзлота не только сама разрушается из-за изменения климата, но и усиливает эти процессы.

Специалисты не первый год говорят об особой уязвимости мерзлоты, о необходимости постоянного мониторинга состо-

яния грунтов в северных регионах. При этом проблема связана не только с труднодоступными арктическими территориями, где отсутствует регулярное население. В России зона многолетней мерзлоты занимает 65% всей площади страны, это – 10,7 млн кв. км, и зачастую населённые пункты, формально не относящиеся к Арктической зоне, тем не менее подвержены значительным рискам.

Для Республики Саха (Якутия) этот вопрос является чрезвычайно актуальным: регион полностью расположен на вечномёрзлых грунтах. 300-тысячный Якутск – крупнейший в мире город, расположенный на вечной мерзлоте. Толщина ледяного щита местами достигает 250 метров, все дома стоят на глубоко вбитых сваях, строительство автодорог требует особого подхода: здесь они изнашиваются быстрее, чем это предусмотрено

федеральными нормативами. Высокая доля аварийного жилья в республике (7,5%) является прямым следствием таяния многолетнемёрзлых грунтов и последующей деформации фундаментов.

В зоне процессов деградации вечной мерзлоты (таяния, заболачивания, вспучивания) в республике находятся: 140 тыс. жилых домов, 27,4 тыс. км автодорог, 525 км железных дорог, 6,3 тыс. км магистральных трубопроводов, в том числе 1,5 тыс. км нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан», а также 1,3 тыс. км газопровода «Сила Сибири».

Наиболее уязвимыми и подверженными к изменениям климата и антропогенным воздействиям являются ландшафты с сильнольдистыми отложениями, в которых доля льда в почве может достигать 80%. И это не только берега морей, но и земли, имеющие сельскохозяйствен-



ное значение. Очаги деградации вечной мерзлоты фиксируются не только на севере региона, но и на пашнях Центральной Якутии, где сосредоточено 60 % всех земель сельскохозяйственного назначения региона (964,5 тыс. га из 1 640 тыс.), 70 % посевных площадей (34,4 тыс. га из 48,5 тыс.), центральные районы производят 60 % продукции сельского хозяйства. При этом ведущие сельскохозяйственные районы (Мегино-Кангаласский, Чурапчинский, Усть-Алданский) вследствие процессов деградации уже начинают терять пастбища и пашни, что чревато угрозами для продовольственной безопасности республики.

В этой ситуации Якутия становится проводником идеи о необходимости особого внимания к состоянию и динамике вечной мерзлоты и климатических изменений. Происходящие процессы должны стать предметом междисциплинарных международных исследований, и Якутии есть что сказать на этот счёт.

Лидирующую роль в вопросах изучения и мониторинга вечной мерзлоты играет расположенный в Якутске единственный в мире Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова Сибирского отделения Российской академии наук. Учреждение организовано в 1960 г., его организатором и бессменным руководителем с 1960 по 1987 гг. был один из основоположников геокриологической науки академик Мельников Павел Иванович (1908–1994 гг.). С 1995 г. Институт носит имя своего основателя и первого директора.

Согласно Уставу основной деятельностью Института, является выполнение фундаментальных научных исследований и прикладных разработок в рамках следующих научных направлений: эволюция криолитозоны под воздействием природных и антропогенных факторов; тепло-

вое и механическое взаимодействие инженерных сооружений с многолетнемерзлыми грунтами.

Институт разрабатывает национально значимое для России направление научных исследований — геокриологию (мерзловедение) и имеет обширную сеть мониторинга криолитозоны России. Помимо 6 научных подразделений в г. Якутске, Институт имеет ряд региональных научных подразделений (станций, лабораторий, стационаров), располагающихся в отдельных регионах РФ и за рубежом (Казахстан), обладает мощной материально-технической базой. Сотрудниками Института опубликовано около 400 монографий, методических рекомендаций и пособий, получено около 150 патентов, выдано свыше 500 научно-технических разработок индустриальным партнёрам. Институт (при участии других научных организаций) в 2012 г. создана научно-исследовательская станция мирового уровня «Остров Самойловский», введено в эксплуатацию уникальное инженерное сооружение — федеральное криохранилище генофонда семян в толще многолетнемерзлых грунтов.

В настоящее время в составе Института 212 сотрудников, из них 83 научных сотрудника, в том числе 17 докторов и 40 кандидатов наук. Институт имеет аспирантуру, филиал кафедры мерзловедения Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова и докторский диссертационный совет. Институт является учредителем двух журналов: научного «Криосфера Земли» и научно-популярного «Наука и техника в Якутии». В Институте действуют 3 признанные геокриологические научные школы («Гидрогеология и инженерная геокриология», «Мерзлотно-климатические исследования», «Геотермия мёрзлой зоны литосферы») [1].



В 1956 г., когда в СССР был снят гриф секретности с проведения мерзлотных исследований, ученые-мерзловеды получили возможность принимать участие в международных научных мероприятиях. Первые научные контакты с зарубежными коллегами якутские мерзловеды установили в 1963 г. во время I Международной конференции по мерзловедению (МКМ) в г. Лафайет (штат Индиана США). В 1973 г. в г. Якутске состоялась II Международная конференция по мерзловедению. Именно здесь было принято решение проводить МКМ с периодичностью в 5 лет. Председателем оргкомитета этого крупного международного форума мерзловедов был П. И. Мельников [2].

В 1983 г. в г. Фербенкс (штат Аляска США) была организована Международная ассоциация по мерзловедению (МАМ), и П. И. Мельникова избрали её пер-

вым президентом. Всё это способствовало международной известности Института мерзлотоведения и росту научного авторитета якутской геокриологической школы. За прошедшие 37 лет деятельности МАМ доказала свою необходимость. П. И. Мельников воплотил в жизнь много других инициатив. К ним относится организация международных конференций по влиянию изменений климата на криолитозону в г. Ямбурге в 1989 г. и Норильске — в 1991 г. Он одним из первых внёс значительный вклад в разработку Международной Программы по изменению климата в начале 90-х годов прошлого века.

В последующем директором института Р. М. Каменский, Р. В. Чжан и М. Н. Железняк всегда стремились поддерживать и развивать международную научную деятельность сотрудников института, добиваясь успехов в различных направлениях. В 1993 г. в г. Чите по инициативе Р. М. Каменского, Р. В. Чжана и Д. М. Шестернева совместно с Хейлундзянским научно-исследовательским институтом по строительству в холодных регионах (г. Харбин, КНР) был организован и проведён первый Международный симпозиум по проблемам инженерного мерзлотоведения. Он стал мероприятием, дополняющим МКМ в инженерном направлении. Проводятся симпозиумы один раз в три года параллельно с основным международным форумом геокриологов под эгидой Совета по криологии Земли РАН и МАМ.

Одиннадцатый симпозиум прошёл в 2017 г. в г. Магадане, следующий — двенадцатый пройдёт в 2022 г. в г. Ланчжоу (КНР). За более чем 27-летнюю историю проведения симпозиумов международное сотрудничество в области инженерного мерзлотоведения поднялось на качественно более высокий уровень и в XXI

в. призвано находить достойные ответы на запросы практики интенсивно развивающихся холодных регионов Земли [4].

Институт поддерживает взаимовыгодное сотрудничество со многими учёными зарубежных стран (Китай, Монголия, Германия, Канада, США, Южная Корея, Финляндия, Япония, Франция и др.) в рамках договоров, соглашений и меморандумов о совместном сотрудничестве. Институт является постоянным представителем в программе Арктического международного научного комитета «Динамика арктических берегов», а также участником других международных арктических программ. Научные связи с якутскими мерзлотоведами активно развивают такие организации, как:

— Институт полярных и морских исследований им. А. Вегенера (Германия) — совместные исследования вещественного состава и истории накопления прибрежно-морских, а также мёрзлых аллювиальных, озёрных и других континентальных отложений, процессов их преобразования в деятельном слое и таликах береговой зоны арктических морей, организация мониторинга процессов взаимодействия в системе суша-море-атмосфера и др.;

— Шведский Музей естествознания (Швеция), Британский университет г. Оксфорд (Великобритания) — совместные биогеохимические исследования в районе водосбора реки Лены и её притоков; выявление изменений в процессе переноса углерода и микроэлементов металлов реками сибирского региона вследствие глобального изменения климата и др.;

— Лаборатория взаимодействия и динамики окружающей среды с поверхностью — Университет Париж-Сюд г. Орси

(Франция) — изучение геоморфологических, термических и гидрологических изменений при деградации вечной мерзлоты, реакции теплового режима вечной мерзлоты на глубине в ответ на её деградацию и др.;

— Японское агентство морских и наземных исследований и технологий (JAMSTEC) (Япония) — мониторинговые метеоро- и теплосбалансовые наблюдения, комплекс геокриологических и ландшафтных исследований на опытных полигонах Тикси и др.;

— Институт географии Министерства образования Республики Казахстан, г. Алматы (Республика Казахстан) — научно-техническое сотрудничество в сфере гляциологии, геокриологии, ландшафтоведения, геоинформационных систем, геоморфологии, экзогенных и эндогенных процессов и явлений, климатологии и др.

Сотрудники института ежегодно участвуют в международных конференциях за рубежом: г. Потсдам, г. Гамбург (Германия), г. Сан-Франциско, г. Новый Орлеан (США), г. Фраскати (Италия), г. Брест (Франция), г. Брюссель (Бельгия), г. Цюрих (Швейцария), г. Фэрбенкс (США) и др. В свою очередь, институт ежегодно официально принимает от 60 до 100 зарубежных учёных, работающих по различным совместным договорам.

Свыше 20 лет в малоизученном Восточно-Сибирском регионе Арктики ведёт работы Российско-Германская экспедиция «Лена». На базе Международной научно-исследовательской станции «Остров Самойловский» группы российских и немецких учёных-геоморфологов, геологов, палеогеографов, мерзлотоведов, геофизиков, гидрологов, зоологов, ботаников, почвоведов и

представителей других областей науки проводят исследования в рамках проекта «Природная система моря Лаптевых». Реализация этого совместного проекта стимулирует международный научный обмен, развитие арктических исследований. По результатам работы этой экспедиции опубликованы сотни статей и десятки монографий, объясняющих современное и историческое состояние геосферы Земли, изменение климата в Арктике. Научная и материально-техническая база экспедиции «Дельта Лены», расположенная на о. Самойловском, является одной из лучших арктических научно-исследовательских станций в мире.

В 2018 и 2019 гг. в институте созданы две новые аналитические лаборатории: российско-германская изотопная лаборатория для анализа изотопного состава вод совместно с Лабораторией стабильных изотопов АВИ-Потсдам (Германия) и лаборатория по определению содержания углерода и воды в грунтовых образцах с использованием прибора Leco RC612 (производство США).

В последние годы особенно активно развивается научное сотрудничество с организациями Китая. В 2017 г. в г. Ланьчжоу (провинция Ганьсу) состоялось официальное открытие Международного исследовательского центра природных и технических систем холодных регионов Азии (International Research Center for Asian Cold Regions Environment and Engineering). Соглашение о создании Центра было подписано между Северо-Западным институтом экологии и природных ресурсов АН КНР и Институтом мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН. Международный центр создан с целью укрепления и расширения научно-технического сотрудничества и информационного обмена для решения

народнохозяйственных задач при освоении холодных регионов Азии. В рамках деятельности центра предусмотрена реализация совместных научно-исследовательских проектов по приоритетным научным направлениям сторон, включая общее мерзловедение, инженерное мерзловедение и материаловедение холодных регионов [1].

По гранту Государственного департамента Китайской Народной Республики по привлечению высококвалифицированных иностранных специалистов для обмена опытом (2017-2020) по теме «Эоловые процессы холодных регионов Якутии, Северного Китая и Тибета» (руководители д. г. н. А. А. Галанин и проф. Ц. Хуэйцзюнь) проведены ежегодные совместные полевые и лабораторные исследования в Тибете, Северном Китае и Центральной Якутии (Восточной Сибири).

Вступила в силу Международная программа сотрудничества с Китайской академией наук (CAS), включающая: оценку воздействия изменяющейся криолитозоны в Китае, России и Монголии на крупные инженерные сооружения; обмен стипендиями Государственных департаментов образования и культуры с КНР;

проект «Один пояс — одна дорога» — научно-техническое сопровождение и предварительные консультации по высокоскоростному железнодорожному звену Пекин-Москва; совместные исследования криолитозоны горных областей Центральной Азии на территории Алтая, Станового нагорья и Тибета.

В рамках международного сотрудничества выполняется большой объём полевых работ, лабораторных и натурных экспериментов, а также оперативная публикация полученных результатов в России и за рубежом.

Помимо научной работы и реализации исследовательских проектов, в Якутии уделяется большое внимание практическим аспектам данной проблематики. Впервые в мировой практике в 2018 году в регионе принят закон «Об охране вечной мерзлоты», который законодательно определяет понятие «вечная мерзлота» — как «мёрзлые горные породы, характеризующиеся нулевой или отрицательной температурой, содержащие в своём составе лёд и находящиеся в таком состоянии в течение длительного времени». Закон регулирует хозяйственную и иную деятельность человека, способную оказать негативное

#### Литература

1. Основные итоги деятельности Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН за 2018 год. / авт.-сост. Алексеева О. И.; отв. редакторы: Железняк М. Н., Шепелёв В. В., Якутск: Изд-во ФГБУН Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, 2019. С. 222, 21,4 уч.-изд. л.
2. Академик Павел Иванович Мельников / авт.-сост. И. В. Климовский; отв. ред. Р. В. Чжан, В. В. Шепелёв; Рос. акад. наук, Сиб. отделение, Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2008. С. 306, 23,8 уч.-изд. л.
3. Основные итоги деятельности Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН за 2019 год. Отчёт о научной и научно-организационной работе Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН / отв. ред. Шепелёв В. В., Железняк М. Н., составитель Алексеева О. И. / Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН. 2020. С. 210, 18,0 уч.-изд. л.
4. Алексеева О. И. Роль Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН в изучении криосферы Земли // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Устойчивость природных и технических систем в криолитозоне». Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2020. С. 11–15.

воздействие на вечную мерзлоту, в особенности в области строительства, транспорта и добычи полезных ископаемых.

Государственное Собрание (Ил Тумэн) РС (Якутия) разработало проект Федерального закона «О рациональном использовании и охране вечной мерзлоты». Актуальность такого законодательного акта очевидна: по некоторым оценкам примерно к середине двадцать первого столетия российская вечная мерзлота испытает значительную деградацию, а таяние вечной мерзлоты может к 2050 году принести России убытки на 250 миллиардов долларов, как прогнозируют некоторые зарубежные учёные, в частности, профессор Университета Джорджа Вашингтона (США) Дмитрий Стрелецкий.

Якутские парламентарии — авторы федерального законопроекта — предлагают создать федеральный фонд информации о состоянии вечной мерзлоты и ввести проведение государственной экспертизы и регулярного государственного мониторинга её состояния. Законопроект также предусматривает распределение полномочий федеральных, региональных и муниципальных органов власти в данном вопросе. В республике убеждены: должно быть чётко определены уровни и зоны ответственности в сфере охраны вечной мерзлоты и проведения адаптационных мероприятий. Важно понимать, какие виды воздействий вызывают деградацию мерзлоты, в чём ведении находится конкретный объект и какие меры должны быть предприняты для уменьшения последствий антропогенной нагрузки на конкретной территории.

Должна быть создана единая система мониторинга вечной мерзлоты, геокриологического прогноза её состояния и анализа степени влияния изменений в

состоянии многолетнемерзлых грунтов на устойчивость зданий и объектов инфраструктуры. Необходимо уже сейчас масштабнее разворачивать не только исследовательское направление изысканий, но и прогностическое, строить варианты возможных моделей будущего, давать рекомендации по хеджированию рисков, связанных с таянием вечной мерзлоты.

Мероприятия по укреплению и защите грунтовых оснований в республике осуществляются уже не одно десятилетие. Впервые в мировой практике была апробирована технология охлаждения намывных грунтов. При строительстве жилого комплекса использовались горизонтальные заглублённые установки, с помощью которых отведённое тепло из грунта использовалось при обогреве помещений подземного гаража. Используются инновационные материалы и в дорожном строительстве — к примеру, был выполнен ремонт дорожного покрытия с использованием инновационных геотекстильных материалов. На протяжении двух зимних периодов покрытие дороги не деформировалось, что заслуживает дальнейшего изучения.

Республика ищет, находит и постоянно озвучивает конкрет-

#### Literature

1. The main results of the activities of the P. I. Melnikov Institute of Permafrost SB RAS for 2018. / author-comp. Alekseeva O. I.; executive secretary: Zheleznyak M. N., Shepelyov V. V. Yakutsk: Publishing house of the federal state budgetary institution of science Institute of Permafrost. P.I. Melnikov SB RAS, 2019. P. 222, 21.4 academic editions.
2. Academician Pavel Ivanovich Melnikov / author compiler. I. V. Klimovsky; executive secretary. R. V. Zhang, V. V. Shepelyov; RAS, Siberian. department, P. I. Melnikov Institute of Permafrost, Novosibirsk: Academic publishing house "Geo", 2008. P. 306, 23.8
3. The main results of the activity of the P. I. Melnikov Institute of Permafrost. SB RAS for 2019. Report on the scientific and scientific-organizational work of the P. I. Melnikov Institute of Permafrost SB RAS / otv. ed. Shepelyov V.V., Zheleznyak M.N., compiled by Alekseeva O.I. / Yakutsk: Publishing house of the P. I. Melnikov Institute of Permafrost SB RAS. 2020. P. 210, 18.0 academic editions.
4. Alekseeva O. I. The role of the P.I. Melnikov Institute of Permafrost SB RAS in the study of the Earth's cryosphere // Materials of the All-Russian conference with international participation "Stability of natural and technical systems in the cryolithozone". Yakutsk: Publishing house of IMZ SB RAS, 2020. P. 11–15.

ные предложения в этом направлении. Считаем необходимым принять комплекс мер, которые позволили бы всем нам адаптироваться к таянию вечной мерзлоты. Помимо принятия федерального закона об охране вечной мерзлоты, эти меры должны включать в себя разработку «зелёных стандартов» (стандартов строительства с минимальным воздействием на окружающую среду); принятие программы по обеспечению инженерной безопасности жилых домов, объектов инфраструктуры, расположенных в муниципальных образованиях Арктической зоны Российской Федерации в условиях многолетнемерзлых грунтов.

В 2021-2023 годах Россия будет председательствовать в Арктическом совете. Очевидно, что вопросы мониторинга вечной мерзлоты, ее всестороннего изучения, уменьшения антропогенного воздействия, оценки и уменьшения рисков должны занять значительное место в работе Арктического совета. Ожидаем, что к этому моменту проблема будет более ясно очерчена не только в поле зрения учёных, но и в общественном сознании.