

ХРОНИКА

УДК 551.345

DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2017-2(88-97)

ОДИННАДЦАТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЮ (ПОТСДАМ, ФРГ, 20–24 ИЮНЯ 2016 г.)

Д.О. Сергеев¹, Д.С. Дроздов^{2,3}, А.В. Баранская⁴, Н.Г. Белова^{2–4}, А.А. Веремеева⁵,
Э.С. Гречищева⁶, Ю.А. Дворников², А.В. Лупачев⁵, А.А. Маслаков⁴, Ю.В. Станюковская^{1,7},
Д.А. Стрелецкий⁸, А.Н. Федоров², И.В. Федорова^{9,10}

¹ Институт геоэкологии имени Е.М. Сергеева РАН,

101000, Москва, Уланский пер., 13, стр. 2, Россия; sergeevdo@mail.ru, stanilovskaya@geoenv.ru

² Институт криосферы Земли СО РАН, 625000, Тюмень, а/я 1230, Россия; ydvornikov@gmail.com

³ Тюменский государственный университет, 625003, Тюмень, ул. Володарского, 6, Россия

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический ф-т,
119991, Москва, Ленинские горы, 1, Россия; nataliya-belova@ya.ru, alisa.baranskaya@ya.ru, alekseymaslakov@ya.ru

⁵ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,

142290, Пушкино, Московская обл., ул. Институтская, 2, Россия; averemeeva@gmail.com, a.lupachev@gmail.com

⁶ ОАО “Фундаментпроект”, 125080, Москва, Волоколамское шоссе, 1, стр. 1, Россия; cryoerika@mail.ru

⁷ Тоталь Разведка Разработка Россия, 125047, Москва, ул. 1-я Тверская-Ямская, 21, Россия; yulia.stanilovskaya@total.com

⁸ Университет Джорджа Вашингтона, географический ф-т,

1922 F, СевероЗапад, Вашингтон, округ Колумбия 20052, США; strelets@gwu.edu

⁹ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,

199397, Санкт-Петербург, ул. Беринга, 38, Россия; ifedorova@otto.nw.ru

¹⁰ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле,

199178, Санкт-Петербург, 10-я линия ВО, 33-35, Россия

Крупнейшая в мире специализированная конференция по мерзлотоведению, проходящая раз в четыре года, в 2016 г. собрала в г. Потсдам (Германия) более 700 участников. В статье представлен обзор работы секций, выполненный российскими сопредседателями.

Мерзлотоведение, геоэкология, перигляциальная геоморфология, Арктика, Антарктика, изменения климата, цикл углерода, историческая геоэкология, геоэкологическое картирование, геоэкологический мониторинг, термометрия, микробные сообщества, планетарная геоэкология, едома, подземные воды криолитозоны, гидрология криолитозоны, геоэкология шельфа, газовые гидраты, геоэкологические процессы, береговая динамика, тепловая осадка, морозное пучение, дистанционные исследования, геофизические методы, геоэкологические опасности, оценка риска, горная криолитозона, инженерная геоэкология, лабораторные методы, инженерная геоэкология, популяризация науки, методы обучения

THE 11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERMAFROST
(POTSDAM, GERMANY, 20–24 JUNE, 2016)

D.O. Sergeev¹, D.S. Drozdov^{2,3}, A.V. Baranskaya⁴, N.G. Belova^{2–4}, A.A. Veremeeva⁵,
E.S. Grechishcheva⁶, Yu.A. Dvornikov², A.V. Lupachev⁵, A.A. Maslakov⁴, J.V. Stanilovskaya^{1,7},
D.A. Streletskiy⁸, A.N. Fedorov², I.V. Fedorova^{9,10}

¹ Sergeev Institute of Environmental Geoscience, RAS,

13, build. 2, Ulansky per., Moscow, 101000, Russia; sergeevdo@mail.ru, stanilovskaya@geoenv.ru

² Earth Cryosphere Institute, SB RAS, P/O box 1230, Tyumen, 625000, Russia; ydvornikov@gmail.com

³ Tyumen State University, 6, Volodarskogo str., Tyumen, 625003, Russia

⁴ Lomonosov Moscow State University, Department of Geography,

1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia; nataliya-belova@ya.ru, alisa.baranskaya@ya.ru, alekseymaslakov@ya.ru

⁵ Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science, RAS,

2, Institutskaya str., Pushchino, Moscow region, 142290, Russia; averemeeva@gmail.com, a.lupachev@gmail.com

⁶ OJSC “Fundamentproekt”, 1, build. 1, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russia; cryoerika@mail.ru

⁷ TOTAL E&P RUSSIE, 21, 1st Tverskaya-Yamskaya str., Moscow, 125047, Russia; yulia.stanilovskaya@total.com

⁸ George Washington University, Department of Geography, 1922 F str., NW, Washington, DC 20052, USA; strelets@gwu.edu

⁹ Arctic and Antarctic Research Institute, 38, Beringa str., St. Petersburg, 199397, Russia

¹⁰ St. Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, 33-35, 10th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia

The world's largest specialized conference on permafrost is held every 4 years. In 2016, it gathered more than 700 participants in Potsdam, Germany. The article provides an overview of the sections made by Russian co-chairs.

Geocryology, periglacial geomorphology, Arctic, Antarctic, climate change, carbon cycle, historical geocryology, geocryological mapping, geocryological monitoring, thermometry, microbial communities, planetary geocryology, edoma, permafrost hydrogeology, permafrost hydrology, off-shore geocryology, gas hydrates, geocryological processes, coastal dynamics, thermal settlement, frost heave, remote sensing, geophysical methods, geocryological hazards, risk assessment, mountain cryolithozone, engineering geocryology, laboratory methods, engineering geocryology, popularization of science, teaching methods

С 19 по 24 июня 2016 г. в Потсдаме (Германия) состоялась значимая Международная конференция по мерзлотоведению (ICOP). Подобное событие происходит раз в четыре года, и городом, принимавшим мировую геокриологическую общественность в прошлый раз (2012 г.), был Салехард. Конференция в Германии стала одиннадцатой с 1963 г.

В Салехарде работали представители 15 стран, а общее количество участников превысило 600 человек. В 2016 г. в Германию приехали уже 740 ученых из 36 стран. Это отражает междисциплинарную значимость геокриологии, в области которой работают главным образом географы, геологи, биологи и почвоведы. Наблюдается также расширение географии самих исследований с ростом внимания к Антарктике и горным регионам. Возросло участие Европы в полярных и высокогорных исследованиях. Если ранее в кулуарах было принято говорить о “большой четверке” стран (Россия, США, Канада, Норвегия), где ведутся геокриологические исследования, то теперь неоднократно повторялось понятие “большая пятерка”, где заслуженное место заняла Германия, чьи ученые, благодаря действенной государственной поддержке и активному стремлению к международному сотрудничеству, в том числе с Россией, продвинулись вперед практически по всем направлениям традиционной геокриологии.

На конференциях подобного уровня обсуждаются новые направления и методы исследований. Работа конференции была организована по 33 секциям, названия которых определялись итерационно, на инициативно-конкурсной основе. Перечень секций отражает современные интересы и приоритеты научного развития и включает следующие разделы:

- роль геокриологии в политике планирования полярных исследований (организована совместно с Международным арктическим научным комитетом – International Arctic Science Committee, IASC);
- перигляциальная геоморфология (организована совместно с Международной ассоциацией геоморфологов);
- многолетнемерзлые породы, почвы и перигляциальные условия в Антарктике (организована совместно со SCAR);
- подземные льды и криостратиграфия;
- арктические и антарктические мерзлотные почвы: границы глобального потепления и антропогенных воздействий;

- климатические изменения и углерод криосферы: прошлое, настоящее и будущее;
- подходы к региональным оценкам потоков углерода из многолетнемерзлых грунтов в атмосферу;
- палеореконструкция многолетнемерзлых толщ: пространственное распределение и изменения во времени;
- геокриологические карты и данные;
- результаты работы Глобальной сети наземных геокриологических наблюдений (Global Terrestrial Network on Permafrost, GTN-P): температурное состояние мерзлоты (TSP) и циркулярный мониторинг деятельного слоя (CALM);
- палеогеография территорий, подвергшихся воздействию многолетнего промерзания;
- экология микроорганизмов в мерзлотных экосистемах;
- планетарная мерзлота и ее земные аналоги;
- едома: происхождение, палеогеографический архив и прогнозирование развития в условиях меняющейся Арктики;
- гидрология и подземные воды в криолитозоне;
- значение озер и небольших водоемов в криолитозоне;
- где, когда и почему Арктика станет влажнее или суше;
- интеграция гидрологии и биогеохимии в переходных условиях суша–океан;
- подводная криолитозона, отложения с газовыми гидратами, парниковые газы в прибрежных водах Арктики;
- развитие арктических берегов;
- тепловая осадка и морозное пучение;
- интеграция полевых и дистанционных наблюдений при изучении ландшафтных изменений в условиях деградации многолетнемерзлых пород;
- наземные и воздушные методы геофизических исследований в криолитозоне;
- опасности и риски, связанные с изменениями геокриологических условий в пределах низкогорных, высокогорных и береговых территорий;
- новые горизонты геокриологических исследований в горах;
- изменения многолетнемерзлых пород и их последствия в условиях высокогорий Азии;
- инженерная геокриология;
- устойчивость инфраструктуры на территории криолитозоны;
- инженерная геокриология в высокогорных областях;

- геокриологические проблемы добычи твердых и жидких полезных ископаемых;
- свойства мерзлых грунтов: полевые и лабораторные испытания;
- многолетнемерзлые породы в истории и культуре;
- обучение и популяризация геокриологических знаний: студенты, общественность и мир.

Ниже приведен обзор секций, выполненный преимущественно их русскоговорящими сопредседателями.

Едома: происхождение, палеогеографический архив и прогнозирование развития в условиях меняющейся Арктики

Секция, посвященная изучению едомных отложений, была организована по инициативе Йенса Штраусса (J. Strauss, Германия). Впервые подобная секция проходила в рамках европейской конференции по мерзлотоведению EUCOR-2014. На нынешней конференции было представлено 9 устных и 14 стендовых докладов. Значительная часть докладов посвящена характеристике и условиям формирования отложений в различных регионах Сибири и Канады (Д. Фросе (D. Froese) и др., Канада; Д. Фортье (D. Fortier) и др., Канада; П. Тревор (P. Trevor) и др., Канада; С. Веттерих (S. Wetterich) и др., Германия; Х. Мейер (H. Meyer) и др., Германия; Д.Г. Шмелев и В.Н. Конищев, Россия). Изучению уникального обнажения Батагай, расположенного в наиболее континентальной части Сибири, были посвящены доклады К. Ашатиной и др. (Германия) и Дж. Мертона и др. (J. Murton, Великобритания). Л. Ширрмайстер (L. Schirrmeister, Германия) с соавторами представили доклад о сопоставлении гранулометрических характеристик едомных отложений Аляски и Сибири с использованием методов моделирования. Данные, приведенные в докладе, подтверждают полигенетическую концепцию происхождения едомных отложений. Согласно этой концепции, формирование едомных толщ проходило в сходных климатических условиях, различия же обусловлены региональными особенностями: составом и свойствами пород едомного надгоризонта, подстилающих отложений, характером рельефа и др.

Были освещены вопросы эволюции ландшафтов и изменений климата районов развития едомных отложений на протяжении голоцена. Представлены результаты комплексного изучения районов Юконской равнины, Канада (М. Эдвардс (M. Edwards) и др., Великобритания) и Центральной Якутии (М. Ульрих (M. Ulrich) и др., Германия) с использованием палеогеографических и дистанционных методов. Интересными представляются результаты исследования изменений климата в голоцене на основе изотопного состава ледяных жил в районе побережья моря Лаптевых

(Т. Опель (T. Opel) и др., Германия), показавшего значительное потепление в зимний период при уменьшении летних температур, начиная с позднего голоцена по настоящее время.

Актуальность изучения едомных отложений связана с высоким содержанием погребенной органики. На секции были представлены работы по оценке содержания органического вещества в едомных отложениях и его характеристик (М. Фукс (M. Fuchs) и др., Германия; Н. Даршан (N. Darshan) и др., Германия), а также по содержанию метана (М.Ю. Чербунина, Д.Г. Шмелев, Россия). В докладе Й. Штраусса (J. Strauss, Германия) были впервые представлены данные по оценке содержания азота в едомных отложениях. В докладе К. Уолтер (K. Walter, США) с соавторами были приведены результаты сопоставления содержания углерода в едомных отложениях и термокарстовых осадках. Использование изотопного анализа для определения источника углерода при оттаивании едомных отложений рассмотрено в докладе Дж. Вонк (J. Vonk, Нидерланды) с соавторами. В докладе С. Эвинг (S. Ewing, США) с соавторами были представлены результаты определения возраста льда на основе использования соотношения изотопов урана ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$) и поведения углерода при оттаивании едомы.

В докладе председателя секции Й. Штраусса (J. Strauss, Германия) с коллегами о деятельности рабочей группы Международной ассоциации мерзлотоведения (IPA) по изучению едомы (IPA Action group "The Yedoma region: a synthesis of circum-Arctic distribution and thickness") были представлены результаты обобщения имеющихся литературных и фондовых материалов по различным характеристикам едомных отложений. Важным результатом работы является картирование едомы с использованием имеющихся геологических карт Сибири, Аляски и Канады.

Климатические изменения и углерод криосферы: прошлое, настоящее и будущее

Секция, посвященная углероду криосферы, была одной из самых обширных (всего 69 докладов). 22 доклада, представляющих наиболее интересные исследования и эксперименты, проводимые как на локальном уровне, так и в глобальном масштабе группами ученых из разных стран, были отобраны для устного представления. Были освещены различные вопросы изучения цикла углерода, климатических изменений в высоких широтах, роли криолитозоны в общем балансе углерода и оценки изменений в будущем. Можно отметить следующие доклады, посвященные различным тематикам сессии: локальные эксперименты по оценке эмиссии парниковых газов из экосистем, находящаяся в зоне распространения многолетнемерзлых пород (Т.Х. Максимов и др., Россия; М.Ю. Квон (M.J. Kwon) и др., Германия); вклад

определенных компонентов мерзлотных ландшафтов, таких как термокарстовые озера и болота, динамики сезонноталого слоя в баланс углерода (Л. Бросиус (L. Brosius) и др., США; К.М. Уолтер Энтони (K.M. Walter Anthony) и др., США; Л. Канноне (L. Cannone) и др., Италия; докладчик М. Гульельмин (M. Guglielmin), Норвегия); глобальные оценки запасов углерода в многолетнемерзлых породах (Г. Хюгелиус (G. Hugelius) и др., Швеция), а также моделирование эмиссии парниковых газов из оттаивающих почв в связи с наблюдаемым ростом температур в Арктике и прогнозы эмиссии при различных сценариях изменений климата (Т. Шнайдер фон Даймлинг (T. Schneider von Deimling) и др., Германия). Необходимо отметить значимость всех работ, представленных на сессии: тех, которые направлены на глобальную оценку роли углерода в криосфере, и тех, которые ставят целью изучение локальных процессов, влияющих на динамику углерода. Глобальные оценки обеспечивают понимание тенденций эмиссии парниковых газов в криолитозоне в связи с потеплением климата, локальные эксперименты позволяют выявить роль определенных компонентов мерзлотных ландшафтов в балансе углерода, а также способствуют уточнению глобальных моделей.

Подземные льды и криостратиграфия

В секции, посвященной подземным льдам и криогенному строению мерзлых пород, сделано 4 устных и 5 стендовых докладов. Интерес вызвал доклад К. Бёрна (C. Burn, Канада) о полевом эксперименте по запуску процесса морозобойного растрескивания путем удаления травяного покрова в котловине оз. Иллисарвик, осушенного в 1978 г. Дж.Р. Маккеем.

Изучение мерзлотных ландшафтов с использованием полевых и дистанционных методов наблюдений

На секции, посвященной изучению мерзлотных ландшафтов, было представлено 12 устных и 24 стендовых докладов, в большей части которых рассматривалась динамика ландшафтов и их компонентов. Значительная часть докладов была посвящена динамике термокарстовых озер. Интересным представляется доклад А. Лильедаля (A. Liljedahl, США) с соавторами, посвященный деградации жильных льдов и гидрологического влияния на ландшафты в различных районах Арктики. Показано, что наблюдаемая деградация жильных льдов связана с аномальными летними температурами, а в результате увеличения стока возрастает чувствительность почв и запасов поверхностной воды к климатическим изменениям. Часть докладов относилась к изучению растительности и ее динамики. Выделялся доклад Д. Уолкера (D. Walker, США) с соавторами, в ко-

тором представлены результаты исследования евразийского арктического трансекта, проложенного через п-ов Ямал и архипелаг Земля Франца-Иосифа, по изучению взаимосвязи между климатом, почвенным покровом, растительностью и глубиной сезонноталого слоя. Особо стоит отметить доклад И. Нитце (I. Nitze, Германия) с соавторами, в котором была предложена автоматизированная методика изучения динамики ландшафтов на основе использования разновременных снимков Landsat.

Где, когда и почему Арктика станет влажнее или суше?

На секции по изменению гидрологического режима различных регионов Арктики было представлено 5 устных и 5 стендовых докладов. Г. Гроссе (G. Grosse, Германия) с соавторами представил доклад по изучению динамики термокарстовых озер на п-ове Сьюард, Аляска, где в последние 65 лет наблюдался активный частичный или полный спуск озер. В докладе Ю. Бойке (J. Voike, Германия) с соавторами о результатах исследования динамики ландшафтов Центральной Якутии за период 2000–2011 гг. было показано, что площади озер увеличиваются. По мнению авторов, это является следствием наблюдающегося тренда увеличения температур воздуха в весенний период. В ряде докладов предлагался ответ на вопрос, вынесенный в заглавие секции. М. Хейманс (M. Heijmans, Нидерланды) с соавторами на примере изучения тундры Яно-Индибирской низменности пришли к выводу, что при настоящей тенденции потепления климата и увеличения количества осадков ландшафты станут влажнее.

Перигляциальная геоморфология

Одна из наиболее крупных на конференции секция “Перигляциальная геоморфология” была очень разнообразной по содержанию и объединила исследователей различных направлений, занимающихся происхождением и развитием криогенного рельефа в прошлом и настоящем. Были представлены доклады, связанные с мерзлотными процессами в высокогорье: обсуждались вопросы развития рельефа в условиях горной мерзлоты, взаимодействия многолетнемерзлых горных пород с ледниковым льдом и снегом (Д. Дрэблинг (D. Draebing, Германия) и др.; А. Хаберкорн (A. Haberkorn) и др., Швейцария); динамики каменных глетчеров в разных горных областях земного шара: от Альп (исследователи из Швейцарии М. Филиппс (M. Phillips) и др.; Й. Мюллер (J. Müller) и др.; Б. Штауб (B. Staub) и др.; М. Куммерт (M. Kummert) и др.) и Пиреней (М. Гонзалес-Гарсия (M. González-García) и др., Испания) до горных областей Аргентины (К. Хала (C. Halla) и др., Германия). Особое внимание уделялось и склоновым процессам (обвалам, осыпям) в скальных по-

родах, находящихся в морозном состоянии, и механическим процессам в таких породах (Н. Матсуока (N. Matsuoka, Япония), И. Хартмейер (I. Hartmeyer) и др., Австрия; Ф. Мамот (P. Matmot) и др., Германия), а также криогенным склоновым процессам в рыхлых отложениях, например, солифлюкции (Я. Эйхель (J. Eichel) и др., Германия). Многие доклады были посвящены происхождению и развитию рельефа равнинных областей, сложенных многолетнемерзлыми породами: от дельты р. Лены (Г. Ве (G. Veh) и др., Германия), п-ова Ямал (А.В. Баранская, Россия) и Сибири в целом (В.С. Шейнкман, В.П. Мельников, Россия) до Гренландии (С. Кейбл (S. Cable) и др., Дания), Шпицбергена (Г. Рахлевич (G. Rachlewicz) и К.Г. Ример (K.G. Rymer), Польша) и арктических областей Канады и Аляски (С.А. Вольфе (S.A. Wolfe) и др., Канада; Р.И. Уоллер (R.I. Waller, Великобритания) и др.; С. Кокель (S. Kokelj, Канада) и др.; Г. Фрост (G.V. Frost) и др., США). Обсуждались процессы термоэрозии, термокарста, суффозии, влияния изменений уровня моря на рельеф криолитозоны. Затрагивались также вопросы развития рельефа территорий, где в прошлом существовали многолетнемерзлые толщи: Иберийского полуострова (М. Олива (M. Oliva) и др., Португалия) и Великобритании (С.Дж. Прайс (S.J. Price) и др., Великобритания), где сохранились реликтовые криогенные формы.

Тепловая осадка и морозное пучение

Секция, посвященная процессам, связанным с просадкой и пучением грунтов, и методам их исследования, включала 16 докладов. Появление новых высокоточных методов, позволяющих измерять динамику высоты дневной поверхности в различных пространственных масштабах и с достаточной периодичностью, во многом обусловило развитие данного направления в последнее десятилетие.

В докладе Р. Маскетта (R.R. Muskett, США) с соавторами были представлены возможные ограничения, связанные с использованием высоты дневной поверхности при оценке осадки на больших площадях, на примере Аляски по данным со спутников NASA ICESat GLAS и JAXA ALOS PALSAR. Обе платформы позволяют рассчитывать изменения высоты дневной поверхности с точностью до сантиметра, но качество данных сильно зависит от атмосферных эффектов и неровности подстилающей поверхности, что ставит под сомнение точность таких пространственных оценок. В докладе Д.А. Стрелецкого (США) с соавторами была представлена пространственная методика измерения осадки и пучения с помощью высокоточной системы GPS, позволившая авторам проследить межгодовое изменение дневной поверхности в районе п. Барроу (США) с 2003 по 2015 г. Установлено, что процесс осадки в нена-

рушенных ландшафтах связан с осадкой грунта при протаивании высокольдистых отложений на подошве сезонного слоя и в переходном слое. Прогрессирующее потепление в летний период ведет к осадке грунта, при этом еще более сильное потепление в зимний период ведет к уменьшению пучения, что в целом отражается на оседании дневной поверхности. Дж. Лиминг (J. Liming, Китай) с соавторами представили данные по изменению осадки с помощью высокоточной системы SAR на Тибетском плато. Измерения проводились в течение 66 часов, за которые сделано более 600 интерферограмм высокого разрешения, что позволило отследить миллиметровые изменения высоты дневной поверхности при развитии термокарста. Также заслуживает внимания доклад И. Бек (I. Beck, Германия) с соавторами, в котором сделана попытка использования комплекса методов наземного наблюдения (с помощью DGPS и LIDAR) и спутника TanDEM-X с целью мониторинга осадки в районе п. Инувик (Канада). Ф. Гюнтер (F. Günther, Германия) с соавторами провели комплексное исследование развития рельефа восточно-сибирских приморских низменностей (Якутия), показали связь между рельефом и развитием форм, связанных с таянием льда на едомных поверхностях, и сравнили их с развитием термокарста, характерного для аласных котловин.

Результаты GTN-P: температурное состояние мерзлоты (TSP) и циркумполярный мониторинг деятельного слоя (CALM)

На секции представлено 52 доклада, из них 19 устных. В центре внимания были последние результаты мониторинга температур многолетнемерзлых пород и мощности деятельного слоя как в субполярных, так и в высокогорных районах. Сеть наблюдений GTN-P использует специально разработанную систему управления данными о многолетнемерзлых породах как важнейшем компоненте природной среды, отражающем климатические изменения (Б.К. Бискаборн (B.K. Biskaborn) и др., Германия). Система управления данными включает унифицированную статистику метаданных, контроль качества и обработку данных.

Гидрология и подземные воды зоны многолетней мерзлоты

Данная секция была одной из наиболее популярных – на ней было представлено 18 устных и 41 стендовый доклад.

Основные регионы исследований (Восточная и Западная Сибирь, Гренландия, Аляска, Анды, Тибет) расположены в зоне сплошного и несплошного распространения многолетнемерзлых пород, а также в горных районах и в зоне развития островных многолетнемерзлых пород (водосбор оз. Байкал). Были представлены доклады о моделировании гидрологических процессов, о форми-

ровании поверхностного и подземного стока, о гидрофизических процессах в деятельном слое мерзлоты, об эрозионных и геохимических процессах, об особенностях снежного покрова и его влиянии на гидрологические процессы, о транспорте загрязнений, о гидрологии и сельском хозяйстве, о характеристике таликов и их физическом моделировании, о влиянии таяния ледников на сток и др.

Современные научные результаты высокого уровня на секции были представлены по многим направлениям: моделирование гидрологических процессов, при помощи которых выполнены расчеты поверхностного и подземного стоков; прогнозы влияния таяния мерзлоты в Тибете на сток рек, в первую очередь р. Янцзы; оценка недоучтенного стока в бассейне р. Амазонка; роль пожаров в формировании стока в криолитозоне и др.

Для гидрологических расчетов и прогнозов учеными использовались такие математические модели, как WaSiM (М.В. Дебольский и др., США; М. Кайзер (M. Kaiser) и др., Германия), биосферная модель ORCHIDEE (С. Данте-Неделе (S. Dantec-Nédélec) и др., Франция), Water Balance Simulation Model (Р. Даанен (R. Daanen) и др., США), гидрологическая модель для средних водосборов зоны несплошного распространения мерзлоты (А.М. Эндалама (A.M. Endalamaw) и др., США), детерминированная модель “Гидрограф” (Л.С. Лебедева и др., В.А. Куровская и др., Н.В. Нестерова и др., О.М. Семёнова и др., Россия), модель OpenFOAM и PermaFOAM (Л. Орггозо (L. Orgogozo) и др., Франция), модель Thermo-Hydraulic (К. Гренье (C. Grenier) и др., Франция) и др. Применялись лабораторные методы анализа и моделирования таликов (Ф. Костар (F. Costard) и др., Франция) и термического режима озер и деятельного слоя мерзлоты (Р. Даанен (R. Daanen) и др., США; М. Кайзер (M. Kaiser) и др., Германия; Н. Ру (N. Roux) и др., Франция; С.Л. Пейнтер (S.L. Painter) и др., США). Можно также отметить, что важным моментом во многих исследованиях сейчас представляется использование дистанционных методов, в том числе спутниковой информации (М. Аве (M. Haver) и др., Франция; Р. Панеттье (R. Pannetier) и др., Швеция), геофизических методов измерений (Ш. Гао (Sh. Gao) и др., Китай), анализ изотопного состава воды (П. И (P. Yi) и др., Китай).

Геохимические исследования в криолитозоне включали изучение особенностей стока углерода в деятельном слое (О.Н. Боброва и др., Россия), влияния таяния мерзлоты на гидрохимию и экосистемы в транзитных системах Аляски (Дж. Кох (J. Koch) и др., США), связи растворенных веществ в водоемах с их цветностью (Т.В. Скороспехова и др., Россия), механизмов транспорта веществ между деятельным слоем и гидрогеологиче-

скими системами (А. Фрамpton (A. Frampton) и др., Швеция), влияния изменений климата на качество воды на водосборах рек (С.Ф. Ламурье (S.F. Lamougeux), М. Лафрони (M.J. Lafreniere), Канада).

Достаточно крупный блок на секции составляли гидрогеологические исследования: влияние таяния мерзлоты на сток р. Янцзы (В.Ф. Бенсом (V.F. Bense) и др., Нидерланды, Китай), грунтовые воды на мелководье и влияние на сток углерода в арктический бассейн (М.Т. О’Коннор (M.T. O’Connor) и др., США), гидрогеохимические исследования в Канаде (Э. Руди (A. Rudy) и др., Канада), оценка влияния гиперсоленых источников на температурный режим в Нунавате (М. Уорд (M. Ward) и У. Поллард (W.H. Pollard), Канада), сезонные колебания грунтовых вод в бассейне р. Огилвиле, Канада (Н. Баранова (N. Baranova) и Й.Д. Кларк (J.D. Clark), Канада).

Немаловажными оказались доклады о ледниковом стоке р. Аконкагуа, Чили (Дж. Янке (J. Janke) и др., США), о термокарстовых озерах, криогенных процессах и развитии таликов на Тибетском плато (Ш. Гао (Sh. Gao) и др., Китай), о влиянии сезонных изменений на деформацию береговых склонов (О.Я. Масликова и др., Россия), о роли криоформ в водном балансе чилийских и аргентинских Анд (П.А. Вайнштейн (P.A. Wainstein) и др., Канада), об эрозии берегов среднего течения р. Лены во время половодья (Э. Готье (E. Gautier) и др., Франция), о моделировании грунтовых вод в болотах зоны несплошного распространения многолетнемерзлых пород (И. Шоберг (Y. Sjöberg) и др., Швеция), об особенностях гидрологических процессов и таликов в дельте р. Лены (И.В. Федорова и др., Россия).

Смежные науки представлены изучением снежного покрова и льда (Н.Р. Силео (N.R. Sileo) и др., Аргентина; Ш. Сингх (S. Singh) и др., Индия; С. Стуфер (S. Stuefer) и др., США), испарения и транспирации (Г. Симпсон (G. Simpson) и др., США), характеристик почв (Г. Ванг (G. Wang) и др., Китай) и влияния изменений параметров деятельного слоя на речной сток (К. Ванг (Q. Wang) и др., Китай).

Прикладные аспекты рассматривались при анализе влияния ледников и снежников на сельское хозяйство Чили (А. Белисарио (A. Bellisario) и др., США, Чили), исследовании миграции загрязнителей по руслу рек в связи с деградацией мерзлоты (Е.И. Дебольская и др.), влияния процессов, происходящих на водосборах арктических рек, на прибрежные зоны (А. Гедэке (A. Gädeke) и др., США) и на продуктивность экосистем Аляски (Дж. Кох (J. Koch) и др., США), а также при моделировании малых водосборов на территории Муравленковского газового месторождения (А.С. Мусина, О.М. Семёнова, Россия).

Практически во всех докладах отмечена деградация многолетнемерзлых пород (А. Шикломанов и др. (США, Россия); Л. Ванг (L. Wang) и др., Германия) и влияние климата на гидрологические процессы (Р. Панеттье (R. Pannetier) и др., Швеция; К.Р. Рашлов (C.R. Rushlow) и др., США; С.Ф. Застружный (S.F. Zastruzny) и др., Дания; Ф.Х. Феррандо Акунья (F.J. Ferrando Acuna) и А. Белисарио (A. Bellisario), Чили) и гидрогеологические процессы.

Среди стендовых докладов можно отметить молодых ученых С.Ф. Застружного (S.F. Zastruzny) и др., Дания; А. Гедэке (A. Gädeke) и др., США; Гао Хушуй (Gao S.) и др., Китай; Л.С. Лебедеву (Россия), представивших не только качественно оформленные постеры, но и весьма значимые научные результаты.

Из устных докладов наибольший интерес вызвали доклад У. Полларда (W.H. Pollard) в соавторстве с М. Уорд (M. Ward, Канада) о сезонной динамике накопления туфов каменной соли (гидрогалитов), связанной с гиперсолеными подземными источниками; доклад М. Коханда (M. Sochand, Канада) с соавторами о динамике подземных вод и гидрогеохимических маркерах; работы по моделированию динамики в цепи “климат–мерзлота–подземные воды” Н.Н. Романовского (Россия) с соавторами и К. Грениера (C. Grenier, Франция) с соавторами с результатами расчетов по термогидравлической модели и сравнением с расчетами по другим известным моделям, используемым для прогнозирования температурного режима в зоне многолетней мерзлоты.

Арктические и Антарктические мерзлотные почвы в условиях глобальных климатических изменений и антропогенного воздействия

На секции было представлено 6 устных и 8 стендовых докладов. Большая часть выступлений посвящена арктической тематике, вопросам изучения антарктических почв было посвящено лишь три доклада. Одним из наиболее интересных и обсуждаемых на секции стало выступление Г.В. Матышака с докладом “О глобальном эксперименте по трансформации арктических экосистем” – эффекте теплового воздействия трубопроводов на состояние многолетнемерзлых пород и развивающихся в зоне данного воздействия экосистемах. Лучшим молодежным докладом на секции признано выступление А.С. Евграфовой (Швейцария), посвященное детальному анализу изменения растительного покрова вследствие трансформации и деградации многолетнемерзлых пород на севере Сибири.

Инженерная геокриология

Инженерной тематике было посвящено 4 секции, на которых заслушано более 100 докладов, охвативших вопросы устойчивости инженерных

сооружений, инженерные проблемы в горах, решение проблем добычи твердых полезных ископаемых, нефти и газа, грунтоведения, специализированного инженерно-геологического картирования, а также проблем, связанных с меняющимися условиями окружающей среды.

Наземные и воздушные методы геофизических исследований в криолитозоне

Геофизическим методам изучения многолетнемерзлых пород была посвящена отдельная секция с 27 докладами. Наиболее эффективным методом для отображения мерзлых и талых пород является метод электротомографии, применяемый мерзлововедами в Канаде, России, Германии, Исландии и Гренландии для определения кровли мерзлоты и фильтрационных окон; для мониторинга растепления многолетнемерзлых пород после пожаров в Канаде (Дж. Холлоуэй (J.E. Holloway), Э. Левкович (A. Lewkowicz), Канада); для мониторинга динамики глетчеров в Швейцарии (К. Хилбих (C. Hilbich) и др., Швейцария; С. Пелле (C. Pellet) и др., Швейцария) и на Шпицбергене (И. Бертлинг (I. Berthling) и др., Норвегия). Автоматизированный геоэлектрический мониторинг позволил выявить свойства мерзлых грунтов на территории аэропорта Илюлиссат в Гренландии в течение 3 лет (С. Томасковица (S. Tomaskovicova), Т. Ингеман-Нельсен (T. Ingeman-Nielsen), Дания), вдоль Аляскинской трассы в Канаде в течение 5 лет (Э. Левкович (A. Lewkowicz) и др., Канада) и на мерзлотной мониторинговой площадке Шилторн в Швейцарии в течение 17 лет (К. Молярэ (C. Mollaret) и др., Швейцария). С помощью метода ядерного магнитного резонанса были определены талики под озерами и остаточные талики под дренированными озерами на Аляске (А. Парсекян (A. Parsekian) и др., США). Магнитные исследования аласов, разломов, интрузивных тел и магнитного поля проводились в дельте р. Лены для прогноза деградации мерзлоты (Л.В. Цибизов и др., Россия). В основном все геофизические исследования подтверждаются данными бурения. Отмечено повышение достоверности результатов при комбинировании разных геофизических методов, например, георадиолокации с электротомографией вдоль Аляскинской трассы (Дж. Доусон (J. Dawson) и др., Канада) или с сейсморазведкой в районе Кумжинского месторождения (М.Р. Садуртдинов и др., Россия), на окраине Гренландского ледяного щита (Дж. Энгстрём (J. Engstrom) и др., Финляндия). На экспериментальной мерзлотной станции Фармерс Луп на Аляске разрезы кажущегося сопротивления сопоставляются со снимками воздушного лазерного сканирования и полевыми измерениями (Т. Дуглас (T. Douglas) и др., США). Активно развивается трехмерная (3D) съемка с построением 3D криостратиграфических моделей (Н. Оллрогген (N. Allroggen) и др., Гер-

мания; А. Эммерт (A. Emmert) и К. Кнайзель (C. Kneisel), Германия; А.Н. Фаре и др. (Россия); Ш. Шеннен (S. Schennen) и др., Германия). По данным электротомографии в Канаде для поиска питьевой воды и изучения динамики таяния многолетнемерзлых пород были созданы криогидро-геологические модели в соответствии с различными сценариями изменений климата (Р. Фортье (R. Fortier) и др., Канада).

Свойства мерзлых грунтов:

полевые и лабораторные исследования

Основная часть (12 устных и 18 стендовых) докладов была посвящена методам и результатам исследования физико-механических и теплофизических свойств грунтов. Большое внимание было уделено вопросам изучения пучинистых свойств грунтов. Особый интерес вызвал доклад В. Тенгфея (W. Tengfei, Китай) с соавторами, посвященный изучению влияния пучения на винтовые сваи различных конструкций с целью определения наиболее устойчивой конструкции. В докладе Э.С. Гречищевой (в соавторстве с Р.Г. Мотенко, Россия) рассмотрены особенности работы с современным оборудованием по определению теплофизических свойств грунтов, выявлены ограничения метода при работе с засоленными грунтами. Определению количества незамерзшей воды в мерзлом грунте методом ядерного магнитного резонанса был посвящен доклад А. Крузе (A. Kruse, США) с соавторами, в котором предлагались новые варианты интерпретации данных, получаемых этим методом. В докладе Е.М. Чувиллина, В.А. Истомина и др. (Россия) был представлен абсолютно новый метод нахождения количества незамерзшей воды в мерзлом грунте, основанный на определении потенциала влаги. Определение количества незамерзшей воды данным методом занимает в несколько раз меньше времени, чем при работе с другими известными методами.

Многолетнемерзлые породы в истории и культуре

Актуальность проблемы взаимоотношения человека и многолетнемерзлых пород, адаптации к изменяющемуся климату и мерзлотным условиям стали основой для образования рабочей группы “Многолетнемерзлые породы и культура” (PaC) при Международной ассоциации мерзлотоведения (IPA) в 2014 г. Для синтеза геоэкологических и социальных проблем изучения многолетнемерзлых пород оргкомитет ICOP-2016 впервые создал новую секцию под названием “Многолетнемерзлые породы в истории и культуре”.

Представлено 8 устных и 11 стендовых докладов, а также один пленарный доклад Отто Хабека (J.O. Nabek, Германия). Основная часть докладов была посвящена взаимодействию геоэкологических и социальных проблем развития в области

криолитозоны. Вопросы адаптации населения к современным изменениям климата и многолетнемерзлых пород рассмотрены в докладах О.А. Анисимова (Россия), М. Флинна (M.J. Flynn, Германия) и О. Хабека (J.O. Nabek, Германия) с соавторами.

Достаточно большое количество докладов посвящено изменению мерзлотных ландшафтов под воздействием человека (Р.В. Десяткин, А.Н. Федоров, Россия; Т. Кумпула (T. Kumpulä), и др., Финляндия; П.Н. Скрябин и др., Россия; М. Бушхом (M. Buchhorn) и др., США) и городской среды в современных условиях (А.С. Губанов и др., Россия; К.Е. Ниланд (K.E. Nyland) и др., США; И.И. Сыромятников и др., Россия).

Доклады по истории геокриологических исследований охватили широкий спектр тем: от роли первых ученых-мерзлотоведов (Д. Фриче (D. Fritzsche, Германия), Е. Таммиксаар (E. Tamiksaar, Эстония)), отдельных экспедиций (Ф.Е. Нельсон (F.E. Nelson) и Р.Д. Лукенс (R.D. Lukens), США) и истории развития мерзлотоведения в период “холодной войны” (П.-Ю. Чу (P.-Y. Chu, США)) до опыта строительства на Аляске (М.Х. Кусевски (M.H. Cysewski) и Ю.Л. Шур (Y.L. Shur), США). Были затронуты вопросы терминологии (В. Добинский (W. Dobinski), Польша), приоритетных направлений (Х. Лантуит (H. Lantuit) и др., Германия), туризма (Р.И. Иванова, А.Н. Федоров, Россия) и роли международных программ в изучении мерзлотных условий жизни и деятельности людей в Арктике (Д.А. Уолкер (D.A. Walker) и др., США).

Мероприятия для молодых участников

Особое внимание организаторы конференции уделили мероприятиям для молодых участников. Конференцию предварял двухдневный семинар для членов Сообщества молодых мерзлотоведов (PYRN), в рамках которого у них была возможность получить практические знания и навыки, необходимые для достижения высоких результатов в науке. На семинар были приглашены 153 участника из 18 стран, получивших в результате конкурсного отбора финансовую поддержку. Делегация российских молодых мерзлотоведов по численности уступала только хозяевам конференции – немцам, и насчитывала 11 человек. В программу семинара входил трехчасовой тренинг “Как публиковаться в научных журналах”, а также полтора часовые семинары на темы:

- Получение данных дистанционного зондирования для вашего исследования;
- Моделирование многолетнемерзлых пород;
- Управление данными;
- Полевые работы: планирование успешных и безопасных экспедиций в Арктике и Антарктике;
- Как подготовить выступление на конференции;

– Работа вне научной среды: перспективы в частном/государственном секторе;

– Методы преподавания в университетах: краткое введение;

– Как представить вашу научную работу обществу и СМИ.

Семинар включал также выступления молодых и заслуженных преподавателей, в неформальной обстановке рассказывавших о своем пути в науке, о плюсах и минусах профессий преподавателя и научного работника.

Во время проведения конференции специально для молодых мерзлотоведов был организован уголок “Young meet Senior lounge”, где можно было заказать чай или кофе, посидеть за столиком и в спокойной обстановке пообщаться со старшими коллегами. Там же была установлена доска объявлений о работе/учебе, где каждый работодатель мог разместить предложение, а любой молодой мерзлотовед – свое резюме. Всего было представлено 5 предложений о работе и около 12 резюме.

В каждой секции конференции одним из сопредседателей был молодой исследователь из PYRN, участвовавший в работе секции на всех этапах – от отбора докладов до устных заседаний. Это дало молодым сопредседателям возможность перенять опыт ведения секций.

Традиционной для всех международных и региональных конференций по мерзлотоведению стала организация конкурса лучших молодежных устных и стендовых докладов, а также лучших флешбутов – коротких видео о своей научной деятельности. Победителем в номинации за лучший флешбут стала аспирантка кафедры сейсмологии и геоакустики геологического факультета МГУ С.С. Бричева, смонтировавшая анимационный ролик “Метод георадиолокации для выявления выраженных и не выраженных в рельефе полигонально-жильных льдов в Чарской котловине (Восточная Сибирь, Россия)” с растущими жильными льдами, построенными из конструктора Lego (ролик доступен по ссылке: <https://vimeo.com/channels/1086084/170138147>).

На конференции переизбран состав Исполнительного комитета PYRN на 2016–2018 гг. Представителями от России выбраны А.А. Бобрик, А.А. Маслаков и Д.М. Фролов. Президентом PYRN стал С. Дюмаэ (S. Dumais, Канада).

Рабочие группы

Помимо основных заседаний, до и во время работы конференции были организованы рабочие группы разнообразной тематики, проходившие преимущественно в формате круглых столов. Ниже приведены итоги работы групп, в которых участвовали авторы статьи.

В ходе работы конференции было проведено очередное заседание *рабочей группы по мерзлот-*

ным почвам (Cryosol Working Group). На заседании принято решение о проведении Международной конференции по криопедологии в 2017 г. в Якутске. Решены вопросы об обновлении функциональных возможностей и содержания сайта группы (http://ib.komisc.ru/add/cryosol_wg/), а также организации отдельных страниц группы в социальных сетях с целью поддержания интереса к вопросам изучения мерзлотных почв. Был выбран оргкомитет рабочей группы. Себастиан Зубрицкий (Гамбургский Университет, Германия) и Дмитрий Конюшков (Почвенный институт им. В.В. Докучаева) стали сопредседателями группы, в Исполнительный комитет вошли Алексей Лупачев, Дмитрий Каверин, Алевтина Евграфова, Меган Балкс и Маркус Филипс. Рабочая группа готова рассмотреть любые обращения заинтересованных лиц по адресам: m.balks@waikato.ac.nz, a.lupachev@gmail.com.

Перед началом конференции было проведено совещание рабочей группы по изучению *динамики арктических берегов ACD* (Arctic Coastal Dynamics) “Многолетнемерзлые породы морских берегов в меняющихся условиях”. В ходе совещания П. Овердуином (P.P. Overduin, Германия), Ф. Рачольдом (V. Rachold, Германия) и Д. Форбсом (D. Forbes, Канада) были подведены итоги многолетней работы этой международной группы. Основным результатом стала комплексная всесторонняя геобазы данных динамики арктических берегов. Б. Радосавлевич (B. Radosavljevic, Германия) представил новый веб-сайт группы (<http://arcticcoast.info/>), на котором в числе прочей информации размещена вышеупомянутая ГИС по динамике арктических берегов. В ходе дискуссии обсуждались вопросы совершенствования современных методов мониторинга динамики берегов, моделирования и прогноза изменений на побережьях, сложенных многолетнемерзлыми породами, а также возможности заложения новых площадок и продолжения исследований на существующих ключевых участках мониторинга. Кроме того, поднята тема о дополнении и совершенствовании существующей ГИС.

Рабочая встреча группы, посвященная изучению *едомы (Yedoma workshop)*, была организована Й. Штрауссом. Важным результатом встречи стала оценка участниками группы достоверности построенной карты распространения едомы в различных регионах. Одним из дискуссионных вопросов остается определение термина “едома”, а также мощности отложений толщи, которая оценивается преимущественно по обнажениям, предполагающим максимальную мощность, в то время как большая часть поверхности, сложенной едомными отложениями, представляет собой склоны, и реальная мощность отложений оказывается значительно меньше существующих оценок.

Итоги конференции

Конференцией была принята **резолуция**, включающая следующие положения.

Учитывая растущее и разнообразное воздействие многолетней мерзлоты на человеческие сообщества и климат,

– учитывая воздействие многолетней мерзлоты на живущих и работающих в полярных и высокогорных регионах,

– принимая во внимание потребность адаптации инженерной инфраструктуры к изменению геокриологических условий,

– осозная обязанность координировать и интегрировать знания о цикле углерода и других биогеохимических циклах на территории криолитозоны,

– понимая, что решение научных вопросов и инженерных задач, связанных с геокриологией, требует организации междисциплинарных коллективов и научного сотрудничества,

– а также вновь подтверждая важность вовлечения молодых исследователей во все виды деятельности сообщества PYRN,

решено, что в течение следующих четырех лет путем сотрудничества с другими организациями и их рабочими группами, направлениями и постоянными комитетами, включая PYRN и GTN-P, Международная ассоциация мерзлотоведения будет:

– совершенствовать учет многолетнемерзлых грунтов в моделировании геосистем, используя результаты GTN-P, геокриологические карты и новые технологии;

– совершенствовать исследование гидрологических и криолитологических характеристик, а также геокриологических процессов, связанных с уязвимостью инфраструктуры, экосистем и зем-

лепользования на территории криолитозоны и определяющих знания о геокриологических опасностях;

– показывать обществу значимость изменений геокриологических условий путем разработки образовательных и научно-популярных продуктов и проектов, предназначенных для школ, университетов, профессионалов и гражданского общества.

В соответствии с заведенной традицией на конференции собирался Совет Международной ассоциации мерзлотоведения (IPA), на заседании которого рассматривались предложения стран-участниц о месте проведения следующих глобальных и региональных конференций, текущие результаты исследований рабочих групп, избирался состав Исполнительного комитета. Президентом IPA на 2016–2020 гг. была избрана Ханне Кристиансен (Н.Н. Christiansen, Норвегия). В настоящее время представителем России в Совете IPA является Д.С. Дроздов, а Д.О. Сергеев продолжит работать в Исполнительном комитете IPA еще два года. Местом проведения следующей конференции в 2020 г. выбран г. Ланчжоу, Китай. Вторая азиатская конференция по мерзлотоведению (АСОР-2017) будет проведена в г. Саппоро, Япония (2–6 июля 2017 г., <http://acop2017.arc.hokudai.ac.jp/>). Пятая европейская конференция по мерзлотоведению пройдет в г. Шамони, Франция (2018 г.).

Литература

XIth International Conference on Permafrost: Abstr. / Ed. by F. Günther, A. Morgenstern (Potsdam, Germany, 20–24 June, 2016). Potsdam, Bibliothek Wissenschaftspark Albert Einstein, 2016, DOI: 10.2312/GFZ.LIS.2016.001.