

ЧТО ПРОИСХОДИТ С МЕРЗЛОТОЙ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА?

ИНТЕРВЬЮ С ЧЛЕНОМ-КОРРЕСПОНДЕНТОМ РАН ИГОРЕМ ПЕТРОВИЧЕМ СЕМИЛЕТОВЫМ



Игорь Петрович Семилетов родился в 1955 году в Венгрии. С 1977 года работает в Тихоокеанском океанологическом институте им. В.И. Ильичева ДВО РАН. В 1990-е стал основателем и заведующим лаборатории геохимии полярных регионов (в настоящее время – лаборатории арктических исследований). Организовал и выполнил более 40 вселетних национальных и международных экспедиций в моря Восточной Арктики. Профессор-исследователь Международного арктического научного центра при Университете Аляски (Фэрбанкс), профессор Института природных ресурсов Томского политехнического университета. Научный руководитель Международной лаборатории углерода арктических морей, созданной в рамках мега-гранта Правительства РФ. Автор более 150 публикаций в топ-журналах, включая "Science", "Nature", "Nature Geosciences", "Nature Communication", "PNAS". В 2016 году избран членом-корреспондентом РАН.

Игорь Петрович Семилетов — известный ученый, занимающийся проблемой эмиссии парниковых газов вследствие таяния подводной мерзлоты арктического шельфа. Это острая, актуальная проблема, исследования в этой области быстро развиваются в последние годы и во многом благодаря его усилиям. А начинал он с антарктических исследований.

Расскажите о начале вашего научного пути, о сотрудничестве с ААНИИ в Антарктике.

Спасибо за вопрос, который дает мне возможность вернуться в начало 1980-х, когда я принял участие в морской части 26-й Советской антарктической экспедиции (САЭ) на борту НИС «Профессор Зубов» в составе группы дальневосточных ученых из пяти человек. Наше участие было определено перспективными работами в натурном научном эксперименте «ПОЛЭКС-Юг», который был направлен на изучение влияния крупномасштабных круговоротов вод и льдов Южного океана на динамику циркуляции вод Мирового океана и учета их вклада в энергетический баланс системы океан — атмосфера — морской лед. В процессе подготовки, которая в основном происходила в здании ААНИИ, расположенном в то время в Шереметьевском дворце по адресу Фонтанка, 34, я познакомился с молодым научным сотрудником Александром Даниловым. Во время 125-суточной экспедиции мне довелось общаться со многими сотрудниками ААНИИ. Наиболее близкие отношения завязались с Николаем Антиповым и Валерием Малекон, с которыми иногда встречаюсь в новом здании ААНИИ.

Во время работ в Антарктике я был очарован гигантскими айсбергами, их красотой и мощью. Именно там возникла мысль о том, что за сотни тысяч лет процесса формирования ледяного покрова Антарктиды по схеме снег — фирн — лед в ледовую толщу включается воздух, который на первоначальном этапе занимает место в порах снега, затем фирна, и так далее. Возникло предположение, что можно изучать древний состав воздуха путем анализа этих воздушных включений методами газовой хроматографии, которыми я в то время уже начал серьезно заниматься.

По возвращении в порт Ленинград в апреле 1982 года я поделился своим предположением с Александром, Валерием и Николаем, которые отвели меня в отдел географии полярных стран ААНИИ, где я познакомился с Нарциссом Иринар-

ховичем Барковым. Эта встреча во многом определила мою научную жизнь. Я рассказал ему о своем предположении и горячем желании заняться проблемой восстановления палеосостава атмосферы путем анализа воздушных включений, извлеченных из ледяных кернов. Н.И. Барков в очень тактичной форме объяснил, что этой проблемой уже начали заниматься в ряде западных университетов. Мне было предложено подумать о методах исследования, которые могут быть реализованы на основе использования приборов, изготовленных в СССР. Вскоре он сообщил радостную новость о возможности заключения хозяйственного договора на разработку аналитической системы для определения общего газосодержания и концентрации метана, а также двуокиси углерода в ледяных кернах, полученных в результате глубокого бурения на станции Восток.

До конца 1980-х мы работали вместе с ним и Владимиром Липенковым, практически жили в нашем научном балке, установленном в саду Шереметьевского дворца. В 1988–1989 годах в рамках 34-й САЭ на борту НИС «Профессор Визе» нами совместно с А. Гусевым из Горного института были выполнены газоаналитические исследования ледяных кернов, отобранных на станции Восток до глубины 2280 м. Кроме того, в водах Южного океана удалось выполнить работы по исследованию динамики карбонатной системы. Результаты совместных исследований были опубликованы в Докладах АН СССР, Journal Atmospheric Systems и ряде других изданий в России и за рубежом. Однако в 1989-м началась перестройка и наши совместные работы были прекращены из-за недостатка финансирования. Тем не менее это направление исследований до сих пор остается одним из приоритетных в области наук о Земле. Свидетельство тому — высокая правительственная награда, врученная Президентом В.В. Путиным В.Я. Липенкову, и орден офицера Почетного Легиона Франции, которого был удостоен Н.И. Барков за заслуги в изучении ледяных кернов, палеоклимата Земли и подледникового озера Восток.

Эти годы стали для меня важнейшим этапом научного роста, был приобретен уникальный опыт по разработке различных модификаций парофазного газохроматографического анализа, которые были внедрены на уровне изобретений в практику океанологических и геокриологических исследований. Я был готов к самостоятельной работе в новом для меня районе исследования — в российской Арктике.

С чего начался арктический период вашего научного пути?

До конца 1980-х я принял участие во многих океанологических экспедициях во всех океанах, кроме Ледовитого. Меня всегда тянуло Арктика. Все началось с северных рассказов Джека Лондона, потом переезд семьи из Латвии (где отец работал военным хирургом) в поселок Новая Иня на побережье Охотского моря — на севере Хабаровского края, всего в 350 км от Магадана. Охотился, ловил рыбу, на летних каникулах был старателем-вольнопринесителем — мыл золото на Колыме. У друзей-охотников научился быстро реагировать в экстремальных ситуациях. То есть морально и физически был готов к работе в Арктике. Но вначале нужно было пройти школу Антарктики со старшими коллегами из АНИИ.

После возвращения из 34-й САЭ мне в руки попала статья академика Георгия Александровича Заварзина о наличии атмосферного максимума основных парниковых газов, метана и двуокиси углерода над Арктикой, выводы которой были основаны на обобщении данных атмосферного мониторинга. В это же время, на основе сравнения палеоизменчивости содержания метана по результатам анализа ледяных кернов из Гренландии и Антарктиды, американскими учеными Халилом и Расмуссеном было показано, что атмосферный

максимум над Арктикой исчезал в последний ледниковый период. Этот результат стал основой для формирования гипотезы о решающей роли состояния наземной мерзлоты, как фактора, регулирующего атмосферную эмиссию метана. Для тестирования этой гипотезы начиная с 1990 года совместно с Сергеем Зимовым были начаты исследования по выявлению роли термокарстовых озер. В период с 1990 по 1994 год исследования проводились в основном в северной тайге Колымо-Инди́гирской низменности на базе Северо-Восточной научной станции Тихоокеанского института географии ДВО РАН, расположенной в 7 км от поселка Черский. Начиная с осени 1994 года изучение роли термокарстовых озер было расширено — исследования стали проводиться в арктической тундре. Они выполнялись на платформе Полярной геокосмофизической обсерватории Института космофизических исследований Якутского научного центра СО РАН в районе поселка Тикси. Было показано, что концентрации растворенного метана в тундровых озерах примерно на два порядка ниже, чем в озерах, расположенных в таежной зоне

Колымо-Инди́гирской низменности. Этот вывод дал основания для переоценки в сторону понижения роли северных озер в региональном балансе эмиссии метана.

С осени 1994 года были начаты морские исследования, направленные на выявление роли морей Восточной Арктики в эмиссии метана и двуокиси углерода, которые выполнялись в режиме попутных наблюдений на борту дизель-электрохода «Амдерма» по маршруту Владивосток — устье реки Колымы (Восточно-Сибирское море) и на борту НЭС ААНИИ «Михаил Сомов» в море Лаптевых. Такого рода комплексные исследования в системе суша — шельф продолжались до конца 1990-х годов на судах различного класса, от НЭС «Михаил Сомов» (1995) до гидрографического судна Тихсинской гидробазы «Дунай» (1997, 1998, 1999). Для оценки роли реки Лены в эмиссии парниковых газов начиная с 1994 года были организованы всесезонные исследования, зимой на вездеходах, летом — с небольших катеров и моторных лодок. В 1996 году наша группа приняла участие в работах по исследованию динамики карбонатной системы в американском секторе Чукотского моря. Наши результаты, опубликованные в «Докладах Академии наук», «Progress Oceanography», «Journal Atmospheric Sciences», впервые показали мозаичность в распределении стоков и источников двуокиси углерода в арктических морях Америко-Азиатского сектора Арктики.

В 2000 году была проведена первая крупномасштабная комплексная экспедиция на борту гидрографического судна «Николай Коломейцев» по маршруту Архангельск — моря Российской Арктики — Владивосток, что позволило впервые выполнить прецизионные измерения основных гидрологических параметров, элементов карбонатной системы, растворенного метана, биогенных элементов и т.д. по всему маршруту Северного морского

пути с выполнением детальных разрезов в морях Восточной Арктики (МВА), включая моря Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское.

Начался новый этап комплексных биогеохимических и экологических исследований в МВА, который, на основе проведения примерно 40 отечественных экспедиций, заложил основы знаний об изменчивости основных компонентов цикла углерода в условиях возрастающих темпов деградации наземной мерзлоты, которая окружает моря Сибирского и Северо-Американского сектора Северного Ледовитого океана. Особое внимание уделялось изучению дисбаланса в цикле углерода, который отчетливо проявляется в эмиссии двуокиси углерода и метана. Здесь нужно отметить, что «ответственность» за эмиссию этих парниковых газов несут разные процессы.

Если коротко, то нами впервые была выдвинута и доказана гипотеза о том, что окисление древнего эрозионного углерода, поступающего в МВА в результате разрушения берегового ледового комплекса, является основным процессом, опре-



Береговая эрозия. Побережье моря Лаптевых.

деляющим перенасыщение (относительно атмосферы) двуокисью углерода вод западной части МВА (море Лаптевых и западная часть Восточно-Сибирского моря). Более того, показано, что экспорт эрозионного углерода в районах МВА с высокими скоростями береговой эрозии (по крайней мере от устья реки Хатанги до устья реки Колымы) является основным процессом, определяющим биогеохимические особенности вод и современной седиментации.

Первая статья, посвященная биогеохимическим последствиям береговой эрозии в МВА, была опубликована в «Докладах Академии наук» (1999 год), а последняя в «Nature Geoscience» (2016). Между ними 17 лет экспедиционных исследований и поисков подходящих маркеров (индикаторов), позволяющих изучить и оценить количественно транспорт и трансформацию эрозионного углерода в системе суша — шельф МВА. Также была изучена роль сибирских рек в транспорте и трансформации растворенного и взвешенного органического углерода на примере системы река Лена — море Лаптевых. По этим результатам нами в содружестве со стратегическими партнерами из Швеции (группа профессора Орьяна Густафссона, члена Нобелевского комитета по химии, и группа профессора Лейфа Андерсона, также члена Нобелевского комитета) и других коллег из Нидерландов, Великобритании, США и Италии опубликованы десятки статей в ведущих мировых изданиях, включая «Biogeosciences», «Cryosphere», «Geochimica et Cosmochimica Acta», «Geophysical Research Letters», «Global Biogeochemical Cycles», «J. Geophysical Research», «J. Marine Sciences», «Nature». В этой области исследования наша международная группа занимает лидирующие позиции.

Другое направление наших исследований — выявление процессов, ответственных за эмиссию метана из донных отложений МВА, изучение масштабов выбросов метана в водную толщу и далее в атмосферу, их количественная оценка. Это направление исследований в нашей международной группе начиная с 2004 года ведет доктор геолого-минералогических наук Наталья Шахова. Впервые на основе результатов, полученных в экспедициях, выполненных до 2008 года, было доказано, что МВА являются очень крупным источником выхода метана в атмосферу, соизмеримым со всем Мировым океаном, и была высказана гипотеза об определяющей роли деградации подводной мерзлоты и образовании сквозных таликов — газовыводящих путей в толще осадков МВА. Эта гипотеза была доказана в результате специализированных комплексных биогеохимических, геофизических и геологических исследований, включая пятилетнюю программу колонкового бурения, выполненную нашей группой с припайного льда моря Лаптевых (2011–2015 годы). Результаты этих исследований опубликованы в более 40 статьях в национальных («Доклады Академии наук», «Вестник РАН») и мировых топ-журналах, включая «Geophysical Research Letters» (2005), «J. Marine Systems» (2007), «Science» (2010), «J. Geophysical Research» (2010), «Nature Geoscience» (2014), «Philosophical Transactions of the Royal Society A» (2015), «Nature Communications» (2017).

Получается, что после начала комплексных исследований по всей трассе Северного морского пути в 2000 году группой был получен огромный материал, позволивший выявить дисбаланс цикла углерода на Арктическом шельфе России. Можно ли выделить особенности проведения арктических исследований на отдельных этапах, объяснить читателям различных научных специальностей, почему данное направление исследований является одним из наиболее важных в области наук о Земле, и как выбросы метана могут повлиять на климат?

Во-первых, известно, что пул (резервуар) органического углерода (ОУ), захороненного в вечной мерзлоте суши, сопоставим с оценками пула ОУ почв на нашей планете. Поэтому процесс вовлечения ОУ деградирующей мерзлоты суши с его последующей трансформацией в форму парниковых газов — CH_4 и CO_2 , рассматривается как один из важных факторов, влияющих на состояние климата. В то же время в мировом сообществе принято считать, что гигантский резервуар ОУ на Сибирском арктическом шельфе «заблокирован» подводной мерзлотой. В рамках наших исследований было показано, что это не так: мегапул ОУ Сибирского шельфа уже вовлечен в современный круговорот углерода. Учитывая, что запасы ОУ в многокилометровой толще Сибирского шельфа как минимум на пять порядков превышают запасы ОУ, доступные для вовлечения в современный биогеохимический цикл из верхнего слоя наземной мерзлоты, становится очевидным, что вовлечение древнего ОУ из Сибирского шельфа, уже трансформированного в форму CH_4 и CO_2 , в современный цикл может оказать воздействие на климат несоизмеримо сильнее по сравнению с фактором наземной мерзлоты.

Наш научный путь может быть условно разделен на три этапа. Первый этап — тестирование гипотезы об определяющей роли термокарстовых озер в региональном балансе атмосферного CH_4 и начало периода накопления данных по изменчивости цикла углерода на шельфе МВА в контексте возрастающей роли деградации наземной мерзлоты (1990–1999). Второй этап — период накопления критической массы данных для выявления основных процессов, ответственных за эмиссию метана из донных отложений МВА в водную толщу и далее в атмосферу, а также сравнение вклада эрозионных процессов и возрастающего стока сибирских рек в транспорт и трансформацию наземного углерода в системе суша — шельф МВА (2000–2010 годы).

Третий этап — комплексные междисциплинарные исследования, направленные на выявление механизма деградации подводной мерзлоты как основного геологического фактора контроля масштабов выбросов CH_4 из донных отложений МВА в водную толщу и далее в атмосферу, определение их происхождения и проведение их количественной оценки (с 2011 года по настоящее время).

Остановимся на третьем этапе, который начиная с 2014 года выполняется на научно-образовательной платформе Томского политехнического университета (ТПУ) — одного из наиболее динамично развивающихся вузов нашей страны. Высокий уровень естественно-научного профиля был заложен в ТПУ такими титанами, как Дмитрий Иванович Менделеев и Николай Николаевич Семенов — единственный советский лауреат Нобелевской премии по химии. Развитие геологического направления связано с такими крупными учеными, как академик Владимир Афанасьевич Обручев и его ученик — Михаил Антонович Усов.

«Арктическая» история началась в ТПУ с того, что в 2014 году нашей группе совместно с ТПУ удалось получить грант Правительства РФ на проведение научных исследований на тему «Сибирский арктический шельф как источник парниковых газов планетарной значимости (количественная оценка потоков и выявление возможных экономических и климатических последствий деградации подводной мерзлоты)». Для выполнения проекта была создана международная научно-образовательная лаборатория изучения углерода арктических морей (МНОЛ УАМ). За неполные четыре года силами этой лаборатории были организованы и проведены несколько комплексных экспедиций в арктические моря России. Экспедиции позволили выявить основные процессы, ответственные за дисбаланс в цикле углерода, приводящие к эмиссии парниковых газов в атмосферу, а также дать первые оценки влияния деградации подводной мерзлоты на массивный выброс

метана из донных осадков Восточно-Сибирского шельфа на климат и экологическую ситуацию на маршруте Северного морского пути.

В 2015 году грант Российского научного фонда «Динамика транспорта и трансформации углерода в арктической системе «суша — шельф — атмосфера» в условиях глобального потепления и деградации мерзлоты» получила профессор ТПУ и Университета Аляски (Фэрбанк) Наталья Шахова, которая является первым автором ряда наших статей, опубликованных в журналах «Доклады Академии наук», «Вестник Российской академии наук», «Geophysical Research Letters», «J. Marine Sciences», «J. Geophysical Research», «Science», «Nature Geoscience», «Nature Communications».

В этих публикациях впервые было показано, что аномалии в содержании метана в водной толще и приводном слое атмосферы свидетельствуют о значительной степени деградации подводной мерзлоты, которая ранее считалась сплошной. Именно эти работы привлекли внимание мирового сообщества к проблеме изучения роли подводной мерзлоты как фактора геологического контроля массивного выброса метана из донных отложений Восточно-Сибирского шельфа (ВСШ) в водную толщу и далее в атмосферу. Кроме того, были выявлены и исследованы основные процессы, ответственные за транспорт и трансформацию углерода (C), включенного в современный биогеохимический цикл в арктической системе «суша — шельф» за счет расконсервации гигантского C-пула мерзлоты, который деградирует в результате потепления климата. Отметим, что при условии образования глубоких таликов (заглубления кровли подводной мерзлоты глубже 100 метров) неизбежна дестабилизация пула газовых гидратов донных осадков ВСШ, что может привести к многократному увеличению концентрации метана в атмосфере. Вопрос о реалистичности этого сценария в ближайшем будущем остается открытым и требует проведения крупномасштабных комплексных морских исследований на акватории ВСШ, синфазных с аэрокосмическими исследованиями.

Перечислю принципиально новые результаты, которые приводят к пересмотру сложившихся парадигм.

Выбросы из донных отложений ВСШ в водную толщу изменяются на пять порядков (от 0,001 до 102 граммов с квадратного метра в сутки) в зависимости от состояния подводной мерзлоты.

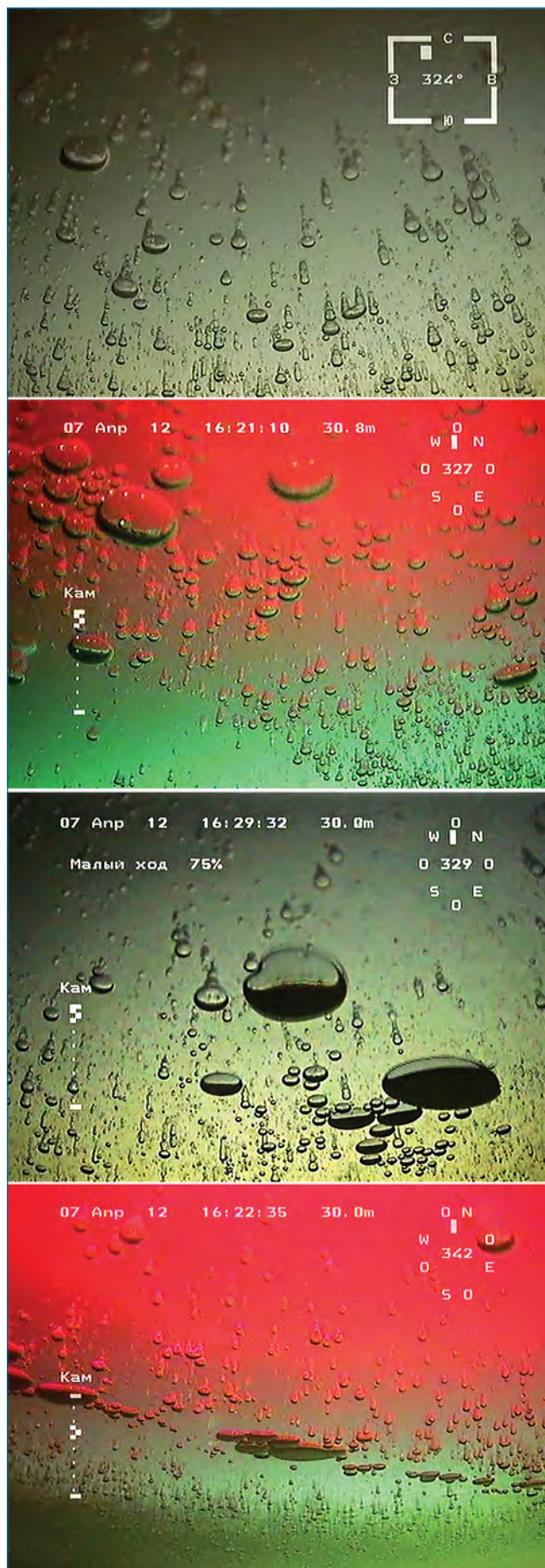
Консервативная оценка выброса метана с акватории ВСШ, основанная на многолетних наблюдениях, составляет примерно 17 млн т в год, что примерно в два раза выше величины, предложенной IPCC (2007) для всего Мирового океана, причем в эту оценку не входят массивные выбросы метана в районах мегафакелов (мощных струйных систем в перечнике больше 1000 метров).

В воздухе над районами массивированной разгрузки пузырькового метана зарегистрированы аномально высокие значения содержания атмосферного метана.

В последние 30 лет скорости вертикальной деградации подводной мерзлоты по сравнению с предыдущими столетиями достигли величины 18 см в год, что на порядок выше ранее принятых оценок.

В ряде районов ВСШ было обнаружено заглубление кровли подводной мерзлоты в зону стабильности гидратов, что пространственно коррелирует с наличием массивированных выбросов пузырькового метана.

Доказано, что мелкозалегающий акустический рефлектор, широко распространенный в донных осадках арктических морей, объясняется существованием газового (метанового) фронта (ГФ), а не является кровлей подводной мерзлоты, как было принято считать ранее.



Подводные выбросы пузырькового метана.

ГФ движется вверх со скоростью до пяти метров в год и выше, что приводит к массивному выбросу пузырькового метана в воду при достижении ГФ поверхности осадка.

Многочисленные борозды ледового выплывания ускоряют пузырьковый выброс метана за счет достижения ГФ поверхности осадков.

На основе многолетних исследований полного изотопного состава метана водной толщи и донных осадков ВСШ показан смешанный генезис метана с преобладанием биогенной компоненты, причем диапазон изменчивости стабильных изотопов и радиоуглерода метана значительно превышает пределы ранее известной изменчивости.

Ожидаемый результат о плейстоценовом возрасте метана в ВСШ в целом подтвердился. Однако в ряде проб осадков и воды обнаружен супермолодой радиоуглеродный возраст метана, что может свидетельствовать либо о стоке подмерзлотных грунтовых вод из районов многочисленных подземных ядерных взрывов в Северной Якутии с последующей разгрузкой на акватории ВСШ, либо о существовании природного ядерного реактора (аналог Окло во французском Габоне) на больших глубинах.

Впервые в морях Северного Ледовитого океана обнаружена и задокументирована радиометрическими, гидрологическими и электромагнитными методами разгрузка подмерзлотных грунтовых вод.

Выявлен ранее неизвестный механизм подкисления (асидификации) вод ВСШ за счет окисления эрозионного органического вещества и речного эффекта разбавления вод, а не за счет поглощения атмосферной избыточной двуокиси углерода, как во всем Мировом океане.

Экстремальная асидификация вод ВСШ приводит к угнетению бентосных организмов (макробентос — основной корм для моржей, которые составляют значительную часть диеты белых медведей) и уже значительно выше модельных предсказаний, сделанных АМАР (2015-й год) на конец XXI века.

Более того, мы обнаружили, что сечение этих мегавыбросов, или мегафакелов, возрастает. Точные цифры — предмет наших дальнейших научных публикаций. Но могу сказать, они значительно увеличиваются, что вызывает у нас тревогу: потенциально выброс 3–5 % от предполагаемого пула газовых гидратов может привести к многократному увеличению содержания метана в атмосфере. Это, в свою очередь, может вызвать значительные климатические изменения.

Получается, такие выбросы — следствие глобального потепления и активного таяния морских льдов?

Непростой вопрос. Дело в том, что основной фактор, ответственный за деградацию подводной мерзлоты, — это время контакта придонной относительно теплой воды с поверхностными осадками. Когда мерзлота приходит в термическое равновесие с придонной водой, тогда происходит фазовый переход. Есть мерзлота — гидраты стабильны, когда ее нет, гидраты дестабилизируются.

Мы сейчас живем в межледниковый период. В ледниковую же эпоху уровень Мирового океана был на 100–120 метров ниже. И то, что сейчас является шельфом МВА, прежде было сушей. Десятки тысяч лет холодного геологического периода приводили к формированию мощной мерзлой толщи. По разным оценкам, это 500–800 метров. После наступления «теплого» периода уровень океана растет, идет затопление суши. Если сравнивать с предыдущими климатическими циклами, то уже 5–6 тысяч лет назад должно было начаться похолодание и понижение уровня океана. А этого не происходит. Почему? Мы связываем этот феномен с появлением второго «теплого горба» после голоцена, который ассоциируется с

антропогенным потеплением. И вместо понижения Мирового океана, которое должно было наступить примерно 5–6 тысяч лет назад (со времени температурного оптимума голоцена), его уровень медленно растет. Это значит, что контакт теплой воды и подводной мерзлоты продолжается. С большой вероятностью мерзлота пришла в термическое равновесие с водой, что неизбежно приводит к образованию сквозных таликов. Получается, что температура мерзлоты, сформированной в ледниковый период, была минус 17–20 °С — это известно из опубликованных работ, а среднегодовая температура придонной воды, которая затопила ее, примерно –1 °С. Около устьев рек она вообще близка к нулю. Значит, на глубинах 60–100 м (где обнаружены мегавыбросы метана) подводная мерзлота находится в контакте с придонной теплой водой примерно на протяжении 9–10 тысяч лет. Этого достаточно для того, чтобы она протаяла. Согласно данным бурения, мерзлота уже находится в транзите. Всего за время последних экспедиций на ледоколе «Оден» и на НИС «Академик М.А. Лаврентьев» мы обнаружили порядка 700 аномальных полей выбросов метана. Нам удалось провести микрополигонные исследования на самых крупных из них. Результат неутешающий — за 3 года площадь сечения одного из мегасипов выросла почти в четыре раза. При сохранении такого тренда деградации подводной мерзлоты и роста темпов выброса CH_4 полученные результаты подразумевают рост роли ВСШ в планетарном бюджете атмосферного CH_4 . Из вышеизложенного следует, что деградация подводной мерзлоты — серьезный фактор и его надо изучать. Ведь если подводная мерзлота на значительной части шельфа МВА перейдет в состояние, в котором находятся аномальные районы (величины пузырькового переноса достигают сотен граммов с квадратного метра в сутки), это может вызвать значительный рост содержания атмосферного CH_4 и серьезные климатические последствия.

Новые данные, полученные в последние годы, помогут скорректировать современный сценарий понимания роли шельфа МВА в возможных климатических изменениях в ближайшем будущем?

Для того чтобы скорректировать сценарий, требуется объединить усилия всех заинтересованных стран. Ежегодно на исследование необходимы суммы, эквивалентные выделенным нашей экспедиции 2014 года на шведском научном ледоколе «Оден», или хотя бы пара миллионов долларов, чтобы совершать простые экспедиции на российских судах, укомплектованных современным оборудованием. Нужна крупная международная программа. В этом, я надеюсь, поможет руководство Российской академии наук, Правительство РФ и ТПУ. Именно на базе ТПУ планируется координировать ход данных масштабных международных исследований. Для этих целей в ноябре 2016 года на платформе ТПУ был создан Международный арктический сибирский научный центр (International Arctic Siberian Scientific Center, IASSC). У нас уже есть партнеры в 15 университетах в пяти странах мира (Швеция, Нидерланды, Великобритания, США, Италия). Надеемся начиная с 2018 года продолжить работу и с ведущим арктическим институтом мира — ГНЦ «Арктический и антарктический НИИ», с которым нас связывают многие годы сотрудничества в 1980-х — начале 2000-х годов, о чем мы говорили выше.

Существуют сильно отличающиеся оценки интегрального вклада эмиссии парниковых газов Арктической зоны РФ в атмосферу. Что нужно делать для их уточнения?

Если говорить о вкладе наземных экосистем Севера РФ в эмиссию парниковых газов (ниже ограничимся метаном),

то большие неопределенности в оценках обусловлены, во-первых, недостаточным количеством наблюдений, а во-вторых, двойным учетом роли болот и озер при расчете региональной эмиссии.

Если говорить о вкладе МВА в эмиссию CH_4 , то единственной репрезентативной — основанной на результатах наблюдений — является оценка, опубликованная нами в “Nature Geoscience” в 2014 году. Все остальные оценки получены путем моделирования на основе ограниченного количества данных со станций в удаленных от МВА районах: на мысе Барроу на Аляске, на Шпицбергене. Относительно новые данные, полученные в Тикси и на станции Амбарчик (около пос. Черский), свидетельствуют о важной роли МВА при доминировании ветров северного и северо-западного направлений. Некоторые оценки трудно назвать научно обоснованными (пока не буду обнародовать имена авторов из этических соображений), так как они базируются на результатах кратковременных измерений, выполненных на внешнем шельфе МВА, но экстраполированы на весь шельф МВА.

Для уточнения оценок вклада эмиссии CH_4 из МВА мы проводим комплекс методических исследований путем использования различных высокоточных газоанализаторов, показания которых значительно различаются в зависимости от особенностей установки и воздухоотбора.

В 2018 году планируем опубликовать результаты этой методической работы, основанной на измерениях, выполненных в МВА в 2016 году. Начиная с 2018 года планируем совместные с ААНИИ исследования на научно-исследовательском стационаре, расположенной на мысе Баранова (остров Большевик). Для этого готовим к работе портативный масс-спектрометр, позволяющий измерять не только концентрации метана, но и его стабильные изотопы в непрерывном режиме. Более того, с целью уточнения вклада водосборов крупнейших сибирских рек в региональную эмиссию парниковых газов летом 2016 года нами были проведены исследования по 6000 км маршруту, выполненному вверх и вниз по течению реки Оби, в водосборах которой находится основная часть болот Западно-Сибирской низменности. А в 2017 году такого же рода исследования были проведены по 1500 км маршруту от Якутска вниз по течению реки Лены до моря Лаптевых. Пока результаты этих исследований не опубликованы, но скажу, что роль этих рек в транспорте CH_4 в море пренебрежимо мала по сравнению с эмиссией из донных отложений. Более того, болота в водосборе реки Оби играют локальную роль.

Что вы можете сказать о природе воронок газовых выбросов на Ямале и Гыдане, которые встревожили ученых и бизнес? И что можно сказать о возможности таких событий на Арктическом шельфе?

Я согласен с общим выводом, сделанным экспертами, занимающимися изучением природы этих воронок, которые считают, что наиболее реалистичная причина — это выбросы метана в результате дестабилизации низезалегающих запасов гидратов. Мне только непонятно, почему эти исследования не были пока выполнены на международном уровне с колонковым бурением для подтверждения наличия гидратов или их следов. Также не выполнены детальные трехкомпонентные изотопные исследования и т.д. С техникой и финансированием на Ямале нет проблем.

На Арктическом шельфе такие события происходили в прошлом. Это подтверждается наличием огромного количества гигантских, размером до 400–600 м в поперечнике, кратеров на континентальном склоне морей МВА и на хребте Ломоносова (неподалеку от Новосибирских островов). Этим летом в журнале “Science” норвежскими учеными была опу-



Одна из воронок на Ямале.

бликована статья о продолжающихся выбросах из кратеров в районе материкового склона Баренцева моря. Эта активность объясняется дестабилизацией гидратов вследствие резкого понижения статического давления из-за деградации существующего на этой акватории в последний ледниковый период покровного ледника.

У нас на МВА история другая: покровного оледенения не было, но дестабилизация гидратов происходит за счет потепления и деградации мерзлоты. Нисходящая диффузия морской соли является фактором, способным сильно ускорить этот процесс.

До настоящего времени мы, совместно с учеными из группы Л. Лобковского (ИОРАН), обнаруживали множественные покмарки (небольшие воронки). Но в любое время могут произойти выбросы другого масштаба, что может привести к образованию воронок, аналогичных тем, что были обнаружены на Ямале и на склоне Арктического шельфа. Этот вопрос требует глубокого изучения во избежание аварийных ситуаций, которые могут возникнуть при освоении гигантских углеводородных ресурсов шельфа МВА.

В чем значимость полученных результатов?

Наши научные результаты являются основанием для уточнения и возможного пересмотра отдельных положений современной геологии, особенно в части уточнения процессов вертикальной миграции газожидкостных флюидов в сейсмостектонически активных районах арктических морей и потенциальной роли арктических морей России в балансе атмосферного метана и интенсификации процесса потепления климата. Результаты многолетних исследований биогеохимических особенностей в морях Восточной Арктики могут стать основанием для создания концепции экологической безопасности по маршруту Северного морского пути. Кроме того, новые знания в области состояния подводной мерзлоты в контексте дестабилизации гидратов и массивированных прорывов глубинного флюида могут быть критически важными для предотвращения аварийных ситуаций, которые могут возникнуть при разведке и эксплуатации углеводородных ресурсов российского арктического шельфа, а также при прокладке оптоволоконного кабеля в рамках Евразийской кооперации под эгидой России и Китая.

*Беседу провел А.И. Данилов (ААНИИ).
Фотоматериал предоставлен И.П. Семилетовым
и Пресс-службой Губернатора ЯНАО*