

# Обзоры и хроника

## Современные тенденции природных процессов в полярных областях Земли и перспективы российских полярных исследований:

### 11-я конференция в Сочи

М.Ю. Москалевский

Институт географии РАН, Москва

## Current trends of natural processes in Polar Regions of the Earth and prospects for the Russian polar research: The 11<sup>th</sup> conference in Sochi

M.Yu. Moskalevsky

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

On 5–7 October 2015 the All-Russian scientific conference «Results and prospects of studying natural environment in the Russian Arctic and other polar regions» was held in Sochi (south Russia). The conference was attended by about 80 scientists from different organizations of Russia. The reports presented the results of investigations performed during the last years. This review summarizes the main ideas and results of research in the field of glaciology and permafrost studies of the Arctic.

5–7 октября 2015 г. в Сочи была проведена Всероссийская научная конференция «Итоги и перспективы изучения природной среды Российской Арктики и других полярных областей». В конференции приняли участие около 80 учёных из разных организаций России. В докладах были представлены результаты работ последних лет. В настоящем обзоре кратко излагаются основные идеи и результаты исследований в области гляциологии и геоэкологии Арктики.

**Полярные океаны и морские льды.** Палеоклиматические данные свидетельствуют, что во время тёплых интервалов плейстоцена (межледниковий и межстадиалов) площадь морских льдов и их толщина в Арктическом бассейне могли существенно сокращаться. История образования устойчивого ледяного покрова в Арктическом бассейне непосредственно связана с кайнозойским похолоданием. Вопрос о начале его образования остаётся предметом дискуссии, существует мнение, что морские льды в Арктике могли образоваться уже около 10 млн лет назад, практически одновременно с началом горного оледенения в Северном полушарии. В связи с быстрым сокращением морского льда в Арктическом бассейне и оледенения Гренландии вопрос об устойчивом состоянии морских льдов становится ключевым для прогноза будущего глобального климата (*И.И. Борзенкова, Государственный гидрологический институт*).

На основе спутниковых данных о концентрации морских льдов в Арктическом бассейне с 1980 г. получены оценки продолжительности навигационного периода Северного мор-

ского пути. В сопоставлении со спутниковыми данными рассмотрены возможности современных климатических моделей воспроизводить современный режим морских льдов в Арктике. Оценены перспективы Северного морского пути в XXI в. на основе ансамблевых модельных расчётов в рамках международного проекта CMIP5 (*И.И. Мохов, Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН*).

Современные климатические модели воспроизводят наблюдаемое сокращение площади арктических морских льдов в последние десятилетия в экспериментах с антропогенным воздействием на климат, что указывает на возможность прогнозирования будущих изменений. При этом модельные результаты характеризуются существенной неопределённостью и ошибками воспроизведения региональных особенностей как среднего состояния, так и эволюции морских льдов (*В.А. Семенов, Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Институт географии РАН*).

Практика работ на шельфе арктических морей сталкивается с необходимостью созда-

ния методов управления движениями и структурой ледяного покрова в локальном и региональном масштабах. При движении ледяного покрова в сходящемся канале (проливе) сопротивление смещению льда возникает вследствие аточного эффекта при опоре массы льда на берега канала. Другой пример относится к модели возникновения заторов в протяжённом канале при движении плавучего льда. Приведённые примеры показывают изменчивость структуры, напряжённого состояния и параметров движения ледяного покрова при вариации граничных условий и нагрузок. Создавая необходимую комбинацию этих факторов искусственно, можно корректировать состояние ледяного покрова, уменьшая опасность его влияния на инженерные сооружения на шельфе (Н.М. Осипенко, *Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН*).

**Ледники и снежный покров.** Изменение высот поверхности центральной части Антарктического ледникового покрова при скорости его движения порядка 20 см/год определяется главным образом метелевым переносом снега. Этот стационарный процесс характеризуется широким спектром пространственных частот в диапазоне  $1,4\text{--}22,5\text{ км}^{-1}$ . Изменения высот вертикального профиля проявляют фрактальные свойства с масштабным самоподобием на отдельных участках длиной до 70 км. Вейвлетное преобразование пространственных частот, характеризующих метелевый перенос, показало, что фрактальный процесс не имеет характерных размеров и его поведение может рассматриваться как присущее Антарктическому ледниковому покрову (Л.Н. Васильев, *Институт географии РАН*).

По данным об изотопном составе ледяных кернов, добытых в Индоокеанском секторе Восточной Антарктиды, расположенном между трассами Мирный – Восток и Прогресс – Восток, восстановлен ход изменения температуры воздуха и скорости снегонакопления за последние 350 лет. Установлено проявление малого ледникового периода, а также так называемого климатического сдвига 1970-х годов в исследуемом секторе Антарктиды. Проведённое исследование и применённый метод восстановления ряда температур по данным геохимических анализов ледяных кернов показывают важность изучения нескольких кернов одновременно для

получения достоверного регионального климатического сигнала по результатам анализа изотопного состава осадков с годовым разрешением (А.А. Екайкин, *ААНИИ*).

Выполнены комплексные гляцио-георадарные исследования на морском льду у станции Молодёжная, а также в зоне трещин станций Мирный и Прогресс. Проводились инженерные изыскания для выбора места под строительство снежно-ледовой взлётно-посадочной полосы. Их цель состояла в выяснении возможностей георадарного профилирования, особенно применительно к вопросам изучения строения морского льда (С.П. Поляков, *ААНИИ*).

Исследования химического состава образцов из шурфов и кернов мелких скважин вдоль линий тока льда, проходящих через южную и северную части оз. Восток, позволили выяснить, что максимумы скорости аккумуляции снега приходятся на северную и среднюю части озера, а минимум – на южную (район станции Восток) (Л.П. Голобокова, *Лимнологический институт СО РАН*).

По ледяным кернам из скважины со станции Восток выполнен анализ изменчивости общего газосодержания полярного льда, завершены изотопные, газовые и петроструктурные исследования кернов озёрного льда. Установлены причины высокого подъёма воды в скважине после первого вскрытия озера и определены меры, которые позволили обеспечить контролируемый подъём воды во время повторного вскрытия озера (И.А. Алехина, *ААНИИ*).

В изотопном составе ледяных кернов, полученных в высокогорных областях Эльбруса и Казбека в 2004–2014 гг., ярко выражен сезонный сигнал, позволяющий выполнить их датировку путём подсчёта годовых слоёв. Рассчитаны среднегодовые и среднесезонные значения изотопного состава и скорости снегонакопления за период с 1870 по 2012 г. На изотопный состав осадков в тёплый период года влияет местная температура воздуха, а в холодный период – характер атмосферной циркуляции. Скорость снегонакопления коррелирует с количеством осадков во все сезоны, что позволило реконструировать количество осадков с 1870 г. (А.В. Козачек, *ААНИИ*).

ААНИИ продолжал гляциологические наблюдения на «Ледовой базе мыс Баранова», рас-

положенной в северо-западной части о. Большевик на Северной Земле. Весной и осенью 2014 и 2015 г. проведены снегомерные наблюдения, позволившие рассчитать баланс массы ледника Мушкетова. Оледенение малого ледникового периода широко распространено в пределах верхнего денудационного уровня о. Большевик, выводные ледники достигали подножия верхней поверхности выравнивания и оставили много следов в рельефе долин внутренней части острова. Наиболее активно ледники наступали с XVII в. до начала XX столетия (Д.Ю. Большаков, ААНИИ).

Представлены результаты изучения моренных комплексов ледников Авачинской группы вулканов и реконструкция масштабов оледенения в малом ледниковом периоде. На основе данных лихенометрии и тефрохронологии на предпольях ледников обнаружены три разновозрастные генерации морен. Самая древняя из них, на предполье ледника Дитмара, относится к максимальной голоценовой стадии распространения оледенения, возраст которой для Восточной Камчатки составляет около 2000 лет (Т.М. Маневич, Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН).

Проблема криосферы в изменяющемся климате вошла в число шести главных вызовов, определённых Всемирной программой исследования климата (ВПИК). Ключевые аспекты этих вызовов следующие: сезонные, межгодовые, внутривековые прогнозы и перспективные оценки полярного климата, а также роль криосферы в предсказуемости климата; понимание и установление причин модельных погрешностей, относящихся к криосфере; улучшение модельных описаний многолетней мерзлоты и поверхности суши в высоких широтах с особым вниманием к их роли в глобальном углеродном цикле; развитие моделирования ледниковых щитов с особым вниманием к роли их динамики в подъёме уровня Мирового океана (Т.В. Павлова, Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова).

**Многолетняя мерзлота.** По данным мерзлотно-геотермических исследований в среднем течении р. Большая Хета — левого притока р. Енисей, на территории Западно-Сибирской низменности развиты нестационарные многолетнемёрзлые толщи с реликтовой мерзло-

той. Высокоширотное положение территории, история её развития и региональные факторы определили практически сплошное распространение этой толщи (И.Е. Мисайлов, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН).

В 2014–2015 гг. Институт мерзлотоведения СО РАН исследовал формирование и деградацию многолетнемёрзлых пород под разветвлённой сетью водных артерий, пересекающих обширную дельту р. Лена. Выяснено широкое распространение под руслами многолетней мерзлоты и подрусловых многолетних и сезонных таликов (М.Н. Григорьев, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН).

Выполнена оценка современного состояния оледенения Колымского и Чукотского нагорий по космическим снимкам высокого разрешения и эволюции ледниковых систем в ближайшем будущем. Для определения параметров ледников использованы снимки высокого разрешения на август 2012 г., любезно предоставленные программой AMAP (Arctic Monitoring Assessment Program), а также LANDSAT-7 на этот же период, находящиеся в открытом доступе. В целом, тенденция очевидна — ледники уменьшились по сравнению с оценками конца 1980-х годов (М.Д. Ананичева, Институт географии РАН).

В 2014 г. проведены первые геокриологические исследования строения верхней части мёрзлых толщ в районе оз. Сохонто на Центральном Ямале. Выделено пять морских равнин, в разной степени переработанных геологическими процессами, том числе термокарстовыми. Полученные материалы свидетельствуют о неоднократной активизации и затухании процесса термокарста в позднем плейстоцене и голоцене (Е.А. Слагода, Институт криосферы Земли СО РАН).

Установлено, что на Центральном Ямале, где в 1989 г. происходил массовый сход криогенных оползней скольжения, с 2012 г. активно развиваются криогенные оползни течения по пластовым льдам с формированием термоцирков по берегам озёр. Активизация термоденудации, зафиксированная полевыми работами, послужила основой для калибровки методов мониторинга этого процесса с помощью данных радарных интерферометрических измерений. На этой основе выявлен переход от

преобладания процессов, связанных с формированием криогенных оползней скольжения, к процессам, обусловленным вытаиванием залежеобразующего льда из многолетнемёрзлых пород, что объясняется повышением температуры пород (А.В. Хомутов, *Институт криосферы Земли СО РАН*).

С целью создания целостной физической картины движения снега на горных склонах разработана теоретическая модель, отражающая количественную связь макро- и микросвойств льда. Физическое моделирование процессов, происходящих в снежном покрове, сопоставлено с результатами систематических исследований амплитудно-частотных спектров собственных колебаний в снеге (В.П. Епифанов, *Институт проблем механики имени А.Ю. Ишлинского РАН*).

На основе экспериментальных исследований температурного режима снега разной структуры и плотности в районе метеостанции Баренцбург на Западном Шпицбергене получены значения коэффициента эффективной теплопроводности снега разной структуры и плотности, свидетельствующие об одинаковой динамике коэффициента эффективной теплопроводности снега в режиме охлаждения и противоположной динамике при нагревании поверхности снега. В режиме охлаждения с ростом температуры снега значение коэффициента эффективной теплопроводности увеличивается, а с ростом температуры уменьшается (Н.И. Осокин, *Институт географии РАН*).

На конференции была одобрена концепция российских полярных исследований в свете подготовки Международной полярной партнёрской инициативы (приводится далее).