

Конференция в Сочи «Современные и прогнозируемые изменения природных условий в высоких широтах»

7–9 октября 2013 г. в Сочи прошла конференция «Современные и прогнозируемые изменения природных условий в высоких широтах». В конференции участвовало около 60 учёных из разных городов России. Обсуждалось 45 докладов, в которых были представлены результаты работ по ряду программ:

ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы»;

ФЦП «Мировой океан» (подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» и «Создание единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане»);

целевой научно-технической программы Росгидромета «Научные исследования и разработки в области гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды» по направлениям: исследования климата, его изменений и их последствий; оценка гидрометеорологического режима и климатических ресурсов; исследование гидрометеорологических процессов в Мировом океане, морях и морских устьях рек России, в том числе опасных и экстремальных морских явлений; модели и технологии морских прогнозов и расчетов;

программы Президиума РАН № 4 «Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики». Направление 3 «Механизмы и прогнозы изменений климата и экстремальных природных явлений в атмосфере, криосфере и на поверхности суши»;

программы Отделения наук о Земле РАН № 12 «Процессы в атмосфере и криосфере как факторы изменения природной среды».

Совещание проведено при финансовой поддержке РФФИ, грант 13-05-06086. Конференция продемонстрировала высокий уровень исследований, продолжающих и развивающих комплексные работы, проведённые в рамках Международного полярного года. Сессии конференции были посвящены основным направлениям полярной науки. В настоящем обзоре приведены результаты, наиболее тесно связанные с гляциологической тематикой.

Климат. Рассмотрено влияние климатических изменений на основные виды морской деятельности — морской транспорт, международно-правовой режим морской Арктики, освоение минеральных ресурсов шельфов арктических морей России и биоресурсы. Сокращение ледяного покрова будет спо-

собствовать улучшению условий плавания по Северному морскому пути. В целом, потепление расширяет возможности добычи нефти и газа на арктическом шельфе, так как улучшаются ледовые условия и снижаются риски, связанные с морским льдом. Климатические изменения морской среды, в частности изменения температуры морской воды и смещение кромки льда, влияют на миграцию рыб и, как следствие, на географию промысла (*А.И. Данилов, Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт*).

Отмечена тесная связь Арктики с глобальной климатической системой циркуляции атмосферы и океана, которая вносит определяющий вклад в формирование её климата. Более сильное потепление в Арктике по сравнению с глобальным потеплением вызвано, прежде всего, увеличением адвективного притока тепла. Значительная часть современного глобального потепления связана с усилением зональных и меридиональных переносов в атмосфере. Возрастающее отступление кромки льда в конце летнего сезона от берегов Сибири и Аляски способствует прогреву верхнего слоя морской воды и усилению потепления в октябре–декабре. Сокращение площади льда летом тесно связано с повышением летней температуры воздуха. Одновременно уменьшаются количество многолетнего льда и соответственно средней толщины льда в Арктическом бассейне (*Г.В. Алексеев, Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт*).

Характеристики (количество, повторяемость, интенсивность, размеры) арктических циклонов по расчётам с региональной моделью для арктического региона сопоставлены с данными реанализа ERA-40. Получены возможные изменения характеристик арктических циклонов, в частности при антропогенном сценарии SRES-A1B для XXI в. Оценена роль ледовых условий в Арктическом бассейне и аномалий в Северной Атлантике в формировании климатических аномалий в арктических и субарктических широтах (*М.Г. Акперов, Институт физики атмосферы имени А.М. Обухова РАН*).

Анализ повторяемости центров арктических циклонов в Атлантико-Европейском секторе севернее 60° с.ш. за 1948–2007 гг. показал две главные моды изменчивости повторяемости. Фактически это означает возможность трактовки арктического климатологического фронта (АФ), состоящего из двух вет-

вей: основной и вторичной. Раздвоение АФ чётко прослеживается зимой, когда существует резкий температурный контраст между океаном и континентом, летом раздвоение наблюдается только восточнее Исландии. Размещение основной (северной) ветви близко к положению общепризнанного АФ, располагающегося над Северной Атлантикой и западными морями Северного Ледовитого океана. Вторичная ветвь локализуется южнее основной: над Северной Атлантикой и Скандинавией, севером Восточно-Европейской равнины и Западной Сибири. Она обусловлена проникновением в Арктику центров циклонов, сформировавшихся в средних широтах (А.Н. Золотокрылин, *Институт географии РАН*).

Полярные океаны, морские льды и воды суши. Рассмотрены условия, при которых циркумполярные глубинные воды могут проникать к шельфовым ледникам. Наличие полыньи с идущей в ней конвекцией служит динамическим барьером, не позволяющим глубинной воде достигать шельфовых ледников. При наличии припая, наоборот, конвекция невозможна и глубинная вода может свободно проникать к леднику. Этот процесс важен не только для циркуляции океана, но и для устойчивости антарктического ледникового щита. Мониторинг процессов на шельфе и склоне Антарктики — один из ключевых элементов создаваемой Международной системы наблюдений Южного океана (А.В. Клепиков, *Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт*).

Современное потепление климата сопровождается существенными изменениями речного стока крупнейших рек Сибири, впадающих в Северный Ледовитый океан. На характер многолетних изменений речного стока этих рек значительно влияют водохранилища, построенные в 1960–70-х годах. Отклик стока Оби, Енисея и Лены на современное потепление климата происходит неоднородно как во времени, так и по территории (А.Г. Георгиади, *Институт географии РАН*).

Предложен новый подход к исследованию колебаний уровня морей и крупных внутренних водоёмов — колебания уровня водоёмов определяются по древним береговым линиям и накоплениям органоминеральных масс арктических побережий. Построена карта современных изменений уровня морей Российской Арктики (Д.Ю. Большианов, *Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт*).

Ледники, снежный покров, вечная мерзлота. Выполнен анализ данных аэрорадиозондирования 1979 г. на частоте 620 МГц, наземного радиозондирования весной на частоте 20 МГц и термозондирования 15–20-метровых скважин весной 2012–2013 гг. на лед-

никах Восточный Грэнфьорд и Фритьоф (Земля Норденшельда, Шпицберген), образующих двускатную систему. За последние 33 года в нижней части ледника Восточный Грэнфьорд при общем его отступании слой тёплого льда стал тоньше, а местами исчез совсем. На леднике Фритьоф в результате подвижки верхний холодный слой стал заметно тоньше, а нижний тёплый слой, напротив, в среднем на 10 м толще. Подобные изменения гидротермической структуры ледников могут быть связаны с изменениями климата (Ю.Я. Мачерет, *Институт географии РАН*).

Ледники Полярного Урала по-прежнему близки к пределу своего существования. Наибольшая деградация отмечена на ледниках, оканчивающихся в приледниковых озёрах. Рассчитаны величины баланса массы ледников за последние 30 лет. Выполнена реконструкция баланса массы опорного ледника ИГАН, отражающая эволюцию оледенения Полярного Урала (М.Н. Иванов, *Институт географии РАН*).

Недавние и современные изменения климата Субарктики в результате усиления субмеридиональной составляющей западных воздушных потоков приводят к отрицательному балансу массы горных ледников. Рост их таяния не компенсируется ростом питания. На основе расчётов по климатическим моделям можно предполагать исчезновение к середине XXI в. целых ледниковых систем, например оледенения хр. Орулган (М.Д. Ананичева, *Институт географии РАН*).

Дана количественная оценка значительного сокращения площади и объёма ледников Горного Алтая, произошедшего за полувековой период. Хорошее соответствие результатов, полученных с использованием космических снимков высокого разрешения (CORONA and ALOS) для Катунского хребта, с результатами по Северо-Чуйскому хребту свидетельствует о возможности использования данных Каталога ледников СССР для подобных оценок (Г.А. Носенко, *Институт географии РАН*).

Описаны различные варианты пространственно-временной экстраполяции осадков, температуры и влажности воздуха как аргументов эмпирических формул для определения составляющих уравнения водного баланса в бассейнах рек снего-ледникового питания. Путём сравнения измеренного и рассчитанного объёма годового стока сделана оценка качества расчёта объёмов осадков, испарения и ледникового стока для бассейна Вахша. Оценку компонентов водного баланса следует рассматривать как этап в многоступенчатой системе описания и прогнозирования многолетнего режима рек, питающихся талыми водами. Используемые методы можно приме-



Участники конференции в перерыве между заседаниями

нять и для других бассейнов Центральной Азии с подобным типом формирования стока. (В.Г. Коновалов, *Институт географии РАН*).

Рассмотрены феноменологические и экспериментальные аргументы, подтверждающие, что колебания ледниковой поверхности Антарктиды связаны со скоростями движения льда и выпадением атмосферных осадков. По измерениям ICESAT получены убедительные доказательства связи скорости движения льда в Антарктике с колебаниями высоты поверхности. Движение элементов ледникового тела сопровождается его деформацией. Признак деформации и нарушение подобия проявляются в уменьшении уровня частичной когерентности. Выявлено соответствие степенного распределения скоростей движения льда и величин изменения высот поверхности. Другими источниками флуктуации поверхности, вероятно, служат потоки воды, проходящей через подледниковые озёра, и намерзание льда снизу (Л.Н. Васильев, *Институт географии РАН*).

Разработан генератор погоды, основанный на системе «вложенных» стохастических моделей и позволяющий моделировать методом Монте-Карло ряды осадков, температуры и влажности воздуха с разным временным осреднением (год—месяц—сутки). Показана применимость физически обоснованной модели формирования снежного покрова, разработанной в ИВП РАН для воспроизведения хода снеготазов в разных природных зонах Европейской территории России. С помощью динамико-стохастической модели, объединяющей детерминистическую модель снежного покрова и стохастический генератор погоды, рассчитаны стохастические характеристики максимальных снеготазов в различных природных зонах ЕТР (В.М. Морейдо, *Институт водных проблем РАН*).

На основе снегомерной съёмки в конце марта 2013 г. установлено перераспределение снега по территории полигона Васькины Дачи (Центральный Ямал), построена карта толщины снежного покрова



В зале заседаний конференции



Участники на экскурсии в Красную Поляну

для ключевого участка. Выявлены зависимость толщины снега от крутизны склонов и зависимость между измеренными и модельными данными, а также хорошее соответствие значений объёмов снежного покрова на склоне (Ю.А. Дворников, *Институт криосферы Земли СО РАН*).

В Институте мерзлотоведения СО РАН разработана программа для создания сети геокриологического мониторинга на территории северо-востока Азии. За пять лет подготовлено более 20 наблюдательных площадок. На основе теплового состояния грунтов показано, что реакция криолитозоны на изменение климата в разных регионах и типах ландшафтов различна. Создана геокриологическая база данных Сибирской платформы, построена серия мерзлотно-геотермических разрезов и геокриологических карт, характеризующих геотемпературное поле, распространение и мощность многолетнемерзлой толщи региона (М.Н. Железняк, *Институт мерзлотоведения СО РАН*).

С помощью картографических моделей оценено изменение важнейших климатических параметров в первом десятилетии XXI в. относительно климатической нормы. Составлены карты изменения среднегодовой температуры воздуха, температуры воздуха в зимний и летний периоды, а также максимальной за зиму толщины снежного покрова. Эти изменения имеют региональные различия, но повсеместно в той или иной степени оказывают отепляющее воздействие на криолитозону (Г.В. Малкова, *Институт криосферы Земли СО РАН*).

На основе данных северных метеостанций выполнены анализ динамики температуры воздуха и толщины снежного покрова в первое десятилетие XXI в. и сравнение с аналогичными данными за последние десятилетия XX в. Модельные расчёты при разной динамике снегонакопления и температуры воздуха показали, что отличие в глубине промерзания может составлять 30–50%. Экстремальные значения климатических параметров и их динамика в значительной степени влияют на промерзание грунтов (Н.И. Осокин, *Институт географии РАН*).

Приведены результаты оценки возраста морен и хронологии позднеголоценовых ледниковых событий гор Сунтар-Хаята на основе использования методов лихенометрии и теста остаточной прочности (SchmidtHammerTest). Пояс морен, удалённый от современного края ледников на 600–700 м, формировался на протяжении малого ледникового периода. Максимальных размеров ледники достигли во время глобального похолодания XIII–XVI вв. Тогда площадь оледенения превышала современную на 35–40%. Лед-

ники сохраняли стационарное состояние вплоть до середины XIX в., а затем стали медленно отступать. К середине XX в. ледники сократились на 5–7%, причём наиболее интенсивно – во второй половине XX в. (А.А. Галанин, *Институт мерзлотоведения СО РАН*).

Информационные системы и управление данными.

Представлены результаты работ по развитию инфраструктуры пространственных гляциологических данных для оценки и прогноза состояния компонентов криосферного комплекса с использованием современных технологий интеграции информационных ресурсов, хранящихся в распределённых системах данных на web серверах и геопорталах Института географии РАН в виде баз данных и метаданных, структурированных файлов данных, объектных файлов данных, электронных атласов. Сформированы базы данных и организован доступ к гляциологической информации on-line для отдельных регионов Кавказа и Восточной Антарктиды (Т.Е. Хромова, *Институт географии РАН*).

Участники конференции приняли несколько рекомендаций.

1. Необходимо приложить самые серьёзные усилия для восстановления системных исследований арктических ледников в России, поскольку айсберги, откалывающиеся от ледников на Земле Франца-Иосифа, Новой Земле и Северной Земле создают значительную угрозу для развивающегося арктического судоходства и освоения высокоширотных морских месторождений.

2. Целесообразно использовать возможности Европейского космического агентства и Национального космического агентства США для постепенного перехода от дорогостоящих экспедиционных исследований в полярных регионах к высокотехнологичным дистанционным методам наблюдений.

3. Следует организовать широкий доступ мировой общественности к результатам национальных оценок загрязнения в Арктике, так как в настоящее время основными используемыми оценками загрязнений в Арктике с установлением их источников служат результаты канадских и норвежских исследований.

Отмечено также, что сочинская конференция представляет собой важную площадку для привлечения молодых учёных к дискуссии по широкому кругу полярных проблем. И, наконец, подчеркнут высокий научный уровень представленных на конференции работ по указанным выше проектам и программам. Участники конференции считают важным продолжение подобных обсуждений в 2014 г. и в последующие годы.

М.Ю. Москалевский