

ВЕЧНА ЛИ «ВЕЧНАЯ» МЕРЗЛОТА?

*Посвящается А.И. Решетникову (1935–2014),
сотруднику ГГО им. А.И. Воейкова с 1961 по 2014 г.,
специалисту по геофизическому мониторингу.*

В России о многолетней мерзлоте известно давно: упоминал о ней еще историк и географ В.Н. Татищев (1686–1750), а ее научные исследования были начаты экспедицией А.Д. Миддендорфа в середине XIX в. и продолжены в последующем целой плеядой отечественных специалистов. Причем если сперва ее изучение было «вотчиной» геологов и горных инженеров, то сегодня в него вовлечены представители многих дисциплин — геологи, физики, химики, биологи, гидрологи, климатологи и др. Столь богатое представительство обусловлено целым рядом обстоятельств.

Во-первых, «вечная» мерзлота занимает значительную часть территории: около 13 млн км² в Евразии, в Северной Америке ее площадь почти в два раза меньше — 7,2 млн км². Из этих 13 млн км² примерно 10,7 млн км² приходится на Россию (т.е. «вечная» мерзлота охватывает 2/3 площади нашей страны), и заселена эта территория много плотнее, чем на американском континенте. Как следствие, насущна потребность разработки научно обоснованных методик строительства на мерзлом грунте населенных пунктов и сопутствующей инфраструктуры, а также поддержания их в безаварийном состоянии.

Во-вторых, существует глубокая взаимосвязь между состоянием «вечной» мерзлоты и изменениями современного климата. Наблюдаемое глобальное потепление характеризуется не только ростом температуры воздуха в приземном слое, но и изменением режима осадков и атмосферной циркуляции, сроков и продолжительности холодного и теплого периодов. Ситуация усугубляется тем, что повышение среднегодовой температуры приземно-

го слоя воздуха в ряде арктических регионов Восточной Сибири более чем в два раза превосходит среднее по земному шару. Таким образом, текущие климатические изменения напрямую способствуют деградации многолетнемерзлых грунтов. С другой стороны, такие грунты являются естественными резервуарами углерода, их размораживание ведет к его высвобождению и, как следствие, росту содержания углерода в атмосфере. Нелишне упомянуть, что большая часть этого углерода присутствует в виде метана CH₄ — одного из важнейших парниковых газов (третьего по значимости после водяного пара и CO₂). Поэтому увеличение атмосферной концентрации CH₄ неизбежно сопровождается усилением парникового эффекта, а значит, последующим ростом температуры воздуха и далее потоком самого метана в атмосферу.

В-третьих, вследствие глобального потепления наблюдается сокращение площади морских льдов, кроме того Россия ежегодно теряет около 10 км² прибрежной суши в Восточной Сибири и до 30 км² по всему арктическому побережью. В результате этого изменяются региональное альbedo поверхности, а также ареал и условия обитания представителей арктической фауны. Все перечисленное обуславливает особое внимание к эволюции слоя «вечной» мерзлоты и арктического климата сегодня и в ближайшем будущем.

Российская территория «вечной» мерзлоты делится на три зоны — сплошную, прерывистую и островную. «Сплошная» зона охватывает большую часть Сибири от Енисея до Берингова пролива и распространяется на юг вплоть до 44° с.ш., здесь земля постоянно проморожена на глубину нескольких сотен метров. Южнее располагается зона прерывистой массивно-островной распространения «вечной» мерзлоты, которая занимает от 40 до 70 % территории. Периферийный «островной» пояс мерзлоты простирается от Кольского полуострова и Архангельской области на европейском арктическом побережье и тянется к югу до северного Китая и Монголии, а также включает в себя части Камчатки. «Острова» занимают, как правило, не более 10 % или менее от общей площади территории.

Как ни парадоксально, о «том, на чем стоим» (в буквальном смысле), мы знаем не так уж и много, а существующие оценки обладают большими погрешностями. По мнению известного шведского специалиста Т. Кристенсена (Т. Christensen), до сих пор не создано достоверной карты зоны «вечной» мерзлоты, отрывочны сведения о толщине многолетнемерзлых грунтов (рекордная глубина залегания многолетней мерзлоты — 1370 м — зафиксирована в феврале 1982 г. в верховьях реки Вилюй в Якутии). По современным представлениям, ежегодная глобальная эмиссия метана составляет около 162 Мт, из них на арктическую тундру, согласно оценке McGuire et al. (McGuire et al., Biogeosciences, v. 9, pp. 3185–3204, 2012), приходится около 25 Мт (±55 %). В то же время масса залежей CH₄ под ледяным покровом оценивается в 2,7·10⁶ Мт, но с возможной десятикратной (!) ошибкой. Неопределенна ситуация и с запасами метана в гидратах. Гидраты метана, залегающие под слоем воды, представляют собой похожую на лед субстанцию, являющуюся смесью воды и ме-

Карта распространения вечной мерзлоты
в Северном полушарии.

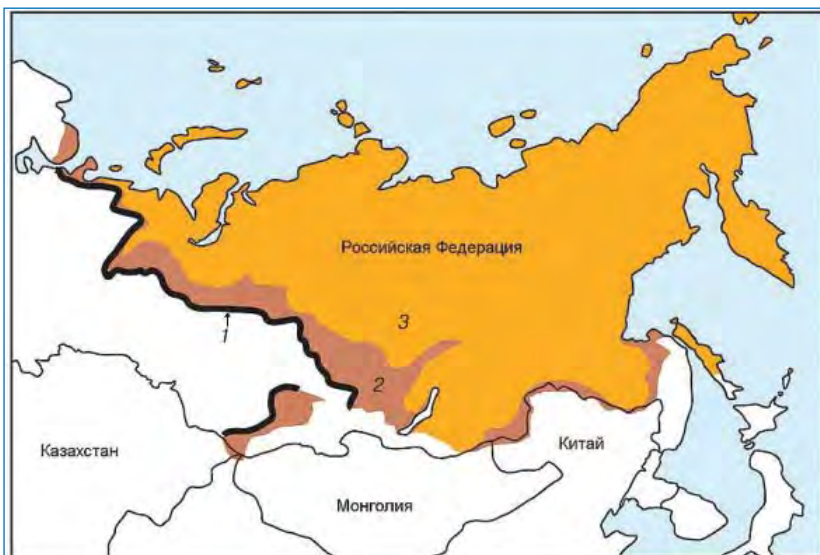


тана, которая может существовать при температурах не выше 20 °С и давлениях не ниже 3–5 МПа в осадочных породах на глубине 300–500 м. Плотность CH_4 в гидратах более чем в 160 раз превосходит плотность метана при стандартных давлении и температуре. Поэтому при нагреве даже небольшого по объему куска многолетней мерзлоты, содержащей гидраты, освобождается большое количество CH_4 . По оценке Дж. Дикенса (Dickens, *Climate of the Past*, v. 7, pp. 831–846, 2011), в глобальном масштабе в виде гидратов метана сосредоточено от $7 \cdot 10^5$ до $1,27 \cdot 10^7$ Мт С (углерода). Н.Е. Шахова с коллегами на основе анализа результатов измерений считают, что содержание гидратов только на континентальном шельфе морей Восточной Сибири оценивается в более чем $3,5 \cdot 10^5$ Мт С, а ежегодные выбросы CH_4 в атмосферу отсюда достигают 17 Мт.

Неудивительно, что в таких условиях взгляды специалистов на то, что будет происходить с «вечной» мерзлотой в будущем, мягко говоря, расходятся. По мнению британских ученых из Кэмбриджа, растражированному российскими СМИ, мерзлота в Сибири может полностью исчезнуть в период с 2020 по 2050 г. Российские оценки более сдержанны. Модельные расчеты специалистов ГГИ показали, что общая площадь «вечной» мерзлоты, вероятно, сократится на 10–12 % к 2030 г., а к 2050 г. — на 15–20%. При этом ее граница может сместиться к северо-востоку на 150–200 км, а глубина сезонного протаивания увеличится в среднем на 15–25 %. По заявлению В. Болова, главы Центра прогнозирования и мониторинга МЧС РФ, в ближайшие 25–30 лет зона «вечной» мерзлоты в России может сократиться на 10–18%, а к середине века на 15–30 %. Причина таяния «вечной» мерзлоты заключается в том, что если раньше оттаявший за лето слой мерзлоты зимой снова намерзал, то теперь этот баланс нарушен. Иная точка зрения у заместителя директора Института мерзлотоведения СО РАН В.В. Шепелева: по его словам, деградации «вечной» мерзлоты в «сплошной» зоне не происходит, таяние мерзлых грунтов имеет место лишь в «островной» зоне, причем «один холодный год быстро залечит все ее раны».

Вместе с тем очевидно, что в ближайшие десятилетия значимость арктического региона будет возрастать, поэтому при принятии многих политических и экономических решений уже сегодня нельзя не учитывать изменений состояния многолетнемерзлых грунтов. А следовательно, необходима более полная и достоверная информация о текущем положении дел и, конечно, более высокое качество прогнозов. Для достижения этой непростой цели в нашей стране принимаются различные меры по организации исследовательских изысканий. В частности, недавно стало известно о поддержке нескольких научных проектов.

Так, проект группы ученых Томского политехнического университета направлен на исследования Сибирского арктического шельфа как источника парниковых газов. Возглавит проект сотрудник Тихоокеанского океанического института ДО РАН И.П. Семилетов. Основные цели: выяснить, какие причины обуславливают потоки парниковых газов, каков современный метановый потенциал в осадочных породах шельфа и как он может изменяться в



Прогнозируемое отступление границы зоны «вечной» мерзлоты к 2100 г. по данным 4-го оценочного доклада МГЭИК: 1 – граница зоны «вечной» мерзлоты в настоящее время; 2 – сокращение зоны вечной мерзлоты к 2100 г.; 3 – зона «вечной» мерзлоты, которая, по прогнозам, подвергнется деградации.

условиях потепления. Предполагается провести морские и самолетные комплексные исследования, что позволит количественно оценить потоки CO_2 и CH_4 . Кроме того, планируется пробурить 12 новых скважин в дополнение к 10 уже имеющимся. Полученные керны будут подвергнуты детальному биогеохимическому, микробиологическому, геологическому и термодинамическому анализу в лабораторных условиях. Это позволит выявить источники и возраст метана, отобранного с различных горизонтов осадочных пород и водной толщи.

РФФИ поддержал проект «Вклад размораживания многолетнемерзлого грунта Сибири в эмиссию метана в атмосферу при потеплении климата Арктики». Руководителем проекта является заведующий лабораторией ГГО И.Л. Кароль. В состав группы исполнителей входят сотрудники ГГО и ААНИИ. Предлагаемый проект направлен на оценку эмиссии метана в условиях таяния «вечной» мерзлоты на севере России (главным образом, по данным на станции Тикси). В ходе реализации проекта будут проведены как натурные измерения концентрации и потоков метана в атмосферу, так и модельные оценки выброса метана и отклика климатической системы на этот выброс.

Тем не менее нет оснований испытывать «чувство глубокого удовлетворения»: регулярная информация поступает лишь с трех стационарных российских станций на побережье Северного Ледовитого океана — Терриберка (Кольский п-ов), Новый Порт (п-ов Ямал) и гидрометеорологической обсерватории Тикси (на берегу моря Лаптевых). Отметим, что две последние станции расположены в зоне «сплошной» многолетней мерзлоты. Сюда можно добавить результаты нескольких экспедиций с участием сотрудников Тихоокеанского океанического института ДО РАН, проведенных в последнее десятилетие на арктическом шельфе. Этого, безусловно, недостаточно, для полноценного репрезентативного анализа того, что сегодня происходит с многолетней мерзлотой и что (и как) будет происходить с ней в обозримом будущем. Развитие региональной сети мониторинга — наиболее эффективное средство для того, чтобы прогнозы о грядущей эволюции многолетнемерзлых грунтов обрели под собой «твердую почву».

А.А. Киселев (ГГО им. Воейкова)