Криосфера Земли, 2005, т. IX, № 1, с. 7–12

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЯ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

Джерри Браун
Президент Международной ассоциации мерзлотоведения

P/O box 7, Woods Hole, MA 02543
(jerrybrown@igc.org)

THE INTERNATIONAL PERMAFROST ASSOCIATION: PAST, PRESENT AND FUTURE

Jerry Brown
President of International Permafrost Association

P/O box 7, Woods Hole, MA 02543
(jerrybrown@igc.org)

ВВЕДЕНИЕ

Это сообщение несколько отличается от моего доклада на церемонии открытия международной конференции по криосфере нефтегазоносных провинций (Россия, Тюмень, 24 мая 2004 г.). Оно включает небольшую историческую справку об участии России в международной деятельности по освоению области вечной мерзлоты, обзор текущей работы и планов Международной ассоциации мерзлотоведения (МАМ), а также краткое обсуждение актуальных для следующего десятилетия перспектив и проблем, связанных с вечной мерзлотой. Во время Восьмой международной конференции по мерзлотоведению в Цюрихе в июле 2003 г. Совет МАМ принял несколько решений по поводу нашего участия в международных исследовательских программах, а также по проблемам, вызванным реакцией вечной мерзлоты на изменения климата. Результаты, достигнутые в этом направлении, будут доложены на Девятой международной конференции по мерзлотоведению в 2008 г.

Следующие несколько лет МАМ имеет хорошие возможности для развития и координирования деятельности, направленной на лучшее понимание динамики вечной мерзлоты в условиях глобального потепления климата, а также на углубление наших знаний о свойствах и поведении мерзлых грунтов. Эти исследования могут быть выполнены в рамках ряда специальных исследовательских программ и за счет участия в других важных международных проектах, относящихся к затронутому предмету. Многие сценарии изменения климата в XXI столетии предполагают рост сезонного оттаивания и смещение современных геотемпературных зон по направлению к полюсу и более высоким отметкам в горах. Пространственное распространение областей прерывистой и сплошной мерзлоты изменится незначительно, так как сотни и даже тысячи лет могут потребоваться для того, чтобы мощность льдонасыщенных мерзлых толщ существенно уменьшилась и сформировались обширные площади сквозных таликов. Деградация высокотемпературных, мерзлых толщ продолжится, равно как углубление таликов и исчезновение островной мерзлоты. Множество сложных вопросов связано с этими предполагаемыми темпами изменения криолитозоны, ее нагревания и последующего оттаивания, особенно в более теплых областях, где природные условия высоко изменчивы и вечная мерзлота близка к порогу оттаивания.

ЧЕТЫРЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА РОССИИ (В ИЗУЧЕНИИ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ)

Уместно привести здесь краткий обзор некоторых важных шагов, предпринятых нашими российскими коллегами по развитию международного сотрудничества (в изучении вечной мерзлоты).

Приблизительно в начале 1960-х гг. западные исследователи начали узнавать о послевоенной деятельности России по исследованию вечной мерзлоты. В Первой международной конференции по мерзлотоведению, состоявшейся в 1963 г. в США, участвовала и советская делегация в составе П.И. Мельникова, С.С. Вялова и Н.А. Цытовича. Ряд российских докладов был опубликован в трудах конференции. В середине 1960-х гг. канадская делегация во главе с Роджером Брауном и Хэнком Джонстоном была среди первых иностранных посетителей Якутска; за этим последовали ответные визиты в Канаду. В 1969 г. директор Института мерзлотоведения академик Павел Иванович

© Джерри Браун, 2005

Мельников выступал в Якутске в роли принимающей стороны на международном симпозиуме „Палеогеография и перигляциальные явления плейстоцена", в котором участвовало 45 зарубежных ученых. Вторая часть симпозиума была проведена в Московском государственном университете. Это было наше первое личное общение с российскими партнерами. Именно на этом симпозиуме было запланировано проведение Второй международной конференции по мерзлотоведению в 1973 г. в Якутске. На этой конференции академик П.И. Мельников выдвинул идею создания международной организации мерзлотоведов. На основе принципиального соглашения, принятого на Третьей международной конференции в Эдмонтоне, в 1983 г. в Фэрбенксе была сформирована Международная ассоциация мерзлотоведения. На протяжении 1970-х гг. состоялось множество двусторонних американо-советских обменов, связанных с трубопроводами и защитой окружающей среды; это были взаимные визиты делегаций в города СССР (Якутск, Норильск и Магадан) и США (в том числе штат Аляска). Конференция 1989 г. в Ямбурге, организованная В.П. Мельниковым и П.И. Мельниковым, дала возможность участникам посетить районы интенсивного освоения газовых месторождений, осмотреть крупные отложения погребенных льдов в Западной Сибири и на п-ове Ямал и посетить исследовательскую площадку Парисенто на Гыданском п-ове. На заключительном пленарном заседании ямбургской конференции рассматривалась проблема глобального изменения климата и было принято несколько рекомендаций, связанных (1) со сбором данных по температуре многолетнемерзлых пород для анализа их динамики в прошлом и будущем, (2) с организацией площадок для наблюдений за температурами в глубоких скважинах в Западной Сибири, Северной Америке, Китае и в других местах, (3) с созданием стандартизированной международной геокриологической карты и (4) с проектами, направленными на защиту окружающей среды. В 1991 г. конференция по подземным льдам и криоморфогенезу, организованная при участии кафедры геокриологии Московского государственного университета, была проведена на севере Дальнего Востока в г. Анадырь.

Начиная с 1992 г. ежегодные конференции в Пущино обеспечили возможность регулярных встреч, развития планов международных исследований и обсуждения хода специальных проектов и программ МАМ. В результате обсуждений в г. Пущино в 1990-е гг. были запланированы и инициированы многие международные научно-исследовательские работы, в которые вошли наблюдения на полевых стационарах по всей территории криолитозоны России. Под эгидой МАМ интернациональная команда, главным действующим звеном которой были российские геокриологи под руководством Е.С. Мельникова, подготовила и в 1997 г. издала карту циркумарктической вечной мерзлоты и подземного льда. Эта работа продемонстрировала новый дух международного сотрудничества. В 1998 г. многие из нас посетили симпозиум в Новосибирске, спонсированный НАТО и организованный В.П. Мельниковым. Он был посвящен реакции криолитозоны на хозяйственную деятельность, экологической безопасности и природным богатствам территории вечной мерзлоты. В дополнение к изданию трудов симпозиум выработал многочисленные рекомендации по картографированию, мониторингу и моделированию. Начиная с 1993 г. ряд конференций по инженерной геокриологии был организован Институтом мерзлотоведения им. П.И. Мельникова (г. Якутск) совместно с несколькими китайскими институтами на северо-востоке КНР и в Ланчжоу. С конца 1990-х гг. две геокриологические конференции были созваны в Московском государственном университете. Наконец, на тюменской конференции 2004 г. можно было узнать о ходе освоения месторождений природного газа в Западной Сибири. Решения конференции (см. Приложение) выдвигают на первый план многочисленные возможности международного сотрудничества в ближайшем будущем, в том числе национальное и международное участие в Международном полярном году (IPY).

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЯ

МАМ была основана в Фэрбенксе в 1983 г. во время Четвертой международной конференции по мерзлотоведению. Первыми членами-основателями были Канада, Китайская Народная Республика, Советский Союз и Соединенные Штаты Америки. Академик П.И. Мельников был избран ее первым президентом (1983–1988). Главные цели МАМ:

1) собирать и распространять знания о вечной мерзлоте;

2) поддерживать международное сотрудничество и программы;

3) проводить конференции каждые пять лет.

В 1983 г. численный состав МАМ увеличился до 24 членов, занятых фундаментальными и прикладными аспектами мерзлотных исследований, а также перигляциальными явлениями в обоих полушариях. В 1989 г. МАМ стала филиалом Международного союза геологических наук. Детали развития и деятельности МАМ регулярно освещаются в новостях информационного бюллетеня *Frozen Ground*. После Фэрбенкса международные конференции были проведены в Тронхейме (Норвегия, 1988), Пекине (Китай, 1993), Йеллоунайфе (Канада, 1998) и Цюрихе (Швейцария, 2003). Некоторые решения конференций в Йеллоунайфе и Цюрихе посвящены управлению рядом международных программ. Так, резолюция Совета МАМ в

Йеллоунайфе поддержала наблюдения за состоянием деятельного слоя и температурой многолетнемерзлых пород, что способствовало развитию глобальной наземной сети наблюдений за вечной мерзлотой (GTN-P). Во втором решении этой конференции одобрялись исследования вечной мерзлоты и перигляциальных явлений в Антарктиде. Резолюция Совета МАМ, принятая на конференции в Цюрихе, призывает членов МАМ участвовать в международных программах и координировать деятельность, связанную с реакцией вечной мерзлоты на изменения климата.

Рабочие группы и постоянный комитет по первичным данным, информации и связи осуществляют большую работу, закрепленную в решениях совета. Деятельность десяти рабочих групп за последние пять лет была одобрена на заседаниях Совета МАМ в 2003 г. Многие шаги предприняты в сотрудничестве с другими международными организациями и программами. Краткий обзор основной деятельности этих рабочих групп можно представить в следующем виде.

1. Вечная мерзлота и перигляциальная среда Антарктиды: развитие и координация программ по изучению процессов в деятельном слое, мониторинг, картографирование и сбор материалов для формирования базы данных.

2. Береговая и субмаринная мерзлота: изучение динамики Арктического побережья, программы по истории формирования и деградации вечной мерзлоты на континентальном шельфе.

3. Мерзлотные почвы: разработка карты мерзлотных почв Южного полушария и совершенствование существующих баз данных, включая состояние почвенного углерода.

4. Опасности, обусловленные ледниками и вечной мерзлотой в высокогорьях: распознавание и оценка взаимодействия льда и вечной мерзлоты на склонах и соответствующих рисков в условиях потепления.

5. Изотопный состав и геохимия криолитозоны: разработка методики палеореконструкций на основе радиоизотопных и геохимических методов.

6. Картографирование и моделирование высокогорной мерзлоты: разработка легенд, карт и многомерных GIS-моделей.

7. Перигляциальные процессы и среды: модернизация руководств по полевым измерениям, развитие сети мониторинга перигляциальных явлений.

8. Вечная мерзлота и климат: сравнительные исследования региональных и глобальных моделей и участие в программах мониторинга, включая GTN-P и IPY.

9. Астробиологическая мерзлота: исследование экстремальных условий обитания в поисках возможностей сохранения жизни на планетах и аналогах земной среды обитания.

10. Инженерное мерзлотоведение: оценка воздействия климата на инфраструктуры, изучение и обзор случаев потери устойчивости сооружений из-за деградации вечной мерзлоты.

11. Комитет по данным, информации и связи: координация данных и архивирования информации через Национальный центр данных по снегу и льду (NSIDC) (Боулдер, Колорадо, США); обслуживание веб-сайта МАМ (Университет Осло) и подготовка журнала *Frozen Ground* в секретариате МАМ (Университетский центр в Свальборде (UNIS), Норвегия).

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПРОГРАММЫ И ВОЗМОЖНОСТИ

Хотя вечная мерзлота присутствует в пределах обширных континентальных регионов и в горных странах умеренных широт, имеется немного примеров международных научных программ по изучению вечной мерзлоты или интеграции геокриологов с другими крупными проектами типа международной программы „Геосфера–Биосфера" (IGBP). Инженерное сообщество вообще не имеет четкой международной программы, чтобы координировать межгосударственные исследования или комбинировать наши коллективные знания и опыт. Большинство мерзлотоведов работает индивидуально или в небольших коллективах. Некоторые специалисты-геокриологи и разработчики моделей были включены в Межправительственную группу экспертов по оценке изменений климата (IPCC) и позднее – в группу оценки влияния арктического климата (ACIA). Относительно предстоящей реакции мерзлоты на изменение климата существуют значительные разногласия, что не способствует появлению согласованных исследовательских программ.

Однако за прошедшее десятилетие МАМ предприняла меры, чтобы облегчить и осуществить международную кооперацию, развернуть несколько специальных программ, в том числе опубликовать карту циркумарктической вечной мерзлоты. Ниже перечислены эти действия МАМ.

1. Динамика Арктических побережий (ACD) поддержана Международным арктическим научным комитетом (IASC) и несколькими проектами INTAS. Секретариат ACD (в Институте Альфреда Вегенера, Потсдам, Германия) организует совместные полевые работы в России.

2. Глобальная наземная сеть наблюдений за вечной мерзлотой (GTN-P) входит в глобальную систему климатических наблюдений Всемирной метеорологической организации (WMO). Она включает сети мониторинга буровых скважин, программу „Вечная мерзлота и климат Европы" (PACE), циркумполярную сеть мониторинга деятельного слоя (CALM) с более чем 125 точками на-

блюдений. Геологическая служба Канады обслуживает веб-сайт GTN-P (www.gtnp.org) в Интернете.

3. Глобальная геокриологическая база данных (GGD) под управлением NSIDC выпустила для двух последних международных конференций по мерзлотоведению *CD* (http:nsidc.org) по системе деятельного слоя циркумполярной мерзлоты (CAPS).

4. Рабочая группа криогенных почв МАМ в партнерстве с Международным союзом почвоведения собрала информацию из базы данных по почвам северных и умеренных широт, нескольких циркумарктических карт почв и углерода и издала руководство „Почвы под воздействием вечной мерзлоты" на 726 страницах.

5. Несколько новых проектов включают: а) разработку унифицированной карты вечной мерзлоты Центральной Азии; б) инициативы, связанные с разделами программы „Климат и криосфера" (CliC) по почве и углероду; в) комиссию по холодным регионам совместно с Международным географическим союзом; г) программу по изучению вечной мерзлоты совместно с научным комитетом по исследованиям Антарктиды (SCAR); д) предложение к Международному полярному году (IPY) „Тепловое состояние вечной мерзлоты" (TSP).

125-я годовщина Международного полярного года (1882–1883 – 2007–2008 гг.) дает МАМ уникальную возможность провести действительно хорошо спроектированную и скоординированную глобальную многонациональную программу. Годовщина Международного полярного года совпадает с 50-летием Международного геофизического года (IGY 1957–1958 гг.), т. е. с тем временем, когда многие современные геокриологи начинали свою карьеру.

МАМ предложила комитету IPY проект „Тепловое состояние вечной мерзлоты" (TSP), который заключается в измерении температур в существующих и новых буровых скважинах на весь фиксированный период времени с целью обеспечить „моментальный снимок" температур многолетнемерзлых пород во времени и в пространстве. На сегодняшний день не существует какой-либо всемирной базы данных, определяющей тепловое состояние криолитозоны за характерный период времени. Доложенные или неопубликованные температурные измерения были получены в различные периоды за последние пятьдесят лет; пока же мы знаем, что температура пород в различных регионах менялась в разном темпе. Предложенный набор данных в будущем будет служить базой для определения скорости изменения температуры в верхних горизонтах вечной мерзлоты полярных областей и обоснования различных сценариев моделирования. Фактически буровая кампания (в рамках IPY TSP) могла бы проводиться в течение 12–18-месячного периода, в 2007–2008 гг. В идеале, измерения продолжатся по окончании IPY и будут включены в GTN-P.

МАМ представила программу TSP в группу планирования IPY Международного совета по науке (ICSU), и группа планирования включила TSP в тему № 1: определить существующее состояние окружающей среды полярных регионов посредством количественной оценки их пространственной и временной изменчивости. Американский национальный исследовательский совет издал доклад относительно IPY, и его первая рекомендация – „...инициировать долговременные усилия, направленные на оценку крупномасштабных изменений среды и изменчивость в полярных областях...". TSP также внесет вклад в программу IUGS „Международный год планеты Земля" (2006–2007 гг.). Детальное планирование выбора буровых скважин и методов исследований предполагается в России, Германии и Китае начиная с 2005 г. Инфраструктура GTN-P будет использоваться для выбора и составления каталога буровых скважин. Самая большая проблема – идентификация, отбор и финансирование буровых скважин на обширной территории криолитозоны России. После тюменской конференции и в поддержку пункта резолюции по TSP (см. Приложение) Совет по криологии Земли РАН подготовил для IPY предложение под названием „Тепловое состояние вечной мерзлоты в России". Для успешной реализации GTN-P требуются дополнительные стационары (точки наблюдений), аппаратура и финансирование, чтобы обеспечить охват географически представительной зоны. Начальные результаты кампании TSP будут темой сообщений и семинаров на Девятой международной конференции по мерзлотоведению в Фэрбенксе (штат Аляска) в июне 2008 г. После того как эти геокриологические стационары будут установлены, они смогут стать частью международной циркумарктической сети наблюдений за окружающей средой (CEON), находящейся сейчас на стадии становления.

Следующая область международного сотрудничества включает картографирование и моделирование будущих изменений в распределении температуры вечной мерзлоты и мощности деятельного слоя. В течение двух прошлых десятилетий отмечен впечатляющий рост числа моделей вечной мерзлоты и разнообразия их приложений. Несмотря на важность геокриологического моделирования для геологических, экологических, инженерных и других наук, оно осталось полем деятельности отдельных лиц и небольших групп ученых. В результате лишь небольшие усилия затрачены, чтобы разработать четкую иерархию моделей, оценить их эксплуатационные качества (используя стандартизированные инструментальные средства и наборы данных), ранжировать действенность моделей в

различных приложениях и явно связать результаты моделирования с наблюдениями. Качество входных данных для назначения параметров, используемых при моделировании, часто более важно, чем некоторые детали в структуре модели. Поэтому для сопоставления моделей необходим унифицированный набор входных данных. Предстоящий симпозиум в г. Фэрбенкс (октябрь 2004 г.) в сотрудничестве с CliC послужит отправным пунктом для сравнения пространственно-ориентируемых подходов к моделированию вечной мерзлоты в разнообразии географических масштабов, оценит текущее состояние доступных наблюдений и приведет к начальной оценке дистанционных методов, которые могли бы использоваться в изучении пространственной и временной изменчивости вечной мерзлоты.

Современные национальные и циркумарктические карты вечной мерзлоты основаны преимущественно на физико-географических или других физических критериях. Выделенные на них границы являются менее чувствительными к изменениям климата, и поэтому карты – не лучшее средство для оценки GCM и моделей. Новые подходы к циркумарктическому и региональному картографированию, которые рассматривают и окружающую среду, и физические свойства объектов, необходимы для прогноза деградации мерзлоты (формирование таликов) и ответной реакции на изменение климата. Соответствующие стратегии картографирования вызывают ряд вопросов.

1. Являются ли существующие классификации вечной мерзлоты полезными с точки зрения сценариев на XXI столетие (основанных на произвольных пределах непрерывности типа: 100–90 %, 90–50, 50–10, <10 %)?

2. Как мы измеряем и обосновываем региональные и глобальные изменения в различных пространственных и временных масштабах?

3. Как мы разрабатываем и применяем концепции стабильности и деградации вечной мерзлоты (температурные пороги, поверхностные индикаторы, просадки, формирование таликов)?

4. Каково влияние и обратные связи деградации вечной мерзлоты на круговорот углерода и воды и на деятельность человека?

Многие из ответов на эти вопросы зависят от непротиворечивых баз данных, которые могут быть развиты через GTN-P. Общая цель – международная сеть для измерения температур вечной мерзлоты, динамики деятельного слоя и почвенного углерода, перигляциальных процессов и (где это географически оправданно) динамики побережий. Кампания IPA/IPY (2007–2008 гг.) может обеспечить основу для многих долговременных наблюдений. Некоторые из перечисленных действий МАМ внесут также вклад в программы „Международный год планеты Земля" IUGS и „Климат и криосфера" (CliC) WCRP. Усовершенствования в изучении запасов углерода почв и вечной мерзлоты могут быть предприняты в сотрудничестве с CliC и новым международным проектом по изучению углерода (ICP). Вторая международная конференция по планированию арктических исследований (ICARP-II) состоится в ноябре 2005 г. в Копенгагене. Эта конференция поможет определить на следующее десятилетие исследовательские возможности и социальные потребности, связанные с вечной мерзлотой.

Результаты вышеописанной деятельности будут доложены и обсуждены на Девятой международной конференции по вечной мерзлоте в Фэрбенксе (штат Аляска) в июне 2008 г. Кроме того, два конгресса по наукам о Земле состоятся в августе 2008 г.: Международный геологический конгресс и конгресс Международного географического союза. МАМ предполагает участие в обоих конгрессах путем организации специальных сессий и подготовки совместных публикаций для распространения на всех трех конференциях. Это включило бы начальные результаты буровой кампании в рамки IPY. Многочисленные возможности для национальных и международных, фундаментальных и прикладных исследований вечной мерзлоты и для применения наших совместных знаний ко многим социальным и научным проблемам появятся в течение следующих четырех лет. Международная ассоциация мерзлотоведения, ее члены и рабочие группы имеют достаточно сил, чтобы внести в это весомый вклад.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Решения международной тюменской конференции (Тюмень, Россия, 27 мая 2004 г.)

Сознавая важность экономического развития северных регионов, значительные научно-технические достижения и высокий образовательный потенциал, который был продемонстрирован во время Международной конференции „Криосфера нефтегазоносных провинций" (Тюмень, Россия, 23–27 мая 2004 г.), и учитывая резолюцию МАМ по вопросам планирования и участия в международных программах, а также координации работ по реакции вечной мерзлоты на изменения климата, одобренную Восьмой международной конференцией по мерзлотоведению (Цюрих, Швейцария, июль 2003 г.), участники конференции приняли следующие решения.

1. Использовать и расширять наблюдения по проекту „Глобальная земная сеть–вечная мерзлота" (GTN-P) в рамках программы Международного полярного года (IPY) „Термическое состояние многолетнемерзлых пород" путем увеличения числа восстановленных и новых буровых скважин в России с ростом охвата ее регионов.

2. Использовать материальные и людские ресурсы Тюменского государственного нефтегазового университета (ТГНГУ) и его долговременные природоресурсные и мерзлотные стационары в арктических и субарктических районах Западной Сибири для наблюдений по программам IPY-TSP и GNT-P. Оживить учебную и научную кооперацию между ТГНГУ и национальными университетами стран, активно сотрудничающих с МАМ.

3. Продолжить наблюдения по измерению температуры грунтов и обобщение их результатов по данным метеорологических станций России, Казахстана, Монголии и Китая.

4. Привлекать к участию в исследованиях и оказывать поддержку членам МАМ в проведении геофизических и буровых работ для оценки состояния многолетнемерзлых пород и зон стабильности газовых гидратов на Арктическом шельфе.

5. Продолжать поддержку исследований по экстремальным геокриологическим обстановкам и процессам, чтобы оценить возможность существования внеземной жизни.

6. Поощрять исследования в области инженерной геокриологии, направленные на развитие нефтегазового комплекса холодных регионов.

7. Участвовать в планировании проектов и конференций по программе „Климат и криосфера" (CliC), входящей в исследования глобального климата (WCRP) и другие международные программы, в том числе IPY.

8. Среди специалистов-прикладников и органов управления шире развернуть разъяснительную работу по оценке рисков, обусловленных потеплением климата. При этом проводить четкую границу между реальным влиянием климатических изменений на устойчивость инженерных сооружений криолитозоны и нарушениями правил эксплуатации; обратить внимание на недопустимость спекуляций в этом вопросе.

9. Больше внимания уделять исследованиям взаимосвязей поверхностных и подземных вод с многолетнемерзлыми породами.

Поступила в редакцию
17 июня 2004 г.