



И Н Ф О Р М А Ц И О Н Н Ы Й Б Ю Л Л Е Т Е Н Ъ

НОВОСТИ МПГ 2007/08

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПОЛЯРНЫЙ ГОД 2007/08 В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И В МИРЕ

№ 26 (октябрь – декабрь 2009 г.)

ISSN 1994–4128



В НОМЕРЕ:

■ СОБЫТИЯ

Международное совещание по итогам МПГ
(Сочи, 28 сентября – 1 октября 2009 г.)

■ РАБОТЫ В АРКТИКЕ

Работа научно-исследовательской дрейфующей
станции СП-36

Фоновый и локальный экологический мониторинг
загрязнения компонентов окружающей среды в районах
расположения российских предприятий на архипелаге
Шпицберген

Некоторые результаты работы экспедиционной группы ФГУ
ГОИН на полярной станции БАРНЕО

Оценка состояния экосистемы морского льда
Центрального Арктического бассейна
по данным наблюдений в период проведения МПГ

МОТИВ – Мониторинг температурного поля
извергающихся вулканов

■ РАБОТЫ В АНТАРКТИКЕ

Информация о работах ПМГРЭ в Антарктиде в рамках
МПГ 2007/08

Морские геофизические исследования по программе
МПГ в 2009 г.

Проект Международного полярного года 2007/08
COMPASS

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ИТОГАМ МПГ (СОЧИ, 28 СЕНТЯБРЯ – 1 ОКТЯБРЯ 2009 г.)

28 сентября – 1 октября 2009 г. в Сочи состоялось совещание по итогам Международного полярного года 2007–2008 гг. (МПГ 2007/08), продолжившее серию сочинских форумов, посвященных МПГ 2007/08.

125 ученых из 27 институтов РАН, Росгидромета, МПР и Минобрнауки представили для широкого обсуждения весь спектр научных исследований в полярных областях Земли. За три дня интенсивной работы было заслушано и обсуждено 85 докладов. Один из организаторов Совещания – ААНИИ разместил в зале заседаний масштабную постерную экспозицию, иллюстрирующую вклад российских исследователей в МПГ 2007/08.

С теплыми словами приветствия полярных ученых выступил Специальный представитель Президента РФ по международному сотрудничеству в Арктике и Антарктике, депутат Государственной Думы Федерального Собрания РФ, Член Морской коллегии при Правительстве РФ А.Н. Чилингаров.

Росгидромет представил заместитель начальника управления В.А. Мартыщенко.

Состоявшееся совещание продемонстрировало высокий уровень исследований, проведенных в рамках МПГ. Руководители и ответственные исполнители проектов обсудили фундаментальные проблемы и результаты российских исследований Арктики и Антарктики за период МПГ.

Ключевыми мероприятиями МПГ 2007/08 стали многочисленные экспедиции и наблюдения, проводившиеся в различных районах Арктики и Антарктики, в которых участвовали представители российских, американских, канадских, норвежских, шведских, германских, французских, польских, китайских, японских научно-исследовательских учреждений, осуществлявших измерения различных характеристик атмосферы, гидросферы, криосферы и биосферы высоких широт.

Большой вклад в успешное выполнение работ внесли ученые и специалисты учреждений Российской академии наук, Росгидромета, Министерства природных ресурсов, Министерства образования и науки.

Получены огромные массивы данных по различным компонентам природной среды, доступные участникам и широкому кругу специалистов, которые будут использованы при решении самых различных задач по освоению и использованию Арктики, в изучении Антарктики.

Как подчеркнуто в заявлении Объединенного комитета МСНС и ВМО, впервые в истории международных полярных и геофизических лет ученые в областях физических, естественных, и общественных наук работали вместе в рамках единой междисциплинарной научной программы. Эта новая форма сотрудничества воспринимается как одно из достижений МПГ 2007/08 и является его наследием. Она также отражает знаменательный прогресс в осознании сложности процессов в полярных регионах, важности

научного синтеза, интеграции знаний и обмена данными.

Работы МПГ инициировали и ускорили принятие важных стратегических решений по развитию деятельности России в высоких широтах, а именно:

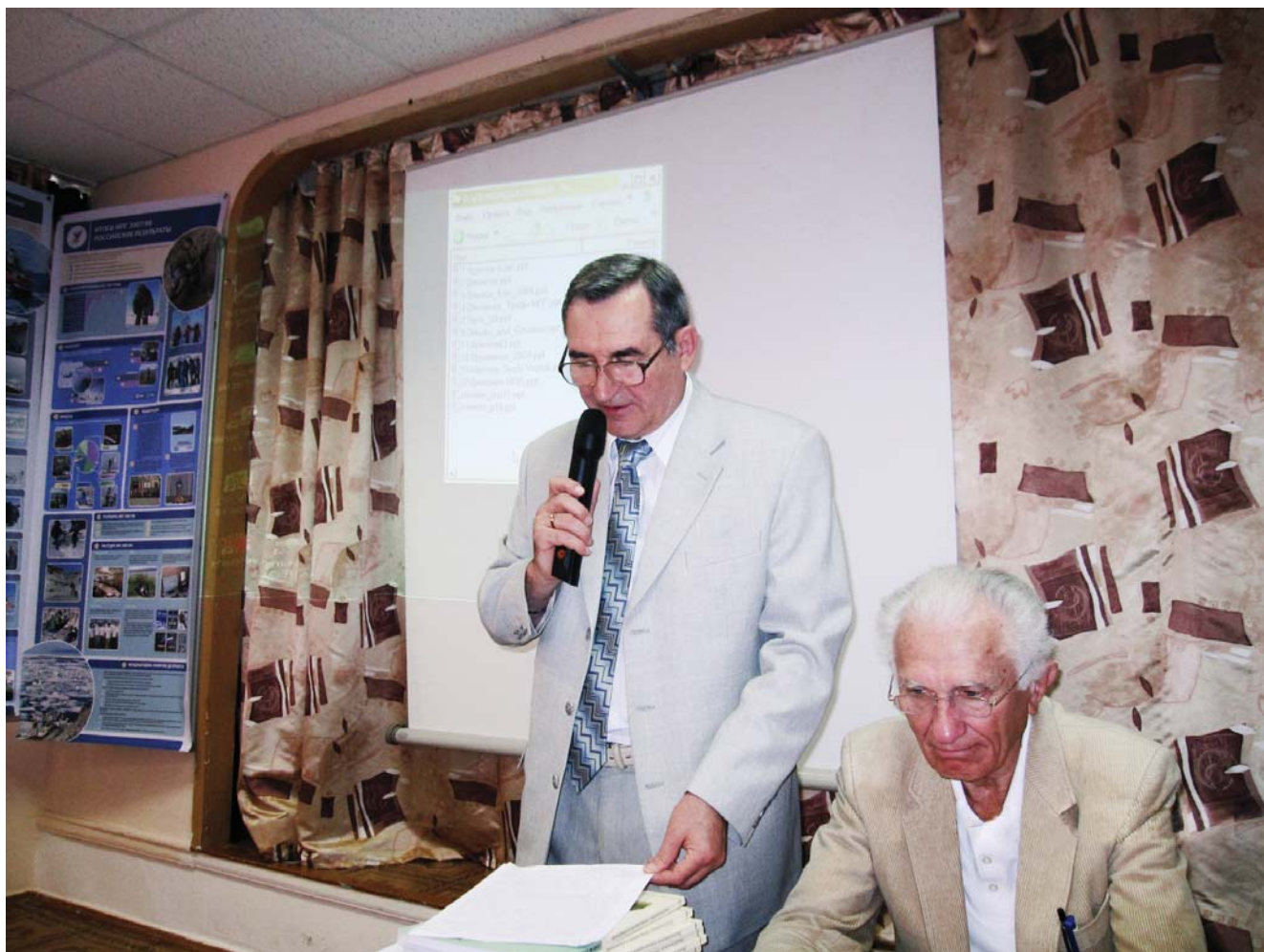
– в апреле 2008 г. на заседании Правительства РФ рассматривался вопрос «Об обеспечении интересов Российской Федерации в высокоширотных и полярных регионах»;

– в сентябре 2008 г. Президент Российской Федерации утвердил Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу.

Важным наследием МПГ 2007/08 является объединение интересов арктических стран в создании, развитии и интеграции общих систем наблюдений за состоя-



Специальный представитель Президента РФ по международному сотрудничеству в Арктике и Антарктике, депутат Государственной Думы Федерального Собрания РФ, Член Морской коллегии при Правительстве РФ А.Н. Чилингаров



Заместитель начальника управления Росгидромета В.А.Мартыщенко

нием различных компонентов природной среды и социума в условиях заметных изменений климата. МПГ заложил основу для таких широкомасштабных системных исследований арктических морей России и высокоширотной зоны Северного Ледовитого океана и определил возможность для наращивания созданного потенциала.

Совещание отметило большую научную и практическую значимость результатов, полученных в рамках МПГ и представленных на совещании по Национальной научной программе МПГ, подпрограмме «Изучение и исследование Антарктики» ФЦП «Мировой океан», по программе Президиума РАН 16, ч. 2 «Окружающая среда полярных регионов, ее прошлые изменения и вероятные изменения в ближайшем будущем» и программе ОНЗ РАН № 13 «Эволюция криосферы в условиях меняющегося климата».

Участниками совещания было рекомендовано усилить взаимодействие исследователей смежных отраслей знаний по Арктике и Антарктике в свете чрезвычайной важности продолжения этих программ в 2010 г. и в последующие годы.

Совещание обратило внимание организационных участников МПГ на важность проблемы организа-

ции управления данными МПГ 2007/08 и призвало приложить усилия к скорейшему согласованному решению вопросов сбора, хранения и обмена данными.

На совещании было принято решение поддерживать участие Российской Федерации в Международном полярном десятилетии и одобрить концепцию программы участия РФ в этой международной инициативе, рекомендовать Оргкомитету РФ по проведению Международного полярного года 2007/08 создать Рабочую группу для разработки научной программы участия Российской Федерации в Международном полярном десятилетии.

Участники Совещания обратились с просьбой в Российскую академию наук как национального представителя в Международном совете по науке обратиться в МСНС с предложением о проведении Международного полярного десятилетия.

Было также принято решение рекомендовать российским ученым принять активное участие в итоговой научной конференции МПГ, которая состоится в г. Осло в июне 2010 г.

В.Г.ДМИТРИЕВ (АНИИ)

Фотографии предоставлены автором

РАБОТА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДРЕЙФУЮЩЕЙ СТАНЦИИ «СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС-36»

В период с 07 сентября 2008 г. по 30 августа 2009 г. в центральной части Северного Ледовитого океана успешно работала научно-исследовательская станция «Северный полюс-36» (СП-36).

Подготовка и организация научно-исследовательской дрейфующей станции СП-36 были обеспечены Высокоширотной арктической экспедицией ААНИИ Росгидромета в структуре мероприятий Международного полярного года 2007/08 в рамках национальной экспедиционной программы «Арктика-2008».

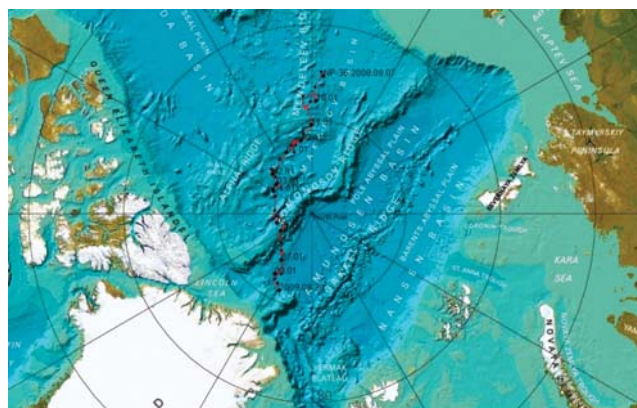
Экспедиции «Арктика-2008» и «Северный полюс-36» являлись основным вкладом России в мероприятия МПГ 2007/08 в 2008 г.

Дрейфующая станция СП-36 была высажена с борта НЭС «Академик Федоров» ААНИИ Росгидромета, начальник экспедиции В.Т.Соколов, капитан НЭС В.А.Викторов.

На станции работали 18 специалистов. Возглавлял коллектив станции участник многочисленных арктических и антарктических экспедиций почетный полярник Ю.И.Катраев, его заместителем по науке являлся В.Н.Чурун. В состав коллектива СП-36 входили: метеорологи А.В.Лугинин, И.А.Бобков и С.В.Шутилин (работал на станции с 01.04 по 30.08.09 г.), ледоисследователи В.Т.Петровский (работал на станции в период 07.09.08–25.04.09 г.), Н.М.Кузнецов и Л.В.Панов, аэрологи С.А.Овчинников и Ю.В.Громов, океанологи А.Ю.Ипатов и С.Б.Кузьмин, гидрограф Е.В.Медведкин, врач В.П.Чубаков, радиоспециалист А.А.Корнилов, механики А.А.Климов, Г.М.Кумышев и А.А.Быков, повар В.М.Семенов.

Технология и методика поиска ледяных полей для дрейфующих станций в Северном Ледовитом океане в современных условиях отработана при посадке дрейфующих станций СП-33, СП-34 и СП-35 и была успешно применена при организации СП-36. Можно уверенно сказать, что подобная технология организации обитаемых научно-исследовательских станций на дрейфующих льдах Северного Ледовитого океана является отечественным «ноу-хау».

Ледяное поле, на котором располагалась дрейфующая станция СП-36, представляло собой обширное многолетнее поле сморози размерами 6,2х6,5 км. Характерной особенностью ледяного поля было чередование всхолмленных и ровных участков льда, что являлось косвенным признаком многолетнего происхождения поля сморози.



Карта дрейфа научно-исследовательской станции «Северный полюс-36»

Торосистость ледяного покрова не превышала 2 балла, всхолмленность составляла 1 балл. Снежниками было покрыто около 40–50 % поверхности ледяного поля, а его разрушенность не превышала 3 балла. Толщина льда варьировала от 1,5 до 3,0 м.

Научно-исследовательская дрейфующая станция СП-36 была торжественно открыта подъемом Государственного флага России 07 сентября 2008 г. в 21:00 мск в точке с координатами 82°32,21' с.ш., 174°55,17' в.д. Первая метеорологическая сводка была направлена в систему ГСТ Росгидромета 07 сентября 2008 г. в 15:00 мск, а последняя – 26 августа 2009 г. в 12:00 мск.

Перед коллективом станции СП-36 были поставлены следующие цели:

- обеспечить выполнение российских обязательств в рамках мероприятий Программы Международного полярного года (МПГ) 2007/08;
- выполнить комплекс натуральных исследований для совершенствования методов гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в арктическом регионе;
- про должить и развить гидрометеорологический и экологический мониторинг природной среды центральной части Арктического бассейна;
- исследовать физические процессы, обуславливающие или обусловленные глобальным и региональным изменением климата.

Комплекс научных исследований, которые выполнялись на СП-36, включал следующие виды наблюдений и измерений:

- стандартные метеорологические и актинометрические измерения;
- специальные метеорологические исследования;
- стандартные аэрологические наблюдения;
- морфометрические исследование ледяного покрова;
- исследование динамических и волновых свойств ледяного покрова;
- океанологические (гидрофизические) исследования;
- гидрографические работы;
- медицинские исследования;
- апробация приема сигналов с навигационной системы ГЛОНАСС и тестирование устойчивости ее работы в высоких широтах Арктики;
- аэростатные наблюдения по исследованию двухкилометровой толщи атмосферы в приледном слое;

– экспериментальные исследования по картированию ледовой обстановки в районе станции с помощью беспилотных летательных аппаратов ЭЛЕРОН.

С 07.09.2008 г. по 09.06.2009 г. дрейф станции проходил в Амеразийском суббассейне Северного Ледовитого океана (рис. 1). 10–15.06.2009 г. станция преодолела хребет Ломоносова и продолжила свой дрейф в Евразийском суббассейне СЛО.

В период с 01 по 25 апреля 2009 г. на станции работал сезонный отряд в составе 8 человек, руководитель сезонной экспедиции А.А. Висневский.

Общая продолжительность дрейфа станции СП-36 за период 07.09.2008–30.08.2009 гг. составила 356 суток.

В течение дрейфа СП-36 прошла 2965 км, из них 2403 км станция дрейфовала в Амеразийском суббассейне СЛО. Средняя скорость дрейфа составила 0,34 км/ч, максимальная скорость дрейфа 1,7 км/ч.

В период дрейфа СП-36 силами ее сотрудников была построена взлетно-посадочная полоса, на которую 10.04.2009 г. совершил посадку самолет Basler BT-67 AWI Polar 5 с 8 членами экипажа.

Для выполнения программы научных наблюдений на станции СП-36 применялись современные автоматические станции, комплексы и приборы:

- метеорологическая автоматическая станция MAWS 110 (финской фирмы ВАЙСАЛЛА);
- конструктивно-интегрированный балансомер CNR1;
- лазерный измеритель высоты облачности Lidar (США);
- зондирующие комплексы SBE 19Plus SeaCat (США);
- акустические доплеровские профилографы течений WHS300 Sentinel и WHLS75 LongRanger (США);
- измеритель течений RCM 9IW (Норвегия);
- регистраторы температуры и электропроводности морской воды SBE 37SM MicroCat (США);
- аэрологический комплекс DigiCora III MW3 (финской фирмы ВАЙСАЛЛА);
- эхолот/профилограф высокого разрешения BATHY-2010P (США);
- гиперспектральный радиометр RAMSES (США);
- хемилюминесцентный газоанализатор озона «ОПТЭК 3.02 П1»;
- газоанализатор «Полярис 1001 Метан-СН₄» (Россия);
- система автоматического контроля концентраций «Automated Soil CO₂ Flux System LI-8100».

В период работы научно-исследовательской дрейфующей станции «Северный полюс-36» получен обширный массив новых натуральных данных о состоянии природной среды Арктического бассейна Северного Ледовитого океана в четырех средах: атмосфера, лед, океан, дно и осадочный слой.

Впервые на научно-исследовательской дрейфующей станции «Северный полюс» с применением со-

временных измерительных средств получены следующие новые данные:

- параметры течений в слое от 20 до 535 м, охватывающие толщу воды от поверхностного слоя до промежуточных атлантических вод, включая их ядро;
- непрерывный профиль глубин, измеренных с высокой точностью с одновременной регистрацией его положения по 3 навигационным аппаратам потребителей, работающим от космических аппаратов спутниковых навигационных систем GPS и ГЛОНАСС;
- параметры струйных течений в приледном инверсионном слое;
- высота и мощность облачности, определенные инструментальным способом (непрерывные профили);
- непрерывный профиль радиационных и теплофизических характеристик снежного покрова, включая период структурного изменения кристаллов снега;
- потоки СО₂ через различные формы снежно-ледяной поверхности в зимний и весенне-летний периоды.

Выполнены оценки определения места по сигналам космических аппаратов спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС и GPS, которые составили:

- 3 м по сигналам от КА СНС ГЛОНАСС и GPS одновременно;
- 5 м по сигналам от КА СНС GPS;
- 17–19 м по сигналам КА СНС ГЛОНАСС.

Установлено, что работа спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС постоянно улучшалась, минимальное значение определения места по ГЛОНАСС в начале наблюдений равнялось 13 м, а по их завершении 7 м.

Научно-исследовательская дрейфующая станция СП-36 была торжественно закрыта спуском Государственного флага России 30 августа 2009 г. в 12:45 мск в координатах 85° 33,09' с.ш., 22° 52,15' з.д.

Снятие станции осуществлено с использованием атомного ледокола «Ямал» Росатома в период работы высокоширотной морской арктической экспедиции по программе «Арктика-2009», начальник экспедиции В.Т.Соколов, капитан ледокола С.В.Румянцев.

Вся информация о состоянии природной среды, получаемая на станции СП-36, в оперативном режиме передавалась в ААНИИ и далее поступала в глобальную систему телекоммуникации и отражалась на сайте <http://www.aari.ru> ААНИИ.

Дрейф станции СП-36 проходил в период завершающей фазы проведения Международного полярного года (МПГ) 2007/08 и обеспечил выполнение Россией обязательств в рамках мероприятий МПГ 2007/08.

Результаты научных исследований, выполненных в период работы дрейфующей станции «Северный полюс-36», расширяют знания о природной среде Центрального бассейна Северного Ледовитого океана и позволят по-новому оценить состояние климатической системы высоких широт Арктики в период меняющегося климата.

В. Т. СОКОЛОВ, В. Н. ЧУРУН (ААНИИ)

ФОНОВЫЙ И ЛОКАЛЬНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РАЙОНАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН (ПОС. БАРЕНЦБУРГ И СОПРЕДЕЛЬНЫЕ ТЕРРИТОРИИ)

В соответствии с «Научной программой участия Российской Федерации в проведении Международного полярного года на 2008 г.» и «Программой Росгидромета по организации и развитию работ и научных исследований на архипелаге Шпицберген в 2008–2010 гг.», в 2008 г. Северо-Западным филиалом ГУ «НПО «Тайфун» осуществлен фоновый и локальный экологический мониторинг загрязнения компонентов окружающей среды в районе пос. Баренцбург с прилегающей акваторией залива Гренфьорд. Данные исследования являются прямым продолжением аналогичных работ, выполненных Северо-Западным филиалом ГУ «НПО Тайфун» (до 2006 г. – РЦ «Мониторинг Арктики») в 2002–2007 гг., и имеют целью изучение не только текущего состояния загрязнения компонентов природной среды в районах хозяйственной деятельности российских предприятий на архипелаге Шпицберген, но и тенденций его изменения.

В ходе полевых работ осуществлялся мониторинг загрязнения атмосферного воздуха, снежного покрова, почв, почвенных вод и наземной растительности на территории пос. Баренцбург, его санитарно-защитной зоны и фоновых районов; морских вод и льда, водных взвесей и донных отложений на акватории залива Гренфьорд; а также поверхностных вод, взвесей и донных отложений озера Биенда-стеммев (используется в качестве основного источника питьевой воды для пос. Баренцбург) и реки Грендсэльва, долина которой расположена южнее пос. Баренцбург.

В весенний период (с 11 по 26 мая 2008 г.) работы по мониторингу загрязнения на архипелаге Шпицберген выполнялись полевым отрядом в составе начальника отряда А.С. Демешкина, инженера-гидролога В.С. Демешкина и инженера-химика Е.Р. Тюльпановой, в летне-осенний период (с 29 августа по 13 сентября 2008 г.) – полевым отрядом в составе начальника отряда А.С. Демешкина, инженера-гидролога В.А. Герцева и инженера-химика Е.В. Козерог.

Схема точек выполнения наблюдений и отбора проб при проведении

фонового и локального экологического мониторинга в районе пос. Баренцбург в 2008 г. приведена на рис. 1.

При проведении полевых работ по экологическому мониторингу загрязнения природной среды использовались следующие методики:

- Отбор проб атмосферного аэрозоля осуществляется при 12 часовой экспозиции на установке ПУ-4ЭП аспирацией на специально подготовленный полихлорвиниловый волокнистый фильтр АФА-ХА-20. При этом одновременно отбираются три параллельные пробы (три фильтра). Для транспортировки каждый фильтр сворачивается вчетверо рабочей стороной внутрь и запаивается в полиэтиленовый пакет минимального размера.

- Отбор проб атмосферного воздуха для определения содержания газовых примесей производится посредством прокачки воздуха с использованием аспирационной установки ПУ-4ЭП через поглотительные барботеры (NO_2 , SO_2 , H_2S). Поглощающие растворы барботеров после доставки в лабораторию ЗГМО «Баренцбург» переливались в специальные герметично закрывающиеся емкости. Для определения содержания CO и O_3 используется газоанализатор ГАНК-4. Отбор проб для определения ЛОС производится с помощью пассивных угольных ловушек.

- Отбор интегральных проб снежного покрова для определения компонентов состава и содержания ЗВ выполняется на всю толщину снегонакопления. Отбор проб производится полиэтиленовым совком в специальные транспортные контейнеры, изготовленные из инертных материалов. После доставки в полевую лабораторию пробы растаиваются без извлечения из контейнера.

- Отбор проб морской воды и поверхностных вод суши с подповерхностного горизонта (глубина 1 м) производится пробоотборной системой ПЭ-12-20, изготовленной из инертных пластиков и не имеющей открытых металлических элементов. Для отбора проб воды с глубинных горизонтов используются батометры HydroBios (Киль, Германия) емкостью 5 и 10 л, срабаты-

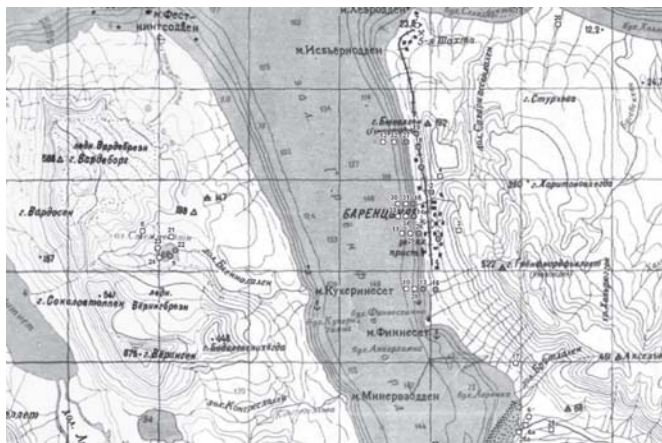


Рис. 1. Схема точек выполнения наблюдений и отбора проб при проведении фонового и локального экологического мониторинга в районе пос. Баренцбург

вающие от посыльного груза на необходимой глубине. Сразу после отбора пробы воды переливаются в специально подготовленные стеклянные бутылки с притертыми стеклянными пробками, бутылки помещаются в транспортный ящик с гнездовым фторопластовым вкладышем, в котором они доставляются в лабораторию.

В лаборатории ЗГМО «Баренцбург» в пробах воды выполняются определения: электропроводности; солёности; растворенного кислорода; биохимического потребления кислорода (БПК₅); водородного показателя (рН); окислительно-восстановительного потенциала (Еh); щёлочности и др. химических показателей по действующей программе работ ЗГМО.

Пробы воды для определения суммарных нефтяных углеводородов экстрагируются, оставшаяся часть консервируется глубоким замораживанием и хранится при температуре – 20 °С до момента анализа в стационарной лаборатории. Перед замораживанием из пробы в специальные склянки отбирается часть воды для определения ЛАУ.

– Отбор проб морских донных отложений и донных отложений из водоемов суши производится из верхнего 0–5 см слоя грейферным дночерпателем ДГ-01М с пневматическим усилением захвата. Непосредственно после отбора пробы помещаются в специальные герметичные контейнеры из инертных материалов и хранятся в охлажденном виде (при температуре не выше 4 °С) до момента анализа.

– Пробы почвенных вод отбираются шахтным методом из верховодки. Сразу после отбора пробы воды переливаются в специально подготовленные стеклянные бутылки с притертыми стеклянными пробками, бутылки помещаются в транспортный ящик с гнездовым фторопластовым вкладышем, в котором они доставляются в лабораторию ЗГМО «Баренцбург».

В лаборатории ЗГМО «Баренцбург» выполняется определение кислотности почвенных вод (величины рН).

Пробы воды, отобранные для других определений, выполняемых в стационарной лаборатории, замораживаются и хранятся при температуре – 20 °С до момента анализа.

– Отбор проб почв на содержание ЗВ выполняется послойно на пробных площадках 5×5 м. На каждой площадке отбирается по 2 пробы (из слоя 0–5 см и слоя 5–20 см). Объединенные пробы с каждого слоя просеиваются через сито с ячейкой 1 мм для удаления камней и остатков растительности, помещаются в специальный герметичный контейнер, консервируются глубоким замораживанием и хранятся при температуре – 20 °С до выполнения химико-аналитических исследований.

– Пробы наземной растительности на содержание ЗВ отбираются с пробных площадок 50×50 м. Для описания видового состава и структуры растительных сообществ на каждой площадке собирает-

ся гербарий. Для химико-аналитических исследований, по возможности, отбираются пробы мхов, лишайников и трав. Пробы растительности отбираются в герметичные полиэтиленовые пакеты. В один пакет отбирается проба только одного вида растительного материала. Пробы консервируются глубоким замораживанием и хранятся при температуре – 0 °С до выполнения химико-аналитических исследований.

Обработка и анализ всех видов проб выполняются согласно методикам, допущенным к применению и включенным в «Перечень методик, внесенных в Государственный реестр методик количественного химического анализа. Количественный химический анализ вод. Количественный химический анализ почв и отходов. Количественный химический анализ атмосферного воздуха и выбросов в атмосферу. Токсикологические методы контроля. М., ГУАК, 1998 г. с дополнениями 1999–2001 гг.».

В результате выполненных полевых наблюдений, химико-аналитических и других лабораторных исследований отобранных образцов и проб, анализа и обобщения собранного материала получены основные характеристики уровней содержания загрязняющих веществ в компонентах природной среды в районе расположения пос. Баренцбург и акватории залива Грен-фьорд в весенний и летне-осенний периоды 2008 г.

Опробование атмосферного воздуха производилось на территории пос. Баренцбург, в районе расположения ЗГМО «Баренцбург», севернее поселка в районе вертолетной площадки на побережье Селисбукты, в устье р. Грендалсэльва и на противоположной стороне залива Грен-фьорд в районе оз. Биенда-стеммев.

Доминирующими источниками загрязнения приземного слоя атмосферы в районе пос. Баренцбург являются региональные и локальные источники.

Основным локальным источником загрязнения воздуха являются местная Центральная электростанция (ЦЭС), работающая круглогодично и использующая в качестве топлива уголь, добываемый на руднике «Баренцбург». Также загрязнение атмосферного воздуха происходит при эксплуатации шахтных вентиляционных установок, горении и раздувании отвалов и открытых складов угля.

Основными веществами, загрязняющими атмосферный воздух поселка, являются пыль, диоксид серы, оксиды азота и углерода, сероводород, соединения ПАУ и ЛАУ, ТМ. В период весенней и летне-осенней съемки максимальные концентрации пыли (26,4 мкг/м³), диоксида серы (до 4,06 мкг/м³), оксида углерода (до 324 мкг/м³) и диоксида азота (до 7,14 мкг/м³) были зафиксированы в атмосферном воздухе вблизи ЦЭС. Содержание в атмосферном воздухе сероводорода было ниже предела чувствительности используемого метода анализа, что не позволило его надежно идентифицировать. Содерж-

жание летучих органических соединений достигало значений 3,1 мкг/м³ в летне-осенний период. В весенний период наблюдений концентрации ЛОС были ниже предела чувствительности используемого метода анализа, что не позволило их надежно идентифицировать.

Концентрации хлорорганических соединений в пробах атмосферного аэрозоля были ниже пределов обнаружения.

Из определявшихся полициклических ароматических углеводородов в весенний период наблюдения были идентифицированы бенз(б)флуорантен и бенз(к)флуорантен, максимальные концентрации которых составили соответственно 0,17 и 0,13 нг/м³. В летне-осенний период были также обнаружены нафталин, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен с максимальными концентрациями 0,7 нг/м³, 2,4 нг/м³, 0,2 нг/м³, 0,1 нг/м³, 0,6 нг/м³ и 0,4 нг/м³ соответственно. Суммарное содержание ПАУ в пробах атмосферного аэрозоля составляло от 0 до 4,4 нг/м³.

Полученные данные по уровням концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе района сопоставимы с данными норвежских исследователей (AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo, 1998).

Отбор проб снежного покрова на содержание ЗВ производился на всех наземных точках сети мониторинга. Аккумуляция токсичных соединений снежным покровом вносит значительный вклад в уровень химического загрязнения почв и растительного покрова территорий.

Содержание нефтяных углеводородов в пробах снега изменялось от 9,4 до 77,3 мкг/л талой воды, максимальная концентрация НУ имела место в пробах снега, отобранных в районе расположения склада строительных материалов к северу от пос. Баренцбург.

Концентрация фенолов, зарегистрированных в пробах, взятых в районе к северу от поселка, изменялась от 0,6 до 1,3 мкг/л талой воды.

Из 16 контролируемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в снежном покрове были обнаружены: нафталин, содержание которого находилось в пределах от 2,90 до 15,4 нг/л талой воды при средней концентрации 8,54 нг/л; фенантрен, концентрации которого колебались от 0,9 до 15,3 нг/л талой воды при среднем содержании 4,6 нг/л; флуорантен, средний уровень содержания которого в устье реки Грендалсэльва составлял 1,0 нг/л талой воды; бенз(б)флуорантен+перилен, содержание которого находилось в интервале от 0,4 до 6,9 нг/л талой воды (средняя величина – 2,36 нг/л), максимальная концентрация имела место в пробах, взятых в районе реки Грендалсэльва; бенз(к)-флуорантен, концентрации которого варьировали от 0,4 до 1,1 нг/л талой воды (среднее значение 0,73 нг/л). Суммарное содержание соединений группы ПАУ в снежном покрове изменялось от 1,4 до 31,4

нг/л талой воды при среднем значении 14,81 нг/л. Максимальная концентрация суммы ПАУ в снеге определялась в районе расположения отвалов горных пород и шлака от ЦЭС.

Из контролируемых хлорорганических соединений (ХОС) в пробах снега в период наблюдений зафиксировано наличие пестицидов групп ГХЦГ, ДДТ и ПХБ. Из 15 контролируемых индивидуальных ПХБ в снежном покрове фиксировались конгенеры #28, #52, #101, #105, #118, #138, #153, #156, #180. Максимальные концентрации всех идентифицированных ХОС составляли: для суммы ГХЦГ – 0,3 нг/л в районе расположения ЗГМО «Баренцбург», для суммы ДДТ – 1,00 нг/л, для суммы ПХБ – 14,01 нг/л – районе побережья Селисбукты; для суммы полихлорбензолов – 0,59 нг/л талой воды – в районе реки Грендалсэльва. Содержание полихлорциклодиенов находилось ниже пределов их обнаружения (<0,05 нг/л талой воды).

Содержание контролируемых тяжелых металлов в пробах снега находилось в следующих пределах: железо – от 4,66 до 20,3 мкг/л при средней концентрации 11,2 мкг/л талой воды; марганец – от 1,69 до 5,34 мкг/л (в среднем 3,09 мкг/л талой воды); цинк – от 6,6 до 47,4 мкг/л при среднем содержании 14,53 мкг/л; медь – от 0,8 до 2,3 мкг/л (средняя концентрация 1,53 мкг/л); никель – от 4,0 до 5,1 мкг/л при среднем уровне содержания 4,53 мкг/л; свинец – от 1,6 до 2,7 мкг/л (среднее содержание 2,1 мкг/л); средняя концентрация кадмия в пробе, взятой в районе ЗГМО «Баренцбург», составила 0,1 мкг/л (0,1 ПДК) талой воды. Содержание хрома, кобальта, ртути и мышьяка находилось ниже предела обнаружения (<0,3; <1; <0,05; <0,5; <3 и <0,1 мкг/л соответственно). Максимальные уровни содержания цинка (0,05 ПДК) и свинца (0,3 ПДК) были обнаружены в пробах снега, отобранных в районе ЗГМО «Баренцбург»; железа (0,07 ПДК) – в районе расположения горных отвалов; марганца (0,05 ПДК) – в районе дислокации склада строительных материалов к северу от пос. Баренцбург; меди (2,3 ПДК) – в устье реки Грендалсэльва; никеля (0,5 ПДК) – в районе мыса Дроссельхус.

Таким образом, снежный покров территории поселка и его окрестностей в целом характеризуется повышенными концентрациями пестицидов группы ГХЦГ, ПХБ, некоторых ПАУ и тяжелых металлов по сравнению с фоновыми районами Российской и Канадской Арктики (Карское море и ледник Агассиз на о. Элсмир). Загрязнение снежного покрова ХОС связано в основном с глобальными источниками, тогда как ПАУ, НУ и ПХБ – с региональными и локальными. Повышенные уровни концентраций ТМ, возможно, связаны как с влиянием выбросов ЦЭС, так и с повышенными уровнями природного фона.

Отбор проб морских вод производился на акватории залива Грен-фьорд, прилегающей к территории пос. Баренцбург.

Концентрации СПАВ, фенолов и летучих ароматических углеводородов (ЛАУ), неполярных алифатических углеводородов (НАУ) в водах обследованной акватории залива в 2008 г. были ниже предела чувствительности используемого метода анализа (< 25 мкг/л, $< 0,1$ мкг/л, $0,1$ нг/л и $0,1$ нг/л, соответственно), что не позволяло их надежно идентифицировать.

Суммарное содержание нефтяных углеводородов (НУ) в водах обследованной акватории изменялось в следующих пределах: весной – от $2,3$ до $34,1$ мкг/л, в летне-осенний период – от $2,1$ до $24,0$ мкг/л. Максимальное содержание НУ ($34,1$ мкг/л) было зафиксировано в прибрежной части акватории залива Грен-фьорд, в районе впадения ручья севернее пос. Баренцбург.

Из 16 контролируемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в морской воде были обнаружены в течение всего периода наблюдений нафталин, фенантрен, бенз(б)флуорантен+перилен, в период летне-осенней съемки к ним добавлялись аценафтилен, флуорантен, пирен, бенз(к)флуорантен. Максимальные концентрации идентифицированных ПАУ в морской воде в период наблюдений достигали: нафталина – $41,2$ нг/л; фенантрена – $15,8$ нг/л; бенз(б)флуорантена+перилена – $1,7$ нг/л; бенз(к)флуорантена – $0,33$ нг/л; аценафтилена – $6,4$ нг/л; флуорантена – $5,7$ нг/л; пирена – $2,1$ нг/л. Суммарное содержание соединений группы ПАУ в морских водах весной изменялось от $2,8$ до $16,39$ нг/л; в период летне-осенней съемки – от $2,5$ до $53,83$ нг/л.

Из контролируемых хлорорганических соединений (ХОС) в пробах морской воды и морской взвеси в период наблюдений зафиксировано наличие полихлорбензолов, ПХБ и пестицидов групп ГХЦГ, ДДТ. Из 15 контролируемых индивидуальных ПХБ в морских водах фиксировались конгенеры: #28, #52, #101, #105, #118, #138, #153. Максимальные концентрации всех идентифицированных ХОС в морской воде составляли: для суммы полихлорбензолов – $1,29$ нг/л; для суммы ГХЦГ – $10,63$ нг/л; для суммы ДДТ – $48,37$ нг/л, для суммы ПХБ – $83,47$ нг/л.

Максимальные концентрации контролируемых тяжелых металлов в пробах морской воды составляли: железо – $10,3$ мкг/л, марганец – $0,81$ мкг/л, цинк – $20,9$ мкг/л, медь – $2,11$ мкг/л, никель – $16,0$ мкг/л, свинец – $0,7$ мкг/л, кобальт – $0,92$ мкг/л, кадмий – $0,13$ мкг/л, хром – $0,14$ мкг/л, мышьяк – $0,5$ мкг/л. Концентрации ртути находились ниже предела обнаружения ($< 0,001$ мкг/л).

Концентрации большей части загрязняющих веществ в морской воде залива Грен-фьорд имели значения, характерные для прибрежных районов Норвежского и Северного морей со средним или незначительным уровнем воздействия береговых источников загрязнения на морскую акваторию. На общем фоне выделяются повышенные суммарные содержания веществ групп ДДТ, ПХБ, и ГХЦГ в весенний период наблюдений.

Отбор проб поверхностных вод, водной взвеси и донных отложений производился из оз. Биенда-стеммев и из реки Грендалсэльва. Пробы воды отбирались с подповерхностного и придонного горизонтов, взвеси – только с подповерхностного горизонта.

Из загрязняющих веществ в поверхностных водах суши (оз. Биенда-стеммев и устье р. Грендсэльва) были обнаружены нефтяные углеводороды, ПАУ и ХОС, включая ПХБ и ТМ.

Суммарное содержание нефтяных углеводородов (НУ) в поверхностных водах озера Биенда-стеммев в период летне-осенней съемки находилось в пределах от $2,2$ до $4,3$ мкг/л, весной концентрации НУ были ниже предела чувствительности применявшегося метода анализа ($< 2,0$ мкг/л), в речных водах среднее содержание НУ составляло $15,4$ мкг/л.

Из 16 контролируемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в поверхностных озерных и речных водах был идентифицирован лишь нафталин, содержание которого в речных водах находилось в пределах от $2,4$ до $3,1$ нг/л, составляя в среднем $2,75$ нг/л. В озерных водах весной оно было в интервале $7,3$ – $10,9$ нг/л, летом и осенью – $2,1$ – $7,1$ нг/л. В период весенней съемки в водах озера были идентифицированы флуорен, содержание которого колебалось от $4,72$ до $6,59$ нг/л; фенантрен, концентрации которого менялись от $13,19$ до $14,86$ нг/л; бенз(б)флуорантен+перилен, содержание которого находилось в интервале $0,49$ – $0,6$ нг/л. Концентрации остальных индивидуальных соединений группы ПАУ были ниже предела обнаружения, что не позволяло их надежно идентифицировать. Концентрации суммы ПАУ в речных водах составляли $2,4$ – $3,1$ нг/л при среднем значении $2,75$ нг/л, в озерных водах весной они находились в пределах $27,94$ – $32,66$ нг/л при средней концентрации $29,55$ нг/л, а в период летне-осенней съемки – от $2,1$ до $7,1$ нг/л (среднее значение $2,75$ нг/л).

Из контролируемых хлорорганических соединений (ХОС) в пробах поверхностных вод в период наблюдений зафиксировано наличие ПХБ и пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ. Из 15 контролируемых индивидуальных ПХБ в поверхностном слое речных вод фиксировались конгенеры #28, #52, #105, #118, #153, в озерных водах весной были идентифицированы конгенеры #28, #52, #101, #105, #118, #138, а летом и осенью – конгенеры #52, #101, #105, #118, #153. Средние концентрации всех идентифицированных ХОС в речных водах составляли: для суммы ГХЦГ – $0,02$ нг/л; для суммы ДДТ – $0,08$ нг/л; для суммы ПХБ – $0,42$ нг/л. В поверхностных водах озера Биенда-стеммев средние концентрации идентифицированных ХОС составили в период весенней съемки: для суммы ГХЦГ – $0,59$ нг/л, для суммы ДДТ – $0,15$ нг/л, для суммы хлорбензолов – $0,08$ нг/л, для суммы ПХБ – $1,01$ нг/л; во время летне-осенних наблюдений: для суммы ГХЦГ – $0,02$ нг/л; для суммы ДДТ – $0,03$ нг/л; для суммы ПХБ – $0,27$ нг/л. Кон-

центрации суммы полихлорбензолов и полихлорциклодиенов в речных водах и озерных водах в период летне-осенней съемки были ниже пределов обнаружения использовавшегося аналитического метода ($< 0,05$ нг/л).

Концентрации тяжелых металлов в пробах речных вод находились в пределах: для железа – от 7,11 до 8,82 мкг/л, составляя в среднем 8,08 мкг/л; для марганца – от 13,3 до 17,3 мкг/л, что в среднем равнялось 15,1 мкг/л; для цинка – от 1,28 до 1,89 мкг/л (в среднем – 1,56 мкг/л); для никеля – от 6,75 до 7,8 мкг/л при средней концентрации 7,27 мкг/л; для кобальта – от 1,84 до 2,52 мкг/л (в среднем 2,19 мкг/л). Измеренные концентрации меди, хрома, кадмия, ртути и мышьяка находились ниже предела обнаружения ($< 0,2$, $< 0,02$, $< 0,07$, $< 0,005$ и $< 0,15$ мкг/л соответственно).

Отбор проб почв на содержание ЗВ производился в летний период на всех наземных точках сети мониторинга.

В почвах территории пос. Баренцбург и его окрестностей суммарное содержание нефтяных углеводородов изменялось в пределах от 15,8 до 490 мкг/г со средней величиной 134 мкг/г.

Содержание неполярных алифатических углеводородов в почвах находилось ниже предела чувствительности применявшегося аналитического метода ($< 0,1$ мкг/г).

Из контролируемых летучих ароматических углеводородов (ЛАУ) в почвах обследованного района были зафиксированы: бензол (до 5,1 нг/г), толуол (до 3,24 нг/г), этилбензол (до 4,95 нг/г), сумма мета- и пара-ксилолов (до 62,2 нг/г), орто-ксилол (до 37,6 нг/г), изопропилбензол (до 4,11 нг/г), псевдокумол (до 21,3 нг/г), сумма ЛАУ (до 108,61 нг/г). Во всех точках пробоотбора, находящихся в пределах санитарно-защитной зоны поселка, уровни содержания отдельных ЛАУ не превышали или были чуть выше предела обнаружения ($< 1,0$ нг/г), что свидетельствует о сугубо локальном загрязнении почв продуктами сгорания каменного угля.

Из 16 контролируемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в пробах почв были обнаружены нафталин, аценафтилен, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен, бенз(б)флуорантен+перилен, бенз(к)флуорантен, бенз(а)пирен, дибенз(а, h)антрацен, индено(1, 2, 3-сd)пирен и бенз(г, h, i)перилен.

Концентрации индивидуальных соединений ПАУ в пробах почв находились в следующих пределах: нафталина – от 38,9 до 421 нг/г, аценафтилена – от 4,4 до 13,3 нг/г, флуорена – от 5 до 18,6 нг/г, фенантрена – от 20 до 322 нг/г, антрацена – от 1,2 до 60 нг/г, флуорантена – от 2,8 до 58,9 нг/г, пирена – от 3,2 до 29,4 нг/г, бенз(а)антрацена – от 1,0 до 30,2 нг/г, хризена – от 0,3 до 17,7 нг/г, бенз(б)флуорантена + перилена – от 1,9 до 77,4 нг/г, бенз(к)флуорантена – от 0,6 до 24,3 нг/г, бенз(а)пирена – от 1,1 до 35,7 нг/г,

дибенз(а, h)антрацена – от 0,9 до 16,3 нг/г, индено(1, 2, 3-сd)пирена – от 1,6 до 14,3 нг/г, бенз(г, h, i)перилена – от 4,2 до 23,2 нг/г. Суммарное содержание соединений группы ПАУ изменялось в пределах от 104,0 до 877 нг/г.

Из контролируемых хлорорганических соединений (ХОС) в пробах почв было зафиксировано наличие полихлорбензолов, ПХБ и пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ. Из 15 контролируемых конгенов ПХБ в почвах обследованного района были идентифицированы #28, #52, #101, #105, #118, #138, #153, #156, #180. Максимальные концентрации ХОС достигали: для полихлорбензолов – 5,57 нг/г, для суммы ГХЦГ – 2,09 нг/г, для суммы ДДТ – 1307 нг/г, для конгенов: #28 – 47,6 нг, #52 – 1813 нг/г, #101 – 3028 нг/г, #105 – 2664 нг/г, #118 – 3964 нг/г, #138 – 2934 нг/г, #153 – 1838 нг/г, #156 – 367 нг/г, #180 – 246,5 нг/г, суммы ПХБ – 16905 нг/г.

Максимальное содержание отдельных конгенов ПХБ и их суммы было определено на территории пос. Баренцбург, на склоне ручья в районе расположения консульства, суммы хлорбензолов – в районе склада горношахтного оборудования и отвала № 1, суммы ГХЦГ – в районе расположения ЗГМО «Баренцбург», суммы ДДТ – на склоне ручья в районе расположения консульства.

Максимальные концентрации контролируемых тяжелых металлов в пробах почв, отобранных из слоя 0–5 см, составляли: железо – 28,7 мг/г, марганец – 384 мкг/г, цинк – 86,3 мкг/г, медь – 203 мкг/г, никель – 24,2 мкг/г, кобальт – 6,6 мкг/г, свинец – 22,4 мкг/г, кадмий – 0,26 мкг/г, хром – 16,2 мкг/г, ртуть – 0,18 мкг/г, мышьяк – 6,6 мкг/г. В образцах почв, отбиравшихся с глубины 20 см, наиболее высокое содержание тяжелых металлов составляло: железо – 35,5 мг/г, марганец – 365 мкг/г, цинк – 94,8 мкг/г, медь – 539 мкг/г, никель – 22,5 мкг/г, кобальт – 7,4 мкг/г, свинец – 17,7 мкг/г, кадмий – 0,25 мкг/г, хром – 14,7 мкг/г, ртуть – 0,13 мкг/г, мышьяк – 7,39 мкг/г.

В почвенных водах концентрации неполярных алифатических углеводородов (НАУ) и фенолов были ниже предела чувствительности методики анализа ($< 0,5$ мкг/л), что не позволяло их надежно идентифицировать.

Суммарное содержание нефтяных углеводородов (НУ) в почвенных водах изменялось в пределах 2,5–33,2 мкг/л.

Из контролируемых 7 летучих ароматических углеводородов (ЛАУ) в почвенных водах были идентифицированы 4 соединения: бензол, содержание которого находилось в пределах от 0,2 мкг/л до 0,3 мкг/л при среднем значении 0,23 мкг/л; толуол, концентрации которого изменялись от 0,1 мкг/л до 0,2 мкг/л со средним содержанием 0,15 мкг/л; орто-ксилол, среднее содержание которого составляло 0,23 мкг/л при размахе колебаний от 0,1 мкг/л до 0,3 мкг/л; псевдокумол (1, 2, 4-триметилбензол),

содержание которого изменялось от 0,1 мкг/л до 0,3 мкг/л при среднем значении 0,23 мкг/л. Содержание остальных 3 ЛАУ (этилбензола, суммы пара- и мета-ксилолов, изопропилбензола(кумола)) было ниже предела чувствительности методики анализа (<0,1 мкг/л), что не позволило их надежно идентифицировать.

Из 16 контролируемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в почвенных водах были обнаружены нафталин, флуорен, фенантрен, флуорантен, пирен, бенз(б)флуорантен+перилен и бенз(к)флуорантен. Содержание нафталина в среднем составляло 103,3 нг/л при размахе колебаний от 29,3 мкг/л до 211 мкг/л; флуорена в пределах от 2,3 до 43,2 нг/л при среднем значении 2,3 нг/л; фенантрена – в среднем 22,2 нг/л при диапазоне изменений от 8,36 нг/л до 42,6 нг/л; флуорантена, содержание которого находилось в интервале от 1,4 до 4,1 нг/л, в среднем составляя 2,3 нг/л; пирена, в среднем составлявшее 2,19 нг/л при размахе колебаний от 1,33 до 4,3 нг/л; бенз(б)флуорантена+перилена, концентрации которых колебались от 0,21 нг/л до 0,43 нг/л со средним содержанием 0,21 нг/л; бенз(к)флуорантена, содержание которого изменялось от 0,16 нг/л до 0,43 нг/л при средней величине 0,27 нг/л.

Суммарное содержание соединений группы ПАУ в пробах почвенных вод изменялось от 37,87 до 266,83 нг/л при среднем значении 141,43 нг/л.

Из контролируемых хлорорганических соединений (ХОС) в пробах почвенных вод в период наблюдений зафиксировано наличие полихлорбензолов, пестицидов групп ГХЦГ, ДДТ и ПХБ. Максимальные концентрации всех идентифицированных ХОС составляли: для полихлорбензолов – 0,32 нг/л; для суммы ГХЦГ – 0,91 нг/л; для суммы ДДТ – 2,81 нг/л; для суммы ПХБ – 3,36 нг/л. Были идентифицированы следующие конгенеры ПХБ: #28, содержание которого находилось в пределах от 0,1 до 0,41 нг/л; #52, концентрации которого колебались от 0,21 до 0,76 нг/л; #101, находившегося в интервале от 0,05 до 0,77 нг/л; #105, который содержался в пределах от 0,06 до 0,44 нг/л; #118, колебания концентраций которого составляли от 0,1 до 0,82 нг/л; #138, содержание которого изменялось от 0,06 до 0,42 нг/л; #153, концентрации которого варьировали от 0,05 до 0,36 нг/л; #156, уровни содержания которого находились в пределах от 0,06 до 0,11 нг/л, и #180, концентрации которого составляли от 0,06 до 0,09 нг/л.

Максимальные концентрации контролируемых тяжелых металлов в пробах почвенных вод составляли: для железа – 66,2 мкг/л, для марганца – 224,8 мкг/л, для цинка – 16,2 мкг/л, для меди – 4,2 мкг/л, для никеля – 8,7 мкг/л, для кобальта – 3,3 мкг/л, для свинца – 1,3 мкг/л, для кадмия – 0,15 мкг/л, для хрома – 0,34 мкг/л. Измеренные концентрации ртути и мышьяка находились ниже предела обнаружения (<0,005 и <0,1 мкг/л соответственно). Наибольшее загрязнение тяжелыми ме-

таллами было обнаружено в следующих точках: район свалки бытовых отходов (железо, медь, кобальт, хром); пос. Баренцбург, берег ручья в районе расположения консульства (марганец, никель); склад горношахтного оборудования, район отвала № 1 (цинк), а также район побережья Селисбукты (свинец, кадмий).

В целом химический состав почвенных вод является характерным для верхнего слоя вод урбанизированных районов, одним из основных источников питания которых являются атмосферные осадки с заметным содержанием загрязняющих веществ.

В растительном покрове территории поселка и его окрестностей, представленном сфагновыми мхами (*Sphagnum lindbergii*, *S. Obtusum*) и сосудистыми растениями (осоки (*Carex rotundata*, *C. rariflora*, *C. aquatilis*), пушицы (*Eriophorum russeolum*, *E. scheuchzeri*, *E. polystachion*), горец (*Archangelica norvegica*, *Filipendula ulmaria*, *Solidago lapponica*) и др., проводилось определение ПАУ, ХОС и тяжелых металлов.

Из контролируемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в пробах растительности были обнаружены нафталин, аценафтилен, флуорен, аценафтен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен, бенз(б)флуорантен+перилен, бенз(к)флуорантен, бенз(а)пирен, дибенз(а, h)антрацен, индено(1,2,3-сd)пирен, бенз(г, h, i)перилен.

Во мхах определялись следующие индивидуальные ПАУ: нафталин, содержание которого изменялось от 12,3 до 74,2 нг/г сухого веса (среднее значение – 39 нг/г); аценафтилен, уровни содержания которого находились в интервале от 6,1 до 9,2 нг/г при средней концентрации 7,42 нг/г; флуорен, концентрации которого колебались от 7,2 до 20,3 нг/г сухого веса при среднем содержании 12,9 нг/г; аценафтен, содержание которого варьировало от 6,8 до 11,2 нг/г со средней концентрацией 7,57 нг/г; фенантрен, средняя концентрация которого составляла 54,37 нг/г сухого веса при размахе колебаний содержания от 33,2 до 89,3 нг/г; антрацен, содержание которого находилось в пределах от 1,3 до 11,2 нг/г сухого веса при среднем значении 5,88 нг/г; флуорантен, содержаемое которого во мхах изменялось от 18,0 до 71,2 нг/г сухого веса со средним значением 43,38 нг/г; пирен, концентрации которого варьировали от 3,8 до 24,2 нг/г сухого веса при среднем содержании 12,75 нг/г; бенз(а)антрацен, который находился в интервале от 0,8 до 6,9 нг/г сухого веса при среднем значении 3,3 нг/г; хризен, уровни содержания которого находились в интервале от 2,4 до 11,6 нг/г сухого веса (среднее значение – 8,07 нг/г); бенз(б)флуорантен+перилен, суммарные концентрации которых изменялись от 8,2 до 42,3 нг/г сухого веса (средняя величина 22,22 нг/г); бенз(к)флуорантен, содержание которого менялось от 4,23 до 9,8 нг/г сухого веса при средней концентрации

5,55 нг/г); бенз(а)пирен, среднее содержание которого равнялось 5,35 нг/г сухого веса при диапазоне колебаний от 2,14 до 14,2 нг/г; дибенз(а,һ)антрацен, концентрации которого варьировали от 1,14 до 6,2 нг/г, в среднем составляя 3,28 нг/г; индено(1,2,3-сd)пирен, содержание которого во мхах колебалось от 0,5 до 2,49 нг/г сухого веса, составляя в среднем 1,36 нг/г; бенз(ɡ,һ,і)перилен, концентрации которого находились в интервале между 5,75 и 12,0 нг/г сухого веса при среднем содержании 7,7 нг/г.

В сосудистых растениях определялись следующие индивидуальные ПАУ: нафталин, содержание которого находилось в пределах от 2,6 до 23,1 нг/г сухого веса при среднем содержании 11,3 нг/г; аценафтилен, средняя концентрация которого составляла 5,3 нг/г сухого веса; флуорен, концентрации которого изменялись от 2,6 до 7,6 нг/г сухого веса при среднем значении 4,7 нг/г; аценафтен, средняя концентрация которого была равна 6,1 нг/г; фенантрен, средняя концентрация которого составляла 25,42 нг/г сухого веса при размахе колебаний от 14,3 до 38,9 нг/г; антрацен, уровни содержания которого находились в пределах от 0,5 до 9,3 нг/г сухого веса при средней концентрации 3,05 нг/г; флуорантен, содержание которого колебалось от 9,4 до 34,8 нг/г сухого веса при среднем значении 17,91 нг/г; пирен, концентрации которого менялись от 1,0 до 18,4 нг/г при средней концентрации 5,81 нг/г; бенз(а)антрацен, концентрации которого находились в интервале от 0,4 до 1,2 нг/г при среднем значении 0,78 нг/г; хризен, средняя концентрация которого была равна 2,32 нг/г сухого веса при размахе колебаний от 0,64 до 4,5 нг/г; бенз(Ь)флуорантен+перилен, содержание которых изменялось от 1,4 до 13,8 нг/г сухого веса при среднем содержании 7,98 нг/г; бенз(к)флуорантен, среднее содержание которого в сосудистых растениях составляло 1,21 нг/г сухого веса при диапазоне изменений от 0,6 до 2,11 нг/г; бенз(а)пирен, средняя концентрации составляла 0,87 нг/г сухого веса; дибенз(а,һ)антрацен, содержание которого находилось в пределах от 0,6 до 0,87 нг/г при среднем значении 0,735 нг/г; индено(1,2,3-сd)пирен, средняя концентрация была равна 0,85 нг/г при размахе колебаний от 0,6 до 1,1 нг/г; бенз(ɡ,һ,і)перилен, содержание которого находилось в диапазоне от 0,5 до 4,1 нг/г сухого веса при среднем значении 1,52 нг/г.

Суммарное содержание соединений группы ПАУ в пробах растительности изменялось в следующих пределах: у сосудистых растений от 44 до 123 нг/г (среднее – 79,9 нг/г), у мхов – от 127 до 295 нг/г (среднее 229 нг/г).

Концентрации ПАУ с малыми молекулярными весами соответствовали фоновым уровням. Концентрации соединений с большими молекулярными весами (фенантрена, бенз(Ь)флуорантена, бенз(к)флуорантена, бенз(а)пирена) были значи-

тельно выше, чем на фоновых территориях Арктики, что указывает на хроническое загрязнение растительного покрова территории поселка и сопредельных с ним территорий соединениями этой группы ЗВ.

Из контролируемых хлорорганических соединений (ХОС) в пробах растительного покрова зафиксировано наличие полихлорбензолов, полихлорциклодиенов, ПХБ и пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ. Из 15 контролируемых индивидуальных ПХБ во мхах и сосудистых растениях обследованного района были идентифицированы 9. Максимальные концентрации ХОС достигали: для суммы полихлорбензолов: во мхах – 1,18, в сосудистых растениях 1,26 нг/г; для суммы ГХЦГ: во мхах – 2,1, в сосудистых растениях – 2,87 нг/г, для суммы ДДТ: во мхах – 0,86, в сосудистых растениях – 1,12 нг/г; для суммы ПХБ: во мхах – 666, в сосудистых растениях – 118 нг/г.

Максимальные концентрации контролируемых тяжелых металлов в пробах растительности составляли: железо во мхах – 24651 мкг/г, в сосудистых растениях – 5733 мкг/г; марганец во мхах – 536 мкг/г, в сосудистых растениях – 670,8 мкг/г; цинк во мхах – 63,2 мкг/г, в сосудистых растениях – 39,7 мкг/г; медь во мхах – 15,8 мкг/г, в сосудистых растениях – 7,4 мкг/г; никель во мхах – 18,6 мкг/г, в сосудистых растениях – 7,64 мкг/г; кобальт во мхах – 4,9 мкг/г, в сосудистых растениях – 1,6 мкг/г; свинец во мхах – 11,2 мкг/г, в сосудистых растениях – 3,3 мкг/г; кадмий во мхах – 0,65 мкг/г, в сосудистых растениях – 0,13 мкг/г; хром во мхах – 11,2 мкг/г, в сосудистых растениях – 2,9 мкг/г; ртуть во мхах – 0,09 мкг/г, в сосудистых растениях – 0,041 мкг/г; мышьяк во мхах – 5,23 мкг/г, в сосудистых растениях – 3,6 мкг/г.

Относительно более высокие концентрации загрязняющих веществ характерны для мхов, более низкие – для сосудистых растений. Так, содержание железа во мхах превосходит таковое в горце в 4,3 раза, меди – в 2,1 раза, кобальта – в 3,1 раза, свинца – в 3,4 раза, кадмия – в 5 раз, хрома – в 3,9 раза, ртути в 2,2 раза, мышьяка – в 1,45 раза.

В целом содержание большинства ХОС и тяжелых металлов в растительном покрове обследованного района находится в пределах, характерных для фоновых районов Арктики. Концентрации ПХБ и соединений группы ПАУ (включая бенз(а)пирен) в растительном покрове района расположения пос. Баренцбург значительно выше, чем в фоновых районах Арктики. Опубликованные данные норвежских исследований по содержанию загрязняющих веществ в растительном покрове рассматриваемого района подтверждают эту оценку.

В целом полученные в результате мониторинга загрязнения данные и выполненные обобщения показывают, что содержания основных групп загрязняющих веществ в компонентах природных сред в районе расположения пос. Баренцбург являются характерными для районов развития угле-

добывающей промышленности и не являются критическими.

При этом загрязнение почв и растительного покрова на территории поселка в границах санитарно-защитной зоны ПХБ является следствием хозяйственной деятельности и носит локальный характер. Вне пределов территории пос. Баренцбург и его санитарно-защитной зоны уровни загрязнения почв и наземной растительности, а также донных отложений озера Биенда-стеммев находятся на уровне, характерном для района арктических тундр.

Следует отметить, что в 2008 г. по сравнению с предыдущими годами наблюдений (2002–2007 гг.) отмечено незначительное снижение уровней загрязнения компонентов природной среды (ат-

мосферный воздух, снежный покров, морские воды и воды водоемов суши, почвы и растительный покров) в районе расположения пос. Баренцбург и его окрестностей.

Выполненные Северо-Западным филиалом ГУ «НПО Тайфун» в 2008 г. на архипелаге Шпицберген работы по фоновому и локальному экологическому мониторингу позволили получить объективную оценку существующих уровней загрязнения компонентов природной среды в районах поселка Баренцбург и прилегающей акватории залива Грен-фьорд и существенно пополнить имеющийся банк данных наблюдений за период 2002–2007 гг.

Б.Н.ДЕМИН, А.П.ГРАЕВСКИЙ, А.С.ДЕМЕШКИН
(ГУ «НПО ТАЙФУН»)

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ЭКСПЕДИЦИОННОЙ ГРУППЫ ФГУ ГОИН НА ПОЛЯРНОЙ СТАНЦИИ БАРНЕО В СОСТАВЕ «ПАЛЭКС-2009»

Командировка экспедиционного отряда ГОИН на полярную станцию Барнео в составе международной Панарктической ледовой экспедиции «ПАЛЭКС-2009» была посвящена исследованиям нейтронного поля Земли и фонового состава аэрозоля в приземном слое атмосферы полярной области. Экспедиция ЛПГАХ ГОИН на полярную станцию Барнео в составе международной экспедиции «ПАЛЭКС-2009» проходила с 28 марта по 10 апреля 2009 года. В состав экспедиционной группы входили:

- экспедиционный отряд биологов ИО РАН под началом И.А.Мельникова;
- экспедиционный отряд гидрологии океана ИО РАН под началом С.А.Писарева;
- экспедиционный отряд ЛПГАХ ГОИН.

Основной целью полевых исследований был сбор аэрозолей и измерение фоновой плотности потока тепловых нейтронов в полярной области, а также в условиях авиaperелета по маршруту полярная станция Барнео – аэропорт города Лангйир.

Для достижения этой цели во время полевых работ были выполнены следующие измерения:

- сбор аэрозолей на АФА-фильтры;
- измерение нейтронного потока во время пребывания на ледовой базе Барнео;
- измерение нейтронного потока во время авиaperелета Барнео – аэропорт Лангйир с помощью нейтронного счетчика СТН1 № 3.

Аэрозольный эксперимент и его результаты. Пробоотбор аэрозолей проводился на аналитические фильтры АФА-РМП-3, побудителем расхода воздуха являлся пылесос «Karcher» NT 351 ECO, средняя скорость пробоотбора составляла 16,0 м³/ч. Экспозиция фильтров каждой серии составила 4 ч.

Сбор аэрозолей на фильтры производился в ясную погоду, облачность составила 1 балл, при встречном ветре, T = –34 °C (рис. 1).

Для элементного анализа фильтры упаковывали в специальные защелкивающиеся полипропиленовые пакеты. После доставки в лабораторию инкубировали в царской водке (10 мл) в течение 1 суток в тefлоновых бомбах. Далее минерализацию образцов проводили под давлением в микроволновой печи MDS2000. Во всех опытах вели обработку и последующий анализ контрольного фильтра.

Содержание элементов в аэрозольных фильтрах определяли с помощью атомно-адсорбционного спектрометра «SpectrAA-800» с электротермической атомизацией и эффектом Зеемана по протоколу фирмы «Varian» с модификациями по результатам международной интеркалибрации с лабораторией MEL МАГАТЭ (Монако).

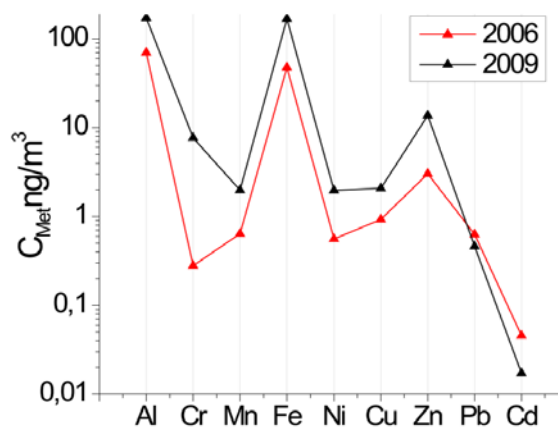


Рис. 1. Сравнение концентраций тяжелых металлов в аэрозольных пробах по данным 2006, 2009 гг. на полярной станции «Барнео»

Время измерений было выбрано так, чтобы исключить попадание авиационного топлива на фильтры, другими словами, сбор велся между рейсами Ан-72.

По итогам химического анализа проб были определены средние значения содержаний элементов: $0 < \text{Pb}, \text{Cd} < 1$; $1 < \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Cu}, \text{Ni} < 10$; $10 < \text{Zn}, \text{Fe}, \text{Al} < 200$.

Такие соотношения соответствуют встречаемости элементов в атмосфере. На рис. 1 приведено сравнение данных по содержанию тяжелых металлов в аэрозольных пробах 2006 и 2009 гг.

Проводя сравнение, необходимо учитывать, что плавучая станция в разные годы находилась в различных областях Арктики, однако подобное сравнение представляется интересным. Методика сбора аэрозолей на фильтры оставалась неизменной. Как видно на рисунке, общий вид графиков, тенденции и направления совпадают для всех элементов. Так, колебания концентраций осуществляются в следующих пределах: $0 < \text{Pb}, \text{Cd} < 1$; $1 < \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Cu}, \text{Ni} < 10$; $10 < \text{Zn}, \text{Fe}, \text{Al} < 200$. Концентрации тяжелых металлов отличаются в пределах одного порядка. Максимальная разница для концентрации Cr, минимальна для Al, Fe, Pb, Cd.

Эксперимент по дозиметрии плотности потока тепловых нейтронов и его результаты. Для измерения плотности потока тепловых нейтронов мы впервые использовали мобильный детектор (разработка НИИИТ Минатома). Установка обеспечивает регистрацию не менее 80 % нейтронов тепловых энергий. Счет нейтронов проводили каждую минуту (иные режимы специально указываются). В качестве биосенсора были использованы толстоскорлуповые цисты *A. salina*, так как толстая оболочка цисты обладает высокой степенью устойчивости (J.Vos et al., 1984; В.М.Быкова и др., 2002; А.В.Макрушин и др., 2006). Благодаря таким свойствам оболочки, циста *A. salina* способна переживать в течение многих лет неблагоприятные условия среды в состоянии анабиоза или диапаузы (Ю.А.Урманцев, 1979; Т.Л.Студеникина, 1986). Главным адаптационным механизмом к неблагоприятным воздействиям считается способность организма входить в состояние анабиоза или диапаузы (Т.Ю.Зотова и др., 2001). По данным исследований сотрудников нашей лаборатории ГОИН предыдущих лет, выявлено, что существует увеличение протонной подвижности в живых цистах, облученных природным фоновым нейтронным потоком в лесном биоценозе, и уменьшение подвижности в живых цистах, облученных в тропосфере во время авиaperелета.

Тепловые нейтроны выступают в роли раздражителя по отношению к внутренней среде покоящейся биосистемы, тем самым помогая ей находиться в анабиозе продолжительный период. При этом система не нуждается в расходе собственной энергии.

Следовательно, комбинацию препаратов сухих живых и мертвых цист *A. salina* можно рассматривать

в качестве биотестера интенсивного нейтронного потока, воздействующего на человека при высотных полетах. Биологический феномен ответа организма мертвой цисты *A. salina* является чувствительным показателем для неблагоприятного эффекта, вызванного космическим и авиapolетом. Говоря о проблеме биологических эффектов радиоактивного фона, особое внимание следует уделять космическому излучению, его вариациям и опасности для человека. С нашей точки зрения, корпускулярное излучение является фактором, оказывающим прямое влияние на функционирование живых систем на всех уровнях организации от простейших до человека (Ю.Г.Николаева, 2008).

Одним из приемов, применяемых в процессе эксперимента по дозиметрии плотности потока тепловых нейтронов, был прием замедления и накопления тепловых нейтронов в легкой воде. Химические свойства легкой воды позволяют с особой интенсивностью поглощать тепловые нейтроны за счет высокого содержания в ней изотопов протия. Эффект захвата объясняется также микроструктурой воды, в связи с чем существуют указание на то, что легкая вода обладает радиопротектерными свойствами. В проведенном эксперименте использовалась легкая вода производителя ЗАО «Легкая вода» со степенью очистки 4 ppm.

Эксперимент по дозиметрии плотности потока тепловых нейтронов проходил в два этапа. На первом этапе исследовался естественный фон потока на ледовой базе (рис. 2) в непосредственной близости от географического Северного полюса. Вторая часть эксперимента проводилась во время авиaperелета по маршруту Барнео – аэропорт г. Лангйир.

Максимальное значение соответствует $277 \text{ н}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$, минимальное значение составило $0,5 \text{ н}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$.

Дозиметрии радиационных потоков при авиaperелетах в настоящее время уделяется большое внимание. И только в последние годы появились ис-

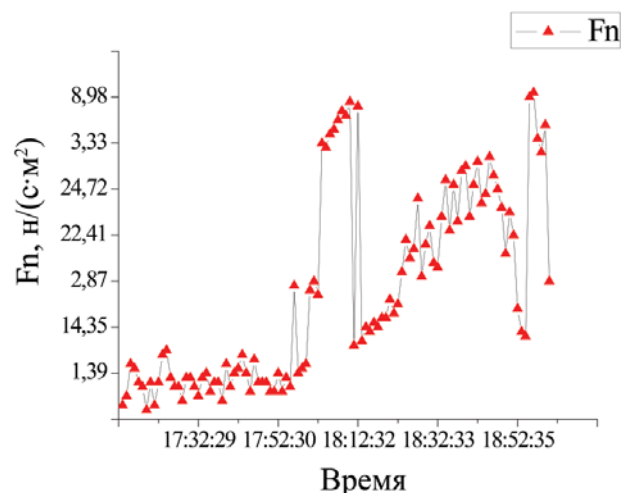


Рис. 2. Временной ход плотности потока тепловых нейтронов (F_n), полученные на ледовой станции «Барнео»

следования в области мониторинга тепловых нейтронов. В практическом плане такие исследования необходимы для обеспечения безопасности человека и технической безопасности при функционировании сложных радиоэлектронных устройств на поверхности Земли и при авиационных перевозках. Эксперимент по измерению нейтронного потока на высоте в 8500 метров производился во время перелета на самолете Ан-72.

Исходная точка измерений – ледовая база Барнео с координатами 89°42,8' с.ш., 41°06,5' з.д., окончание измерений – аэропорт города Лангйир с координатами 72°12,1' с.ш., 15°35,2' з.д. На рис. 3 можно видеть зависимость плотности потока тепловых нейтронов по время авиационного перелета Северный полюс – Шпицберген. Медианные значения плотности потока вторичного корпускулярного излучения нейтронов составили 256 н/(с·м²).

Максимальное значение соответствует 386 н/(с·м²), минимальное значение (1 н/(с·м²)) составило при взлете и посадке. Как видно, на высоте 8500 м величина плотности потока тепловых нейтронов достигает 386 н/(с·м²), превышая фоновую на 2 порядка.

Как видно из рис. 3, интенсивность потока тепловых нейтронов на высотах порядка 8000–9000 м зависит от того, есть ли на поверхности счетчика радиопротектерная прослойка. Становится актуальным решение задач разработки надежных методов экранирования человеческого организма (особенно головного мозга) от корпускулярного излучения высокой интенсивности (Е.З.Гак, Н.К.Белишева, 2006). Обычные методы защиты в виде металлических экранов недостаточны при нейтронном облучении. Для защиты от нейтронов высоких энергий могут быть полезны такие материалы, как вода, парафин и другие поглотители нейтронов.

Заключение. Таким образом, проведена дозиметрия фонового потока тепловых нейтронов, позволяющая создать представление о простран-

ственно-временной вариабельности плотности потока тепловых нейтронов у поверхности Земли и на различных высотах в арктической полярной области. Показано влияние легкой воды и биоиндикатора *Artemia salina* на уровень потока, найдены указания на защитные свойства легкой воды по отношению к тепловым нейтронам, установлено, что существует разница между поглощающей способностью легкой и бидистиллированной воды. По данным эксперимента выявлено, что существует разница между поглощающей способностью легкой и бидистиллированной воды. Также собраны данные о том, что плотность потока тепловых нейтронов на высоте авиaperелета и на полярной станции имеет различия в несколько порядков – от 12 (на станции) до 400 (на высоте 8500 м). По итогам камеральной обработки экспедиционных данных было установлено, что концентрации тяжелых металлов в аэрозольных пробах по данным измерений в 2006 и 2009 гг. отличаются в пределах одного порядка.

А.В.СЫРОЕШКИН, А.Н.ЧИЧАЕВ, М.А.ЧИЧАЕВА,
В.М.ГРУЗИНОВ (ЛПГАХ ФГУ ГОИИН)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быкова В.М., Немцев С.В. Сырьевые источники и способы получения хитина и хитозана. Получение, свойства и применение. М.: Наука, 2002. С. 7–23.
2. Гак Е.З., Белишева Н.К., Гак М.З. О роли космических лучей в гидрологических и биофизических процессах // Проблемы космической безопасности. СПб.: Изд-во «Интан», 2007. Кн. 11. Ч. 3. С. 229–251.
3. Кузмин Ю.Д. Регистрация интенсивности нейтронного потока на Камчатке в связи с прогнозом землетрясений // Материалы научно-технической конференции, 17–18 января 2006, Петропавловск-Камчатский, Геофизическая служба РАН. С. 149–155.
4. Лобышев В.И. Механизмы термодинамических и кинетических изотопных эффектов D2O в биологических системах. Автореф. диссертации д-ра биол. наук. М., 1987.
5. Макушин А.В., Лянгузова И.В. Оболочка пропагул беспозвоночных и растений: избирательная проницаемость и барьерные свойства // Журнал общей биологии, 2006. Т. 67. № 2. С. 120–126.
6. Матвеева И.С., Смирнов А.Н., Воденников Б.Д., Попов И.М., Семенов Д.С., Колесников М.В., Сыроешкин А.В. Облучение потоком нейтронов как тест на выживаемость спор *Artemia salina* // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2004. Т. 138. № 11. С. 530–534.
7. Николаева Ю.Г. Изучение механизмов устойчивости гетеротрофных организмов к неблагоприятным абиотическим факторам на примере цист *Artemia salina*, Автореф. дисс. канд. биол. наук. М., 2008.
8. Студеникина Т.Л. Биологические особенности рачка *Artemia salina* (L.) соленых озер юга Западной Сибири: Автореф. дисс. канд. биол. наук / Новосибирск, 1986. С. 9–16.
9. Урманцев Ю.А. Системный подход к проблеме устойчивости растений: Адекватность и интерпретация регрессионных уравнений зависимости соединений пигментов в листьях фасоли от одновременного действия на нее засухи и NaCl // Физиология растений. 1979. Т. 26. № 6. С. 1235–1243.
10. Фролов А.В. Выживаемость, скорость роста и состав липидов *Artemia salina* при различных условиях культивирования: Автореф. канд. биол. наук М., 1988. С. 16–20.
11. Vos J., Leger P., Vanhaecke P., Sorgeloos P. Quality evaluation of brine shrimp salt ponds // Hydrobiologia. 1984. V. 108 № 1. P. 17–23.

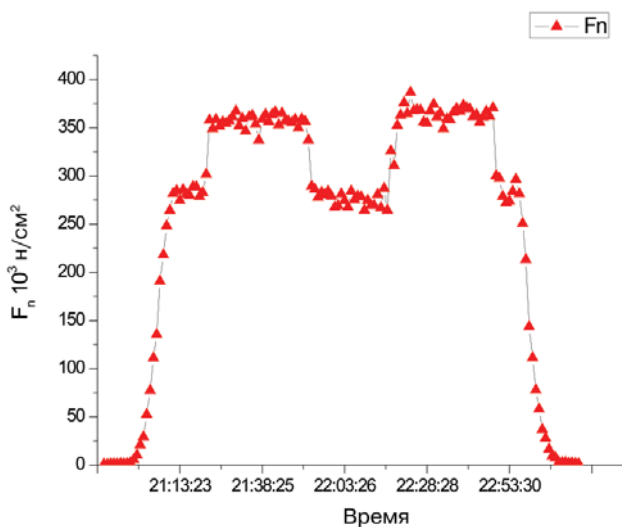


Рис. 3. Зависимость плотности потока тепловых нейтронов во время авиaperелета Северный полюс – Шпицберген

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ МОРСКОГО ЛЬДА ЦЕНТРАЛЬНОГО АРКТИЧЕСКОГО БАСЕЙНА ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ В ПЕРИОД ПРОВЕДЕНИЯ МПГ

В последние два десятилетия в Арктике наблюдается четкий температурный тренд в сторону потепления. Потепление привело к уменьшению ледового покрова в Северном Ледовитом океане (СЛО), как по площади (http://nsidc.org/data/seaice_index/n_plot.html), так и по толщине (Parkinson et al., 1999; Rothrock et al., 1999 и др.), вследствие более интенсивного таяния. В пределах поверхностного 0–30 м слоя происходит накопление талой воды, гидрологические и гидрохимические характеристики которой заметно изменились: вода стала более теплой и более пресной (Carmack et al., 1995; Cavaliere et al., 1997; Serreze, Maslanik, 1997; Morison et al., 1998; McPhee et al., 1998; и др.). Наблюдаемые климатические изменения и связанные с ними изменения ледовой среды привели к заметным изменениям в составе, структуре и функционировании биологических сообществ, населяющих морской лед и поверхностную воду (Melnikov et al., 1998; Melnikov, 2000; Melnikov, Kolosova, 2001, Melnikov et al., 2001). Сравнительный анализ материалов, собранных в антициклональном круговороте СЛО в период работы дрейфующих станций «Северный полюс-22», «Северный полюс-23» и «Северный полюс-24» в 1975–1981 гг. и в международном эксперименте SHEBA (Surface Heat Budget in the Arctic Ocean) в 1997–1998 гг., показал, что численность видов ледовых диатомовых водорослей заметно уменьшилась, причем одновременно возросла роль динофитовых водорослей. Резко сократилась численность беспозвоночных животных, таких как нематоды, копеподы, амфиподы, турбеллярии, доминировавшие ранее в толще многолетних льдов (Melnikov et al., 2002).

Эти результаты были получены, главным образом, по наблюдениям в Канадском секторе СЛО. Аналогичные данные по центральным районам Арктического бассейна и особенно в околуполосном районе СЛО до начала проведения Международного полярного года в 2007–2008 гг. были недостаточны, чтобы судить об изменениях в экосистеме арктического морского льда. Вместе с тем было важно понять, являются ли уменьшение площади и толщины многолетнего льда вследствие та-

яния, а также потепление и распреснение поверхностных вод в Канадском секторе СЛО локальными или имеют глобальный характер, связанный с процессами в целом для всего океана? До настоящего времени информация по данному вопросу весьма ограничена, поэтому основной целью проекта МПГ «Панарктическая ледовая дрейфующая экспедиция» (ПАЛЭКС) явилась оценка состояния экосистемы морского льда и подледного водного слоя в околуполосном районе СЛО.

В настоящей работе анализируются данные наблюдений в период проведения МПГ (2007–2008 гг.), а также частично данные наблюдений в апреле 2009 г. (Мельников, 2007; 2008; 2009), которые сравниваются с аналогичными данными, полученными три десятилетия назад в центральных районах СЛО.

Район работ, материал и методы наблюдений. Полевые работы по проекту ПАЛЭКС (<http://www.raicex.ru>) были выполнены в дрейфующих лагерях вблизи ледовой базы «Барнео», которую ежегодно организует российский экспедиционный центр «Полюс» в районе географического полюса СЛО (<http://www.barneo.ru>). В 2007 г. полевые работы охватывали период с 6 по 26 апреля, за который ледовый лагерь дрейфовал от первоначальных позиций на 89° 30' с.ш. сначала к Северному полюсу, а затем строго на юг до 88° 57' с.ш. Научная концепция ПАЛЭКС 2007 г. была сохранена в 2008 и 2009 гг. Полевые работы в 2008 г. были организованы на том же ледовом поле, где располагалась ледовая база «Барнео», и продолжались с 1 по 20 апреля. За это время ледовое поле дрейфовало на юг от 89° 01' с.ш. и 05° 01' в.д. до 88° 30' с.ш. и 11° 02' в.д. В апреле 2009 г. аналогичные исследования в этом районе СЛО были выполнены с 2 по 22 апреля, за который дрейф проходил на юг от 89° 51' с.ш. и 71° 52' в.д. до 88° 34' с.ш. и 02° 07' в.д.

На рис. 1 показаны дрейфы ПАЛЭКС в 2007, 2008 и 2009 гг., построенные по ежесуточным 09.00 часовым утренним координатам.

Важной особенностью экспедиций явилось выполнение наблюдений с использованием единых методов и орудий сбора материала в пределах мезомасштабного полигона. Для сбора ледовых кернов на предмет

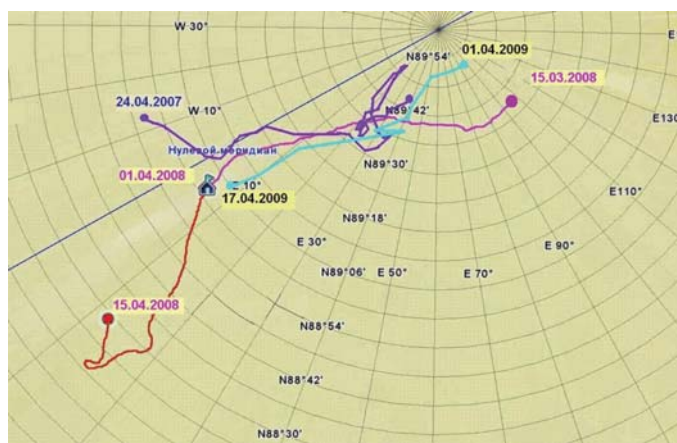


Рис. 1. Дрейф ледовых лагерей Панарктической ледовой дрейфующей экспедиции (ПАЛЭКС) в 2007, 2008 и 2009 гг.

криобиологического анализа использовали мотобур фирмы «Тапака» со шнеками фирмы «Kovaks». Записи вертикальных профилей температуры и солености выполняли с помощью STD-зондов производства компании Sea-Bird Electronics (США) от поверхности до глубины 1000 м. Планктонные ловы выполняли

сетью Джели с входным отверстием 37 см и диаметром фильтрующего конуса 50 см, снаряженной планктонным ситом с размером ячеек 150 мкм; скорость подъема сети в момент лова 20 см/с. Для сбора планктона с нижней поверхности льда в каждой экспедиции ПАЛЭКС выполняли подледные водолазные работы с использованием легководолазного снаряжения. Сборы планктона выполняли с помощью сачка с входным отверстием 20×40 см и планктонным ситом 150 мкм. Помимо наблюдений в стационарных лагерях в период экспедиций действовала мобильная группа, целью которой

было проведение измерений толщины снежно-ледяного покрова в районах дрейфа. Измерения толщины снега и льда проводили в направлениях на север, юг, восток, запад от базового лагеря через каждые 100 м. Собранные пробы льда и воды обработаны в стационарных условиях лабораторий Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН и Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН.

Результаты. По данным наблюдений, в околополюсном районе СЛО средняя толщина льда в период

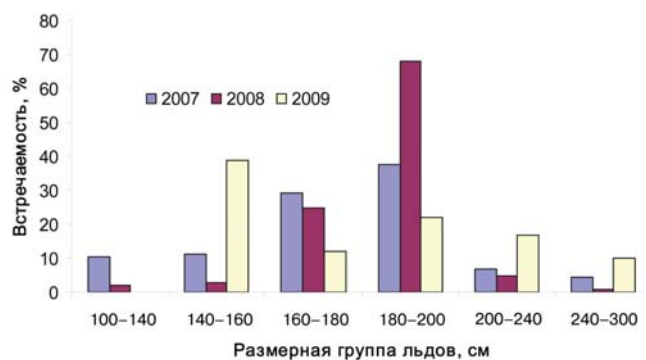


Рис. 2. Встречаемость размерных групп льдов в околополюсном районе СЛО по данным наблюдений в ПАЛЭКС 2007–2009 гг.

летнего льда (группа льдов 240–300 см): так, в 2007 г. керны льда толщиной более 240 см были встречены 6 раз в 133 измерениях, а в 2008 г. ни разу в 203 измерениях (рис. 2). Величины солености отражают типичное

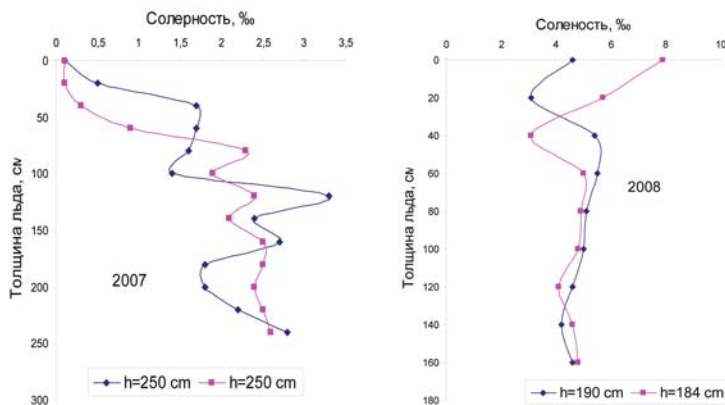


Рис. 3. Вертикальное распределение солености в многолетних и сезонных льдах по наблюдениям в околополюсном районе СЛО в период работ ПАЛЭКС (апрель 2007 и апрель 2008 гг.)

вертикальное распределение, характерное для солености сезонного льда в пределах 5–8 ‰ по всей толще в группе 180–200 см и многолетнего льда в группе 240–300 см от значений 0,1–0,5 ‰ в верхних и до 2–3 ‰ в нижних слоях (рис. 3). Содержание минеральных форм кремния и фосфора существенно увеличилось в верхнем 30–40 см слое, что, вероятно, связано с особенностями физических и химических процессов формирования льда в последние годы, когда наблюдается интенсивное таяние ледового покрова (рис. 4). Гидрофизические характеристики поверхностной арктической водной массы заметно изменились за период наблюдений 2007–2009 гг.: соленость в водном слое 40–50 м уменьшилась на 2,5 ‰, а температура увеличилась на 0,2 °С (рис. 5), что свидетельствует о распреснении и потеплении

верхнего слоя океана за последние три года, вероятно, из-за на-

Таблица 1. Толщина снега и льда в период наблюдений экспедиций ПАЛЭКС (2007–2009 гг.)

ПАЛЭКС-2007				
Направление	Количество измерений	Дистанция, м	Средняя толщина, см	
			Лед	Снег
Запад	25	4000	174	24
Восток	28	3400	181	26
Юг	31	4700	185	24
Север	36	4000	170	26
Всего	119	16100	178	25
ПАЛЭКС-2008				
Направление	Количество измерений	Дистанция, м	Средняя толщина, см	
			Лед	Снег
Запад	40	4200	185	6
Восток	51	4800	182	6
Юг	52	7100	181	4
Север	60	6400	179	5
Всего	203	22500	182	5
ПАЛЭКС-2009				
Направление	Количество измерений	Дистанция, м	Средняя толщина, см	
			Лед	Снег
Запад	11	1100	175	18
Восток	9	900	154	5
Юг	10	1000	183	9
Север	10	1000	221	10
Всего	40	3900	183	11

блюдаемого таяния морского льда в центральных районах СЛО.

В 2007 г. состав флоры морского льда включал 62 вида водорослей из трех отделов, в том числе 51 диатомовых; наиболее разнообразные – роды *Thalassiosira* (8), *Navicula* (7), *Nitzschia* (6) и *Chaetoceros* (5 видов). Численность клеток водорослей составляла 103–104 кл/л, среди них преобладали

– *Nitzschia frigida*, *N. polaris* и *Fragilariopsis cylindrus*. В 2008 г. в пробах льда было обнаружено 45 видов водорослей из трех отделов, в том числе 27 диатомовых. Наиболее разнообразные – роды *Chaetoceros* (8 видов) и *Nitzschia* (5). Численность водорослей составляла 102–104 кл/л, среди них доминировали *Rhizosolenia hebetata f. semispina* и *Cylindrotheca closterium*. В 2009 г. всего был идентифицирован 31 вид из трех отделов. Интересно отметить,

что в пробах льда 2009 г. в массе были представлены планктонные формы, характерные для весеннего (частично даже для летнего!) «цветения»: виды родов *Pseudo-nitzschia*, *Nitzschia*, *Chaetoceros* и *Thalassiosira*. Только виды *Fossula arctica*, *Navicula spp.*, *Fragilariopsis cylindrus*, *Cylindrotheca closterium* и *Entomoneis paludosa var. hyperborea* относятся к ледовым и планкто-ледовым формам. Весьма любопытно также нахождение мощных включений диатомовых в толще льда, придающих ледовому слою бурю окраску (рис. 6). Положение слоев было различным: в первом случае на расстоянии 30–40 см от верхней (снежной) поверхности льда толщиной 198 см, а во втором, напротив, в 30–40 см от нижней (морской) поверхности льда, толщина которого достигала 200 см. Образование таких слоев во льду, на наш взгляд, происходит следующим образом: толщина остаточного после летнего таяния льда составляла в первом случае 30–40 см, а во втором – около 140–160 см. В период осенней стадии сукцессии водорослей последние могли активно развиваться на нижней морской поверхности льда, что привело к образованию мощного бурого слоя. Как известно, лед растет снизу, поэтому зимой на этот (старый) лед нарастают новые слои и диатомовые водоросли оказываются

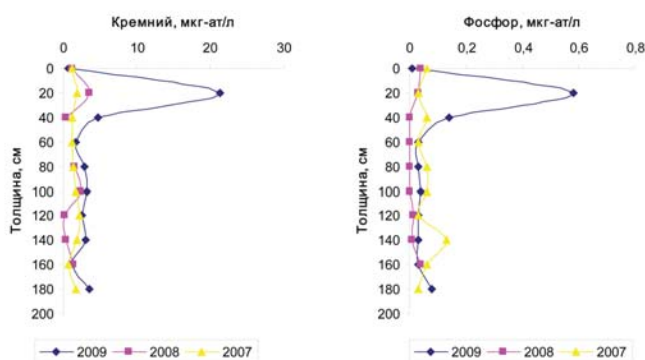


Рис. 4. Вертикальное распределение минеральных форм кремния и фосфора в морском льду толщиной 195 см (ПАЛЭКС-2007), 190 см (ПАЛЭКС-2008) и 198 см (ПАЛЭКС-2009)

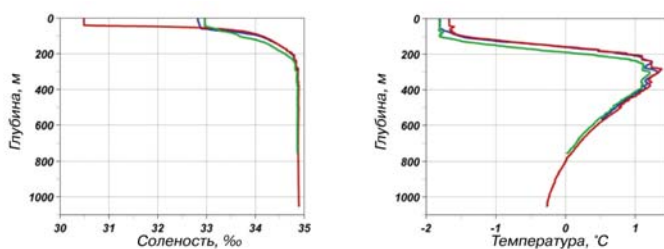


Рис. 5. Распределение солености и температуры в водном слое 0–1000 м по данным СТД-зондирования в районе дрейфа ПАЛЭКС 14 апреля 2007 г. (синий), 2008 г. (зеленый) и 2009 г. (красный цвет)

ность видов ледовой флоры уменьшилась за этот период вдвое. Заметно обеднение таксономического состава водорослей: из 62 видов, идентифицированных в 2007 г. только 17 видов являются общими со списком 2008 г. и 9 видов со списком 2009 г. Кроме того, в каждом из исследованных фитоценозов доминируют различные виды: так в ледовом фитоценозе 2007 г. по численности клеток доминировали *Nitzschia frigida*, *N. polaris* и *Fragilariopsis cylindrus*, в 2008 г. – *Rhizosolenia hebetata f. semispina* и *Cylindrotheca closterium*, а в 2009 г. – *Fossula arctica*. Отмечено также возрастающая роль динофитовых водорослей.

Ледовая фауна, обитающая в межкристаллических пространствах, главным образом, в нижних слоях льда, оказалась поразительно бедной: в большинстве просмотренных проб, собранных в период 2007–2009 гг., были отмечены только отдельные особи коловраток (*Rotatoria*), а такие характерные виды криоинтерстициального биоценоза, как нематоды, турбеллярии, молодь амфипод, копепод, ранее обильно встречавшиеся в центральных районах СЛО, в исследуемый период не были встречены ни разу. Аналогично бедна криопелагическая фауна, связанная с обитанием на нижней (морской) поверхности льда: в пробах, собранных во время водолазных работ подо льдом в период дрейфа ПАЛЭКС в апреле 2007, 2008 и 2009 гг. были идентифицированы молодь амфиподы *Apherusa glacialis* и единичные особи *Oithona similis* и *Calanus glacialis*.

В планктоне, собранном в апреле 2007 г., идентифицировано 25 таксонов, из которых 13 видов приходится на отряд *Sopropoda*. Данные по соотношению численности доминирующих видов зооплан-

включенными (вмерзшими) в его толщу. Существенная разница в численности диатомовых в пробах свидетельствует о неоднородности и случайности сложившихся условий консервации водорослей.

Обращает на себя внимание заметное уменьшение количества видов за время наблюдений: 62 вида в 2007 г., 45 в 2008 г. и 31 в 2009 г., т.е. численность видов ледовой флоры уменьшилась за этот период вдвое. Заметно обеднение таксономического состава водорослей: из 62 видов, идентифицированных в 2007 г. только 17 видов являются общими со списком 2008 г. и 9 видов со списком 2009 г. Кроме того, в каждом из исследованных фитоценозов доминируют различные виды: так в ледовом фитоценозе 2007 г. по численности клеток доминировали *Nitzschia frigida*, *N. polaris* и *Fragilariopsis*

ктонна (*Calanus glacialis*, *C. hyperboreus*, *Metridia longa*, *Pseudocalanus minutus*, *Scaphocalanus magnus*, *S. longicornis*, *Microcalanus pygmaeus*, *Oithona similis*, *Eukrohnia hamata*) показывают, что межвидовое соотношение сохраняется на всех станциях, но общая численность в слое 0–300 м различается значительно, что может быть связано с пространственной неоднородностью в распределении зоопланктона по глубине. Данные по слою 0–50 м показывают, что в это время года в поверхностной арктической водной массе доминирует только один вид – *Oithona similis* (рис. 7). В планктоне ПАЛЭКС-2009 идентифицировано 32 таксона, из которых по численности в слое 0–300 м доминируют *Calanus glacialis*, *C. hyperboreus*, *Metridia longa*, *Pseudocalanus minutus*, *Spinocalanus longicornis*, *Microcalanus pygmaeus*, *Oithona similis*, *Oncaea notopus*. Фауна в слое 0–50 м бедна как по видовому составу, так и по численности: в это время года в поверхностной арктической водной массе доминирует только один вид – *Oithona similis*, другие виды – *Calanus glacialis*, *Metridia longa*, *Microcalanus pygmaeus*, *Paraeuchaeta glacialis* встречены здесь в единичных экземплярах. Отмечено высокое сходство по численности и видовому составу зоопланктона и криопелагической фауны в сборах 2007 и 2008 гг.

Обсуждение. Исследованиями в последнее десятилетие выявлено заметное изменение качественного и количественного состава биоты морского льда в СЛО по сравнению с составом в середине 70-х годов прошлого столетия. Так, общий список ледовых водорослей, идентифицированных за период 1975–1981 гг. насчитывает 171 вид (Мельников, 1989), а по наблюдениям в период 2007–2009 гг. около 60 видов. Преобладание морских диатомовых водорослей было важной особенностью фитоценоза морских льдов в 70-е годы, а в последнее десятилетие их доминирование заметно снижается и возрастает роль других групп. Изменился также и состав ледовой фауны. Такие массовые представители простейших и беспозвоночных, как фораминиферы, тинтиниды, клещи, нематоды, турбеллярии, коловратки, копеподы и амфиподы, связанные с обитанием в толще льда в 70-е годы (Мельников, 1989), в последнее десятилетие встречаются редко или в виде отдельных фрагментов тел этих организмов. Чтобы понять причины выявленных различий, необходимо рассмотреть особенности состава и динамики современного ледового покрова СЛО, а также особенности формирования и функционирования экосистемы многолетнего и сезонного льда.

В середине 70-х годов прошлого века площадь морского льда в СЛО в момент его максимального развития составляла 8,43 млн км² (Атлас океанов, 1980) и, по данным спутниковых наблюдений, в 1973–1976 гг. не наблюдалось заметных межгодовых колебаний (Carsey, 1982; NASA, 1987). С начала 80-х в Арктике наблюдается потепление и, как след-

ствие, сокращение площади льда, которое особенно заметно в последнее десятилетие: 7 млн км² в 2000 г., 5,32 млн км² в 2005 г. и 4,14 млн км² в 2007 г. (http://nsidc.org/data/seaice_index/n_plot.html). Приведенные данные отражают площадь льда, остающегося после летнего таяния на акватории океана (сентябрь). Наиболее устойчивой частью ледового покрова являются многолетние льды, поэтому величина 4,14 млн км² отражает площадь именно многолетнего льда, пережившего активное летнее таяние 2007 г. Если в 70-е годы площадь многолетнего льда в зимний период составляла 70–80 % площади СЛО (Захаров, 1981), то в феврале 2008 г. только 30 %, что на 10 % менее чем в 2007 г. При этом остаточный лед становится моложе: с середины до конца 80-х, более 20 % арктического морского льда было старше 8 лет, а в феврале 2008 г. только 6 % льда имело возраст 6 лет (http://nsidc.org/data/seaice_index/n_plot.html). Приводимые здесь данные о сокращении площади морского ледового покрова не означают, что ледовый покров полностью исчезает. Речь идет только об уменьшении площади многолетнего льда, которое приводит к увеличению площади открытой воды, где формируются сезонные льды в зимний период, т.е. в настоящее время идет динамичный процесс перестроения в составе морского ледового покрова СЛО с доминирования многолетних на доминирование сезонных льдов, физические и биологические характеристики которых принципиально различаются.

Основными физическими показателями различий между многолетними и однолетними льдами являются толщина и соленость. Как известно, чем старше лед, тем он мощнее и преснее, и наоборот.

В условиях стабильного климата, многолетний морской лед – это целостная и устойчивая во времени экологическая система с постоянным видовым составом флоры и фауны (Мельников, 1989). Ее устойчивость сохраняется за счет поддержания среднеравновесной толщины, вследствие летнего стаивания сверху и зимнего компенсационного нарастания снизу (Зубов, 1945). Это свойство можно определить как гомеостаз ледового покрова – способность сохранять свою среднеравновесную толщину, имеет важное экологическое значение. Оно выражается в том, что вертикальная структура населяющих ледовый покров биологических сообществ сохраняется в результате действия двух разнонаправленных потоков: 1) движения кристаллической структуры снизу вверх, вследствие термодинамических процессов ледотаяния и ледообразования, и 2) встречного пассивного и/или активного движения самих организмов сверху вниз. Зимнее нарастание льда происходит снизу на уже существующий лед, толщина которого после летнего таяния сохраняется до 2 м, и организмы, заселяющие эти растущие снизу слои, находятся в мягких температурных условиях, близких к температуре морской воды (около –2 °С), что способствует их выживанию в зимний

период. Наличие сбалансированной связи между районами продуцирования и выноса многолетнего льда из бассейна, особенности его циркуляции в совокупности с механизмами, поддерживающими постоянство видового состава ледовых организмов в пределах вертикальной кристаллической структуры, в целом определяют стабильность экосистемы многолетнего льда в пространстве СЛО.

Напротив, сезонные льды – это зависимая и неустойчивая во времени экосистема, продолжительность существования которой определяется комплексом факторов среды, среди которых наиболее важным считается температура. Формирование сезонных льдов начинается на открытой воде при низкой температуре воздуха.

Когда образуются первые слои, то в ледовую кристаллическую структуру нижнего растущего слоя механически захватываются планктонные организмы, находящиеся в данный момент в воде. Поскольку качественный и количественный состав планктона в воде в осеннее-зимний период беден, то количество включенных в лед организмов оказывается невелико. Те же организмы, которые оказываются механически включенными в лед, попадают в условия сильного охлаждения, поскольку верхняя поверхность контактирует с воздухом, температура которого в этот период понижается до минус 30–40 °С, и часть из них выживает, а большинство организмов из-за резкого охлаждения погибает. Вероятно, поэтому весной, в период максимального развития льда, в его толще встречаются единичные клетки водорослей, простейших и отдельные экземпляры беспозвоночных организмов, механически включенные в структуру льда в период зимнего роста. В осенний период, при низкой температуре воздуха и интенсивном накоплении снега на льду, могут возникать условия для формирования так называемого инфильтрационного льда (термин В.Х. Буйницкого, 1973). Когда лед еще тонкий и вес снега становится существенным по отношению к весу самого льда, лед притапливается ниже уровня моря так, что морская вода вместе с клетками планктонных водорослей поднимается по капиллярной системе к границе «лед–снег». Поскольку снег является



Рис. 6. Положение включений диатомовых водорослей во льду толщиной 198 см, 7 апреля 2009 г.

хорошим теплоизолятором и света еще достаточно для фотосинтеза, в этом слое создаются благоприятные условия для развития водорослей. Биомасса водорослей и концентрация синтезируемого ими органического вещества в этом слое многократно превышают такие показатели в воде подо льдом. Такие льды впервые были встречены в период работ экспедиции НЭС «Академик Федоров» в Канадском секторе СЛО на 82° с.ш. и 170° з.д. в сентябре 2000 г. Формирование инфильтрационных льдов – явление типично антарктическое (Буйницкий, 1973), и в настоящий момент нет прямых свидетельств дальнейшего развития инфильтрационных льдов в СЛО. Однако, с учетом возрастающей роли сезонных льдов и увеличения снежных осад-

ков в Арктике, можно предполагать, что этот процесс будет продолжаться.

Сравнивая механизмы формирования этих двух типов морского льда, можно заключить, что главной причиной выявленных различий между составом биологических сообществ морского льда в 70-е годы и последнего десятилетия является то, что рассматривались и сравнивались две разные по структуре и функционированию экосистемы многолетнего и сезонного морского льда. Действительно, в первом случае постоянный видовой состав водорослей и фауны беспозвоночных поддерживался механизмами, формирующими среднеравновесную толщину, и процессами заселения и развития организмов в пределах вертикальной кристаллической структуры льда. В его составе преобладали водоросли бентического типа, адаптированные к обитанию в условиях твердого субстрата и способные к передвижению в узких межкристаллических пространствах льда. Во втором случае видовой состав ледовой флоры формировался непосредственно из воды и представлен в основном типичными планктонными формами, образующими длинные цепочки из клеток и развивающимися в основном в нижнем слое льда или на его нижней поверхности (Мельников, 1989).

Таким образом, в современном морском арктическом ледовом покрове сосуществуют две различные по составу и функционированию экологические системы многолетнего и сезонного льдов. Поскольку доля пер-

вой динамично уменьшается и одновременно возрастает доля последней, то на данном этапе происходит постепенное перестроение в экосистеме пелагиали СЛО. Если такая динамика сохранится, то можно предположить, что со временем морская Арктика будет приобретать черты морской Антарктики. Действительно, в Южном океане ледовый покров исчезает летом и восстанавливается зимой. Сезонные льды доминируют, занимая более 80 % площади ледового покрова в течение 8 месяцев, а многолетние – менее 20 % его площади (NASA, 1983). Сезонный лед в Южном океане развивается на акватории к северу от 70° ю.ш., в этих широтах нет продолжительной полярной ночи и света зимой достаточно для поддержания фотосинтеза ледовой флоры (Melnikov, 1998). Суммарная органическая продукция Антарктики создается в основном фитопланктоном в летний период и частично флорой инфильтрационных льдов зимой. Напротив, весь морской арктический ледовый покров расположен к северу от 70° с.ш. и все биологические сообщества развиваются в более жестких условиях среды. В центральных районах, постоянно занятых морским ледовым покровом, суммарная органическая продукция складывается из продукции, создаваемой водорослями многолетнего льда (более 90 %), и продукции водорослей сезонных льдов и фитопланктона, на долю которых приходится менее 10 % (Мельников, 1989). В районах, где доминируют сезонные льды, например на акватории арктических морей, вскрывающихся летом ото льда, органическая продукция фитопланктона составляет 97–99 % (Subba, Platt, 1984). В настоящее время в центральных районах СЛО происходит перестроение функционирования экосистемы пелагиали к условиям сезонного цикла развития ледового покрова, поэтому здесь следует ожидать роста органической продукции, создаваемой фитопланктоном, и уменьшения вклада ледовой флоры многолетних льдов. Такой цикл развития может привести к перестроению всей низшей трофической структуры океана и, возможно, отразится на всех высших звеньях трофической сети, включая рыб, птиц и млекопитающих.

Научные работы по проекту МПГ ПАЛЭКС в 2007–2009 гг. были выполнены коллективом сотрудников Института океанологии им. П.П.Ширшова РАН, Арктического и антарктического научно-исследовательского института и Ботанического института им. В.Л.Комарова РАН при финансовой поддержке Госкомгидромета, Российской академии наук, Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ 08-05-00219) и НО «Полярный Фонд». Логистическая помощь экспедиции была оказана Экспедиционным центром Арктики и Антарктики «Полюс» Агентством ВИКААР, Ассоциацией Полярников России, сводной группой «Газпромавиа» и АК «Таймыр», которым выражается глубокая благодарность за помощь в организации и проведении исследований.

И.А.МЕЛЬНИКОВ, Р.М.ГОГОРЕВ (АНИИ)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас океанов. Северный Ледовитый океан. Глав. ред. Атласов океанов Центр. Картогр. Произв. ВМФ СССР, 1980. 184 с.
2. Буйницкий В.Х. Морские льды и айсберги Антарктики. Л.: ЛГУ, 1973. 255 с.
3. Захаров В.Ф. Льды Арктики и современные природные процессы. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 136 с.
4. Зубов Н.Н. Льды Арктики. М.: ГУСМП, 1945. 360 с.
5. Мельников И.А. Экосистема арктического морского льда. М.: ИО АН СССР, 1989. 191 с.
6. Мельников И.А. Панарктическая ледовая дрейфующая экспедиция // Океанология, 2007. Т. 47(6). С. 952–954.
7. Мельников И.А. Исследования на дрейфующей ледовой станции в апреле 2008 г. // Океанология, 2008 Т. 46(6). (в печати).
8. Мельников И.А. Панарктическая ледовая дрейфующая экспедиция: 2009 // Океанология, 2009. Т. 47(6). С. 952–954.
9. Carsey F.D. // J. Geophys. Res. 1982. Vol. 89. P. 7245–7258.
10. Carmack E.C., Macdonald R.W., Perkin R.G., McLaughlin F.A., and Pearson R.J. Evidence for warming of Atlantic water in the southern Canadian Basin of the Arctic Ocean: Results from the Larson-93 expedition // Geophysical Research Letters. 1995. Vol. 22. P. 1061–1064.
11. Cavaliere D.J., P. Gloersen, C.L. Parkinson, J.C. Comiso, and H.J. Zwally. Observed hemispheric asymmetry in global sea ice changes // Science. 1997. Vol. 278. P. 1104–1106.
12. http://nsidc.org/data/seaice_index/n_plot.html (дата посещения 11.03.2010)
13. <http://www.paicex.ru> (дата посещения 11.03.2010)
14. <http://www.barneo.ru> (дата посещения 11.03.2010)
15. McPhee M., Stanton T.P., Morison J.H. and Martinson D.G. Freshening of the upper ocean in the Arctic: is perennial sea ice disappearing? // Geophysical Research Letters. 1998. Vol. 25. P. 1729–1732.
16. Melnikov I.A. The Arctic Sea Ice Ecosystems and Global Warming. In: Huntington, H.P. (ed.). Impacts of Changes in Sea Ice and Other Environmental Parameters in the Arctic // Report of the Marine Mammal Commission Workshop, 15–17 February 2000, Girdwood, Alaska. 2000. P. 94–110.
17. Melnikov I.A., Kolosova E.G. The Canada Basin zooplankton in recent environmental changes in the Arctic Ocean // Proceedings of the Arctic Regional Centre. 2001. Vol. 3. P.165–176.
18. Melnikov, I.A., Kolosova, E.G., Welch H.E. and Zhitina L.S. Sea ice biological communities and nutrient dynamics in the Canadian Basin of the Arctic Ocean // Deep-Sea Research, Part 1. 2002. Vol. 49. P.1623–1649.
19. Melnikov I.A., Sheer B., Wheeler P., Welch B. Preliminary Biological and Chemical Oceanographic Evidence for the Long-Term Warming Trend in the Arctic Ocean (current materials of the SHEBA Ice Camp, Beaufort Sea). 1998. // SEARCH Workshop, University of Washington, August, 1998.
20. Melnikov I.A., Zhitina L.S., Kolosova E.G. The Arctic sea ice biological communities in recent environmental changes // Mem. Natl. Inst. Polar Res., Spec. Issue. 2001. Vol. 54. P. 409–416.
21. Morison J., M. Steele, and R. Anderson. Hydrography of the upper Arctic Ocean measured from the Nuclear Submarine USS Pargo // Deep-Sea Res., Part 1. 1998. Vol. 45. P.15–38.
22. NASA SP-459. Antarctic Sea Ice, 1973–1976: Satellite Passive-microwave observations. 1983. W.: NASA Sci. Tech. Info. Branch. 206 p.
23. NASA SP-489. Arctic Sea Ice, 1973–1976: Satellite Passive-microwave observations. 1987. W.: NASA Sci. Tech. Info. Branch. 296 p.
24. Subba Rao D.V., Platt T. // Polar Biol. 1984. V. 3. P. 191–201.
25. Parkinson C.L., Cavaliere D.J., P. Gloersen, J.C. Comiso, and H.J. Zwally. Arctic sea ice extents, areas, and trends, 1978–1996 // J. Geophys. Res. 1999. Vol.104. P. 20837–20856.
26. Rothrock D.A., Y. Yu, and G.A. Maykut. Thinning of the Arctic sea ice cover // Geophys. Res. Lett. 1999. Vol. 26. P. 3469–3472.
27. Serreze M.C. and J.A. Maslanik. Polar Processes in Global Climate, 13–15 Nov 1996, Cancun.

МОТИВ – МОНИТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ИЗВЕРГАЮЩИХСЯ ВУЛКАНОВ

Лаборатория криологии почв Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (Пушино) работает в Арктике начиная с 1978 г. В 1990 г. решением Бюро отделения физико-химической биологии АН СССР на ее базе была организована палеоэкологическая экспедиция «Берингия», ни на сезон не прекращавшая исследования даже в сложные 90-е годы. Объект исследований – вечная мерзлота, район работ – тундровая и лесотундровая зоны приморских низменностей восточного сектора Арктики (побережье морей Лаптевых и Восточно-Сибирского) между дельтой р. Лены и устьем р. Колымы. С 2002 г. к районам исследований добавилась Ключевская группа вулканов на Камчатке как полигон для изучения взаимосвязи вулканизма и криогенеза на других планетах, построения астробиологических моделей и отработки технических решений – в свое время на территории Толбачинского дола испытывались советские прототипы луноходов и марсоходов.

В рамках участия Российской Федерации в мероприятиях по проведению Международного полярного года экспедиция «Берингия» выполняет несколько национальных проектов. Один из них: «МОТИВ – Мониторинг температурного поля извергающихся вулканов» (руководитель А.А.Абрамов) направлен на создание сети наблюдений за термическим режимом мерзлых пород в зоне современного вулканизма и является составной частью международных IPY проектов: TSP – термическое состояние вечной мерзлоты и CALM – циркумполярный мониторинг деятельного слоя.

Развитие мерзлых пород в районах активного вулканизма имеет ряд особенностей, нуждающихся в дополнительных исследованиях. Они начаты с характеристики геокриологических условий и закономерностей формирования и динамики многолетнемерзлых пород Ключевской группы вулканов. Уточнена и упорядочена имеющаяся геокриологическая информация, заложены площадки для наблюдений за максимальной глубиной сезонного оттаивания и мониторинговая сеть скважин для круглогодичных наблюдений за температурным режимом пород на разных высотах. Бурение проводилось станком УКБ-12/25, максимальная глубина скважин в вулканогенных отложениях составила 25 м. Широко использовались данные дистанционного зондирования Земли.

Впервые получен фактический материал о геокриологических условиях Ключевской группы вулканов. Составлена карта температур пород, оценены возможные мощности многолетнемерзлых пород, изучены геокриологические процессы. Мерзлые породы занимают здесь площадь порядка 2000 км², распространены начиная с высот

750–900 м на склонах южной экспозиции и 650–800 м на склонах северной. Температура мерзлых пород изменяется от околонулевых значений на высоте 950 м до –2,6 °С на 1300 м и –7 °С на 2500 м. Максимальные мощности мерзлоты оценены в ~ 1000 м для самых высоких вершин высотой 4500–4800 м над уровнем моря, для вершин высотой 3000 м характерны мощности мерзлоты 500 м.

Исходя из созданной статистической модели, влияние экспозиции на температурный режим выражается в понижении температур на склонах северной экспозиции на 0,6–1,0 °С для пологих склонов и до 3 °С для крутых склонов по сравнению с южными склонами. Различий между склонами восточной и западной экспозиции не выявлено. Мощность деятельного слоя уменьшается с 2–2,5 м на высоте 900 м до 50 см на высоте 2500 м и сокращается практически до нуля на высотах 4000–4500 м.

Оценено влияние вулканизма на многолетнемерзлые породы, и выделены зоны с максимальным воздействием. Показано, что воздействие вулканизма на формирование и распространение многолетнемерзлых пород проявляется локально. Зона максимального воздействия связана с терминальными и центральными частями активных вулканических построек, размеры ее не превышают нескольких сотен метров. Вулканические шлаки обладают высокими теплоизолирующими свойствами и способствуют сохранению мерзлых толщ от протаивания. При зимних извержениях происходит погребение сезонномерзлых отложений на большой площади, вследствие чего возможно существование островов мерзлоты на низких высотных уровнях, ниже климатической границы распространения вечной мерзлоты.

Вулканическая активность вызывает локальную деградацию мерзлых пород в местах выхода магмы и горячих газов, но может вызывать и аградацию мерзлоты при масштабных взрывных извержениях.

За время наблюдений (2002–2008 гг.) заметных изменений температурного поля и мощности сезонно талого слоя не зафиксировано (табл. 1).

На основе постоянного мониторинга температур в скважинах с помощью логгеров предполагается уловить влияние извержений на температурное поле мерзлых пород, а при выпадении горячей пирокластикой фиксировать прохождение температурной волны.

Д. А. ГИЛИЧИНСКИЙ,
А. А. АБРАМОВ (ИФХиБПП РАН)

Таблица 1. Средние глубины оттаивания на площадках 10 × 10 м, измеренные с шагом 10 м

Год	R30A (1330 м)		R30B (1630 м)		R30C (1630 м)	
	Дата	ξ, см	Дата	ξ, см	Дата	ξ, см
2003	06.09	78	–	–	–	–
2004	28.09	67	29.09	49	–	–
2005	05.09	71	06.09	56	–	–
2006	19.09	73	23.09	54	01.09	44
2007	18.09	72	19.09	53	16.09	42
2008	16.09	73	16.09	56	19.09	49

ИНФОРМАЦИЯ О РАБОТАХ ПМГРЭ В АНТАРКТИДЕ В РАМКАХ МПГ 2007/08

Полярная морская геологоразведочная экспедиция в рамках МПГ 2007/08 проводила работы в Антарктике по 5 объектам.

Объект I. «Геологическое изучение архипелага Шпицберген как реперного объекта на стыке Северной Атлантики и западного сектора Арктики». Начало работ – I квартал 2007 года, завершение работ – I квартал 2010 г. Стоимость работ 37 млн руб. Используются только средства Роснедр, полученные ПМГРЭ по данному объекту.

Целевое назначение работ. Составление комплекта карт геологического содержания масштаба 1:200 000 (площадь 14530 км²), оценка перспектив северо-восточных районов архипелага Шпицберген на бериллий, благородные и редкие металлы.

Подготовительные работы проходили в I–II кварталах 2008 года. Полевые работы проведены в III квартале 2008 года. При транспортировке в район работ использовалось научно-исследовательское судно ПМГРЭ «Профессор Логачев». В III квартале 2008 г. были начаты лабораторные работы и камеральная обработка материалов. Камеральные работы продолжены в 2009 г. Лабораторные работы выполнены в основном в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ.

Полученные геологические результаты. В полевой сезон 2008 г. геологические, геофизические и геоморфологические исследования проводились на участках Дамфлюа (Дуве-фьорд), Виндбухта (Рийп-фьорд) – оба на Северо-Восточной Земле, и в районе озера Линне – на Западном Шпицбергене. Геологические исследования включали в себя наземные геологические маршруты, геолого-петрологические наблюдения, геолого-минералогические наблюдения и составление детальных разрезов стратифицированных толщ.

Район Дуве-фьорд. По результатам геологических наблюдений построены геолого-литологическая и геоморфологическая карты района равнины Дамфлюа и прилегающих к ней полуостровов. Выделены и изучены породы трех комплексов: древнего метаморфического, каледонского гранитного и дайкового, не связанного с гранитами. Подтверждена редкометалльно-редкоземельная специализация бериллиевоносных пегматитов, связанных с каледонскими гранитами. Других проявлений полезных ископаемых не выявлено.

Район Рийп-фьорд. По результатам геологических исследований построены геологическая и геоморфологическая карты на участок южнее и севернее Виндбухты. Составлены детальные стратиграфические разрезы по породам серии Бренневинсфьорд и двум нижним стратонам надсерии Мерчисонфьорд (серии Галтедален и свите Персбергет); определены их взаимоотношения с подстилающими и перекрывающими отложениями. Исследована северная часть интрузива гранитов Рийпфьорден; установлен характер взаимоотноше-

ний гранитов Рийпфьорден и вмещающих сланцев Бренневинсфьорд, а также характер контакта последних с гнейсово-мигматитовой толщей.

Район озера Линне. По результатам полевых наблюдений построены карта четвертичных отложений и геоморфологическая карта масштаба 1:50 000; составлены разрезы четвертичных отложений; отображена серия проб на микрофаунистический, радиоуглеродный, шлиховой анализы. Для создания эталонной коллекции отобраны свыше тринадцати видов (полевое определение) раковин моллюсков; прослежены морские, флювиально-морские, ледниково-морские и континентальные отложения в возрастном диапазоне от верхнего неоплейстоцена до голоцена включительно.

Главные результаты по всей совокупности проведенных работ. Подтверждается террейновая природа фундамента Шпицбергена и сходство каледонид Шпицбергена и восточной Гренландии. Отложения ордовика и силура в ассоциации с офиолитовым комплексом района Сент-Джонс-фьорда хорошо коррелируются со сходными образованиями Земли Эллсмира Канадской Арктики. В истории тектонического развития Шпицбергена четко выделяется несколько этапов: позднекарельский, гренвильский, каледонский, альпийский орогенные; позднепалеозойский-кайнозойский платформенный.

Объект II. «Геолого-геофизическое изучение и оценка минерально-сырьевого потенциала недр Антарктиды и ее окраинных морей (восточная часть моря Содружества, горные районы Земли Мак-Робертсона) в составе 52-й РАЭ». Начало работ – III квартал 2006 г., завершение работ – II квартал 2009 г. Стоимость работ 185 млн руб. Используются только средства Роснедра, полученные ПМГРЭ по данному объекту.

Целевое назначение работ

1. Составление комплектов карт и разрезов геолого-геофизического содержания восточной части осадочного бассейна моря Содружества и отдельных районов Восточной и Центральной Антарктиды (Земля Мак-Робертсона, район подледникового озера Восток).

2. Оценка возможного минерально-сырьевого потенциала изученных районов.

Подготовительные работы проходили в III–IV кварталах 2006 г. Полевые работы проведены в I квартале 2007 г. Логистическую поддержку наземных полевых работ оказывала РАЭ. При проведении морских работ использовалось научно-исследовательское судно ПМГРЭ «Академик Александр Карпинский». В III квартале 2007 г. были начаты лабораторные работы и камеральная обработка материалов. Камеральные работы были продолжены в 2008 г. и в I–II кварталах 2009 г. Лабораторные работы выполнены в основном в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ.

Полученные геологические результаты

1. Восточная часть моря Содружества. По результатам проведенных работ составлен комплект геофизических карт и схем.

Выполнена корреляция основных региональных несогласий на всей изученной площади, построены глубинные разрезы. В осадочном чехле изученной части глубоководного бассейна выделено 7 сейсмических комплексов мощностью около 10,5 км.

Благодаря новым сейсмическим данным и их интеграции с материалами отечественных и зарубежных экспедиций прошлых лет удалось существенно уточнить строение фундамента бассейнов морей Содружества и Дейвиса, а также южной части плато Кергелен. В глубоководной области района исследований по данным МОГТ выделено 7 типов акустического фундамента, отличающихся по характеру сейсмической записи, морфологии и глубине залегания. Первые четыре типа фундамента распространены преимущественно в рифтовых грабенах и на их флангах и отличаются изменчивым по амплитуде рельефом поверхности, а их строение и характеристики отражают различную степень модификации континентальной коры при ее интенсивном растяжении и погружении в позднеюрское время. Три остальных типа фундамента развиты в северной части моря Содружества, на плато Кергелен и его периферии и имеют преимущественно ровную и во многих случаях необычно гладкую поверхность. Мощность земной коры (по данным сейсмозондирований и плотностного моделирования) в восточной части бассейна моря Содружества изменяется от 24 км на шельфе залива Прюдс до 10–11 км в области периконтинентального рифта. Океаническая кора северной части моря Содружества, примыкающая к подводному плато Кергелен, имеет повышенную мощность (9–12 км), что связано с ее формированием в условиях активной мантийной конвекции (развитием мантийного плюма «Кергелен»).

Площадь бассейна восточной части моря Содружества, расположенная в районе работ 52-й РАЭ, составляет 385 тыс. км², объем осадочного материала – 1,7 млн км³. Углеродородный потенциал осадочного бассейна района работ, по предварительным расчетам, оценивается в 5,0 млрд т условного топлива (УТ).

2. Центральная часть гор Принс-Чарльз, массив Фишер. В результате работ составлен комплект уточненных геологических карт на массив Фишер масштабов 1:100 000 – 1:200 000. В пределах исследованной территории выделены следующие структурно-вещественные комплексы:

- палео-мезопротерозойская (?) серия «Юго-Восточная»;
- мезопротерозойская супракрустальная серия «Надкаровая»;
- комплекс интрузивных и жильных пород;
- комплекс кайнозойских ледниково-морских отложений.

Породы серий «Юго-Восточная» и «Надкаровая» прорваны телами комплекса интрузивных и жильных пород. Интрузивные породы массива Фишер имеют

широкое, сопоставимое с вулканитами, развитие, занимая 50–60 % обнаженной площади. В метаморфических и интрузивных породах массива Фишер проявлены следы 7 этапов пластичных и хрупких деформаций.

По результатам лабораторных исследований и расчетов Р-Т условий метаморфизма получены следующие результаты. Для пород супракрустальной серии «Надкаровая» массива Фишер метаморфизм происходил в условиях амфиболитовой фации (субфация куммингтонитовых амфиболитов). При этом фиксируется снижение давления метаморфизма от примерно 3,3 кбар до 1,1 кбар и температуры от примерно 597 до 532 °С. Эти расчеты отражают перемещение пород на более высокие уровни коры с глубины около 9,2 км до глубины приблизительно 3,1 км.

В супракрустальной серии «Юго-Восточная» наиболее ранний метаморфизм этих пород происходил в условиях высокотемпературной амфиболитовой фации повышенных давлений (субфация альмандиновых амфиболитов) и, возможно, достигал Р около 8 кбар и Т около 745 °С. Максимальная глубина, на которой происходили эти изменения, может быть оценена в 24,4–18,2 км. В дальнейшем произошел регрессивный метаморфизм пород, который фиксируется снижением давления до 5,6–4,1 кбар и температуры до 654–615 °С. Это соответствует переходу к условиям субфации куммингтонитовых амфиболитов низкотемпературной амфиболитовой фации. Снижение давления метаморфизма этих пород до 4,1 кбар свидетельствует о перемещении пород на более высокий уровень коры, который соответствовал глубине около 11 км.

По результатам изотопно-геохронологических исследований установлено, что минимальное время кристаллизации магматического циркона в плагиогранитах скал Юго-Восточных находится в пределах 1399±11 млн лет. Развитие зон бластомилонитизации по этим породам и связанного с ними метаморфизма оценивается интервалом времени 1211,2±9,0 млн лет. Присутствие в плагиогранитах более древних цирконов, вероятно, свидетельствует о генерации исходного расплава этих пород из раннепротерозойского корового источника. Излияние андезибазальтов происходило 1244±11 млн лет назад. Минимальный возраст кристаллизации магматического циркона гранитов плутона «Розовый» соответствовал времени 947,4±12 млн лет. Можно предположить синметаморфическое (синкинематическое) внедрение этих гранитов.

3. Юго-западная часть гор Принс-Чарльз. В результате проведенных аэрогеофизических работ составлен комплект геофизических и интерпретационных карт на район исследований, расположенный в зоне сочленения двух крупных тектонических структур: протерозойского полиметаморфического Вегенер-Моусонского подвижного пояса и протократонного блока южной части гор Принс-Чарльз, выделяемого в качестве архейской гранит-зеленокаменной Рукерской области.

По результатам анализа аномального магнитного поля (АМП) выделено две магнитные области: Северная и Южная, которые в свою очередь подразделяются

на ряд зон и подзон. Граница Северной и Южной областей, в пределах площади съемки, достаточно уверенно прослеживается по статистическим параметрам и по морфоструктурным признакам. В целом, при субширотном простирании областей и зон, границы между ними образованы линейными преимущественно северо-восточного и северо-западного направлений. Северная область увязывается с вещественными комплексами протерозойского Вегенер-Моусонского подвижного пояса. Южная область достаточно уверенно соотносится с образованиями Рукерского комплекса. В ее пределах и в непосредственной близости с запада и востока присутствуют выходы коренных пород архейского возраста.

По данным радиолокационного зондирования определена мощность ледового покрова, меняющаяся в районе работ от 0 до 2870 м при средних значениях 1400–1500 м.

4. Центральная Антарктида, район подледникового озера Восток. В ходе работ составлен комплект карт и разрезов северной части озера Восток. Выявлены основные морфоструктурные элементы в строении северной оконечности озерного ложа и основные черты строения и морфологии коренного рельефа в полосе трассы станция Восток – обсерватория Мирный.

Мощность ледникового покрова в районе озера Восток изменяется приблизительно от 1950 до 4350 м. Наибольшие значения зарегистрированы в районе заливов и бухт, расположенных в северной и северо-западных частях. Это вызвано натеканием ледника на крутой борт котловины и на барьеры на пути движения ледника (мысы и полуострова) западного берега. Здесь была измерена максимальная мощность, составившая 4350 м.

Мощность ледникового покрова в пределах самого озера изменяется приблизительно от 3600 м в его южной части до 4350 м в северной. Поверхность озера является наклонной, осложненной мелкими формами, вызванными, вероятно, как процессами намерзания и таяния льда, так и унаследованными формами ледника.

Объект III. «Геолого-геофизическое изучение и оценка минерально-сырьевого потенциала недр Антарктиды и ее окраинных морей (западная часть моря Дюрвиля, горные районы Земли Мак-Робертсона и Земли Принцессы Елизаветы) в составе 53-й РАЭ». Начало работ – III квартал 2007 г., завершение работ – IV квартал 2009 г. Стоимость работ 207 млн руб. Используются только средства Роснедр, полученные ПМГРЭ по данному объекту.

Целевое назначение работ

1. Составление комплектов карт и разрезов геолого-геофизического содержания западной части осадочного бассейна моря Дюрвиля и отдельных районов Восточной и Центральной Антарктиды (Земля Мак-Робертсона и Земля Принцессы Елизаветы, район подледникового озера Восток).

2. Оценка возможного минерально-сырьевого потенциала изученных районов.

Подготовительные работы проходили в III–IV кварталах 2007 г. Полевые работы проведены в I квартале

2008 г. Логистическую поддержку наземных полевых работ оказывала РАЭ. При проведении морских работ использовалось научно-исследовательское судно ПМГРЭ «Академик Александр Карпинский». В III квартале 2008 г. были начаты лабораторные работы и камеральная обработка материалов. Камеральные работы продолжены в 2009 г. Лабораторные работы выполнены в основном в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ.

Полученные геологические результаты

1. Западная часть моря Дюрвиля. Составлен комплект предварительных геофизических и интерпретационных карт и схем. Выявлены основные особенности строения фундамента западной части бассейна моря Дюрвиля. Ранее закартированный в ходе работ 50-й и 51-й РАЭ крупный линейный периконтинентальный прогиб прослеживается в восточном направлении в районе работ 53-й РАЭ. Максимальное погружение фундамента в изученной части прогиба составляет более 15 км.

Выделено четыре типа акустического фундамента, которые могут быть достаточно уверенно связаны с областями развития различных типов коры: утоненной в результате рифтогенеза континентальной коры (в пределах которой выделены два типа акустического фундамента), нормальной океанической и расположенной между ними особой («гибридной») коры переходного типа.

По предварительным данным определено положение границы континент–океан, в качестве которой принята южная граница распространения акустического фундамента, характерного для второго слоя океанической коры. Граница континент–океан проведена примерно от 62° 20' ю.ш. на западе полигона до 61° 20' ю.ш. в районе 140° в.д., где она огибает сложно построенный блок и в крайней восточной части района работ снова смещается в южном направлении.

В осадочном чехле глубоководной области бассейна по сейсмическим данным идентифицировано семь региональных границ (несогласий), разделяющих восемь индивидуальных сейсмических комплексов. Четыре нижних сейсмических комплекса слагают рифтовый, а четыре верхних – пострифтовый этажи осадочного чехла.

Выполненные исследования установили продолжение в восточном направлении осадочного бассейна, выделенного предшествующими исследованиями в море Моусона, в пределах которого выделяются глубоководная и шельфовая части. Суммарная мощность осадочного чехла бассейна моря Дюрвиля составляет 5,0–12,0 км на изученной части внешнего шельфа и подножии континентального склона, 2,0–6,0 км в абиссальной котловине и 5,0–7,0 км в пределах рифтового блока Земли Адели. Можно предполагать, что рифтовый и частично пострифтовый этажи попали в зону созревания углеводородов, обеспечив высокий потенциал нефтегазогенерации. Наиболее перспективными в отношении накопления углеводородов, вероятно, являются доледниковые пострифтовые отложения, в составе которых предполагается преобладание относительно крупнозернистых (алеврито-песчаных)

фракций и карбонатных пород, формировавшихся в континентальных и мелководно-морских условиях. Глинистые фации верхнего комплекса могут, в свою очередь, являться покрывками для залежей углеводородов. В качестве ловушек нефти и газа предполагаются пологие структуры антиклинального типа и зоны выклинивания горизонтов на многочисленных выступах фундамента в подножии континентального склона.

Общая площадь изученной в 53-й РАЭ части бассейна моря Дюрвиля составляет 400 000 км², суммарные прогнозные ресурсы – около 7,5 млрд т УТ.

2. Центральная часть гор Принс-Чарльз, массив Уиллинг. В ходе полевых работ были изучены наименее исследованные северный борт и западный блок массива Уиллинг. Составлена предварительная геологическая карта горного массива Уиллинг масштаба 1:25 000 и сводный разрез расслоенного плутона габброидов.

В составе метаморфического комплекса слагающего западный блок массива выделены 3 различаемые по полевым признакам группы пород: лейкократовые гнейсы; меланократовые гнейсы; кристаллические сланцы и амфиболиты. Метаморфические породы относятся к Фишерскому вулканоплутоническому комплексу и метаморфизованы в условиях альмандин-амфиболитовой фации. Суммарная мощность метаморфической толщи составляет около 1,5–2 км.

Расслоенная интрузия габброидов, слагающая восточный блок массива Уиллинг, обнажается на площади 3,8 × 7,6 км. Мощность обнаженной части интрузии составляет не менее 3300 м. По характеру расслоенности и преобладающему составу пород интрузия делится на три серии и особую «контрастную» зону.

Ледниковые отложения массива разделены на олигоцен-четвертичные отложения, четвертичные ледниковые отложения, голоценовые ледниковые отложения и голоценовые водно-ледниковые отложения. Впервые на массиве Уиллинг были обнаружены и изучены ледниковые образования в интервале высотных отметок 1260–1300 м. Составлена геоморфологическая схема массива.

Породы массива Уиллинг претерпели два этапа метаморфических преобразований. Первый этап протекал в условиях альмандин-амфиболитовой фации. Второй, регрессивный этап отвечает условиям зеленосланцевой фации, проявлен незначительно и, вероятно, приурочен к зонам тектонических нарушений.

3. Земля Мак-Робертсона, западная часть гор Принс-Чарльз. По результатам аэрогеофизической съемки построен комплект полевых карт. В пределах участка съемки выделены три морфологических типа магнитного поля: спокойного отрицательного, слабозмущенного и змущенного. Зоны слабозмущенного и змущенного поля располагаются вдоль северной и южной границ участка, они представлены отрицательными и положительными

аномалиями небольшой интенсивности. Положительные аномалии образуют линейные зоны шириной 30–40 км, которые протягиваются через весь участок в северо-восточном (на севере) и субширотном (на юге) направлениях. Центральная область участка характеризуется спокойным отрицательным полем небольшой интенсивности.

Район аэрогеофизических работ расположен в зоне протерозойского полиметаморфического Вегенер-Моусонского подвижного пояса. По предварительным данным докембрийский фундамент района съемки слагают парагнейсы серий Астрономов и Атос и высокомагнитные ортогнейсы серии Портос, прорванные интрузиями чарнокитоидов. Узкая линейная зона положительных аномалий на севере участка интерпретируется как зона распространения пород основного состава. Зоны неоднородности магнитного поля субмеридионального простираения интерпретируются как крупные разрывные нарушения данного направления.

В подледном рельефе изученного района доминирует горный массив с абсолютными отметками от –300 до 1900 м. Наибольшие высоты отмечаются в восточной части участка, где на дневную поверхность выходят нунатаки хребта Атос.

4. Земля Принцессы Елизаветы, южное побережье залива Прюдс. В ходе полевых работ 2008 г. аэровизуальные и авиадесантные геологические исследования выполнены вдоль южного побережья залива Прюдс от утеса Лэндинг на западе до островов Белинген на востоке. Некоторые из нунатаков и островов залива посещались российскими геологами впервые. На район работ составлена предварительная схематическая геологическая карта.

Установлено, что метаморфический комплекс представлен главным образом мигматизированными биотит-гранатовыми гнейсами, развитыми на нунатаках пик Хамм, гора Каролине Микельсен, острова Белинген, и ортопироксеновыми гнейсами, слагающими нунатаки Свартхеусен, Сестрене, мыс Рог. Толща метаморфических пород имеет широтное простираение с падением на юг. Интрузивный комплекс представлен порфиоровыми биотитовыми гранитами, слагающими два плутона.

На полевом уровне в метаморфическом комплексе установлена различная степень наложения тектонических, метаморфических и ультраметаморфических преобразований. В результате чего он разделен на две области – западную и восточную.

В ходе полевых работ собраны многочисленные данные, позволяющие охарактеризовать вещественный состав метаморфических толщ залива Прюдс, их абсолютный возраст, степень метаморфизма, магнитные свойства. Дана характеристика кайнозойских отложений южного побережья залива Прюдс. Впервые собраны данные, позволяющие охарактеризовать геоморфологическое строение горных выходов.

5. Центральная Антарктида, район подледникового озера Восток. В ходе полевых работ составлен предварительный комплект геофизических и интер-

претационных карт, схем и разрезов восточной и северной части подледникового озера Восток. Определены основные морфоструктурные элементы коренного рельефа в полосе трассы «станция Восток–обсерватория Мирный» на ранее не обследованных участках трассы.

Выполнен радиолокационный профиль вдоль длинной оси озера с выходом на его северный берег. Определена северная граница озера. В северо-западной части выявлен полуостров, вдающийся в озеро Восток двумя мысами длиной около 20 и 15 км. Его ширина составляет около 15 км. Полуостров разделяет две бухты, примыкающие к нему с востока и с запада. Их размеры составляют около 28×18 км и 38×30 км соответственно. Составлены карты мощности ледникового покрова и коренного рельефа района северной части озера Восток.

Выполнены сейсмические зондирования в северной части озера Восток на поперечном субширотном профиле S53 протяженностью 84 км (26 зондирований) и на профиле вдоль длинной оси озера – 4 зондирования. Зарегистрированы отраженные волны от подошвы ледового покрова и поверхности дна озера. Мощность ледового покрова на профиле S53 составляет 3750 м в западной части, увеличивается до 4250 м в центральной части и уменьшается до 3600 м в восточной части профиля.

Выполнено одно зондирование в районе станции Пионерская. По результатам предварительной обработки этого зондирования можно говорить только о некотором гипотетическом разрезе, исходя из общих представлений о строении исследуемого района и наличии возможных границ разделов. Можно высказать предположение, что в основании ледника присутствует слой морено-содержащего льда, а под ледовым покровом присутствует слой осадков, возможно обводненных. По аналогии с сейсмическими данными, полученными на озере Восток, под ледовым покровом может располагаться водный слой, мощностью около 30 м.

б. Район оазиса Бангера и ледника Денмана. Составлена предварительная схематическая геологическая карта масштаба 1:500 000. Установлено, что район сложен метаморфизованными в гранулитовой фации осадочными и магматическими породами среднепротерозойского возраста. По литологическому составу район подразделяется на две части: восточную и западную.

Восточная часть района состоит из докембрийских метаморфических пород гранулитовой фации изверженного и осадочного происхождения и большей по объему серии плутонических пород, варьирующих по составу от габбро до гранита. Все эти породы прорваны многочисленными дайками протерозойских долеритов и палеозойских щелочных пород основного-ультраосновного состава.

Западная часть района сложена в основном гнейсами гранулитовой фации, интродуцированными плутоническими породами, варьирующими по составу

от основных до кислых. Дайковый комплекс представлен породами гранитного, аплитового, трахитового и основного состава.

Объект IV. «История геодинамического развития, осадконакопления и изменений природной среды в районе моря Содружества – плато Кергелен, Восточная Антарктика». Работы по данному объекту выполняются совместно с ВНИИОкеангеология и при ведущем участии.

Объект V. «Изучение подледного рельефа и ледникового покрова Антарктиды в рамках проекта «ABRIS». Работы выполняются ПМГРЭ в рамках гранта РФФИ, полная стоимость – 630 тыс. руб.

Международный проект ABRIS (Antarctic Bed Relief and Ice Sheet) посвящен изучению ледникового покрова и коренного рельефа Антарктиды.

В 2008 г. пересмотрены радиолокационные данные в секторе 80° з.д.–0° в.д. в районе шельфовых ледников Фильхнера-Ронне и Бранта, нанесены линии налегания для указанных ледников. На настоящий момент из 15 среднемасштабных съемок (масштаба 1: 500 000) в течение отчетного периода переработано 11 съемок.

Представлен промежуточный вариант карт мощности ледникового покрова и коренного рельефа в секторе 0°–150° в.д. Завершить эту работу планируется в ходе заключительного этапа работ по проекту (в 2009 г.). Составлена гипотетическая схема стока антарктического ледника в ранние периоды оледенения и транспортировки терригенного материала. Авторы приступили к выяснению основных причин формирования подледниковых водоемов. Вероятно, таковых две: глубинные разломы (т.е. локальное увеличение геотермального потока) и донное таяние, обусловленное избыточным давлением.

Сформированы окончательные варианты карт мощности ледника, подледного рельефа, а также глубин подледникового озера Восток. Эта задача не фигурировала в настоящем Проекте явным образом. Тем не менее обсуждение вопросов, связанных с природой этого уникального объекта, является важным аспектом в понимании механизмов формирования подледниковых водоемов в целом. Теоретические расчеты показывают, что посредством штатной радиолокационной аппаратуры возможно успешное лоцирование мелководных подледниковых водоемов. В связи с этим возникло предположение, что на временных радиолокационных разрезах, полученных в районе подледниковых водоемов, эти отражения присутствуют, однако, по тем или иным причинам, они не отождествляются с придонной частью.

Для разрешения этого вопроса при поддержке РФФИ (грант 08-05-10038к) в сентябре 2008 г. была организована экспедиция в район Ладожского озера (Ленинградская область). Полевые материалы обрабатываются. Согласно предварительным данным, высказанное предположение подтверждается.

А.А. ЛАЙБА (ПМГРЭ)

МОРСКИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОГРАММЕ МПГ В 2009 г.

В начале 2009 г. Полярная морская геологоразведочная экспедиция (ПМГРЭ) выполнила геофизические исследования на НИС «Академик Александр Карпинский» в юго-восточной части плато Кергелен, море Дейвиса и прилегающих глубоководных котловинах, которые завершили научный проект МПГ 2007–2008 гг. по изучению эволюции литосферы и изменений природной среды южной части Индийского океана в позднемезозойское – кайнозойское время (исследования проводились в соответствии с Государственным контрактом, заключенным между ПМГРЭ и Федеральным агентством по недропользованию Минприроды РФ в рамках объекта «Геолого-геофизическое изучение Антарктиды и ее окраинных морей в составе 54-й РАЭ»). Первые экспедиционные работы этого проекта проводились в марте 2007 г. (52-я РАЭ) совместно с Институтом А. Вегенера (Германия), когда была изучена юго-западная окраина плато Кергелен и примыкающая к нему часть крупного осадочного бассейна моря Содружества (см. «Новости МПГ 2007/08», 2007. № 2).

В результате полевых работ 2009 г. было выполнено 3 150 км многоканального сейсмического профилирования с 352-канальной приемной расстановкой длиной 4,5 км, 26 сейсмозондирований методом преломленных волн с использованием радиобуев, 5 300 км магнитометрических и гравиметрических профилей (включая детальную съемку в северо-восточной части проектного района; рис. 2). Период проведения работ (февраль – начало марта) характеризовался достаточно хорошими погодными условиями, но аномальным выносом дрейфующего льда (до 62,5° ю.ш. в районе плато Кергелен), который не позволил провести работы в южной части полигона (южные окончания профилей на рис. 1 фактически отмечают северную кромку дрейфующего льда).

Район исследований по проекту МПГ (рис. 1, врезка) представляет собой один из самых сложных по своему строению и истории геологического развития сегментов пассивной континентальной окраины Антарктиды, образование которой происходило в условиях растяжения земной коры Восточной Гондваны

150–135 млн лет назад, завершившегося отделением полуострова Индостан от Антарктиды с раскрытием Индийского океана. Ранняя фаза раскрытия сопровождалась внедрением мантийного плюма, образовавшего, в ходе длительного и обильного магматизма, крупнейшее в Мировом океане вулканическое плато Кергелен. Строение земной коры района работ 2009 г. изучалось ранее экспедициями Японии (1998 г.) и Австралии (2000–2001 гг.), а также в 48-й и 49-й РАЭ (2003–2004 гг.; рис. 1), однако многие аспекты строения земной коры и ее тектонической эволюции оставались неясными. Новые геофизические материалы, полученные в рамках проекта МПГ, обеспечивают существенный прогресс в понимании ранней истории геологического развития Индийского океана и эволюции природной среды Восточной Антарктики за последние 40 млн лет, т.е. после начала оледенения в южной полярной области земли.

В результате совместной интерпретации геофизических данных 2007 и 2009 гг. установлено, что финальная стадия рифтогенеза между Индией и Антарктидой (предшествующая расколу литосферы и началу спрединга морского дна) сопровождалась подъемом литосферной мантии и внедрением продуктов ее дифференциации в континентальную кору. Раскол литосферы между Индией и Антарктидой произошел около 134 млн лет назад, т.е. на 2 млн лет раньше, чем между Индией и Австралией. Это событие совпадает (и, возможно, связано) с внедрением мантийного плюма (горячей точки) Кергелен под литосферу Восточной Гондваны в районе сочленения юго-западной Австралии и Антарктиды, которое маркируется излиянием базальтов Банбери, плато Натуралиста и банки Брюс (рис. 2). В восточной части моря Содружества предполагается наличие двух палеохребтов, прекративших развитие в эпохи полярности магнитного поля M9n (129,5 млн лет) и M1n – M0 (121–123 млн лет), но только второй из них, как доказываются работами 54-й РАЭ, продолжается к востоку от плато Кергелен (рис. 2). Перемещение (перескок) центров спрединга в указанные периоды времени на Индийскую

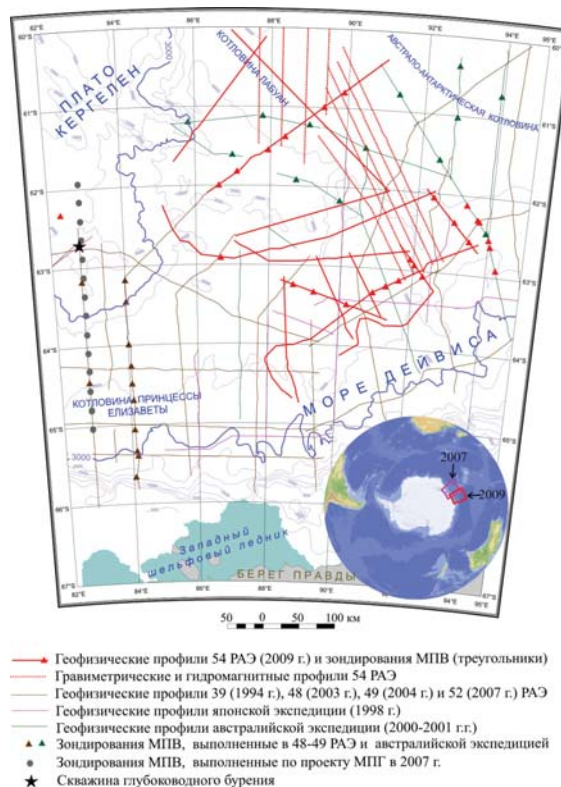


Рис. 1. Схема морских геофизических исследований в 54-й РАЭ (2009 г.)

плиту привел к изоляции континентальных блоков, предположительно подстилающих южную оконечность плато Кергелен и банку Элан. После второго, более позднего перескока начался главный этап вулканизма с образованием вулканической провинции плато Кергелен, датируемый 120–118 млн лет.

Благодаря детальной магнитной съемке в северо-восточной части района работ 2009 г., впервые удалось провести надежную идентификацию спрединговых (номерных) магнитных аномалий (рис. 2). Установлено, что на ранней стадии раскрытия Индийского океана, между 134 и 130 млн лет, скорость раздвижения Индии и Антарктиды составляла 8,0–10,0 см/год, а затем, в период от 130 до 120 млн лет, замедлилась до 4,0–5,0 см/год. В океанической коре северной части моря Дейвиса выявлены магматические хребты, которые располагаются дисконформно к простиранию спрединга морского дна и интерпретируются в качестве внутриплитных внедрений магматических пород. Эти внедрения, вероятно, связаны с действием плюма (горячей точки) Кергелен и предваряют этап основного его проявления с образованием вулканической провинции южной части плато Кергелен.

Исследования по проект МПГ позволили более детально изучить строение сейсмических комплексов осадочного чехла бассейнов моря Содружества и моря Дейвиса, их пространственное развитие и историю осадконакопления. В осадочном чехле бассейнов выделено 6 региональных горизонтов: CS1, CS2, CS2a, CS3, CS4 и CS5 (рис. 4). Горизонт CS1 является кровлей рифтового структурного этажа и имеет возраст около 134 млн лет. Четыре нижних комплекса пострифтового этажа («CS2–CS1», «CS2a–CS2», «CS3–CS2a», «CS4–CS3») в основном имеют сходное внутреннее строение, характеризуясь отчетливой расслоенностью с параллельными непрерывными или прерывистыми отражениями, типичными для гемипелагического и пелагического осадконакопления. В результате анализа сейсмических, магнитометрических и геологических данных, полученных в

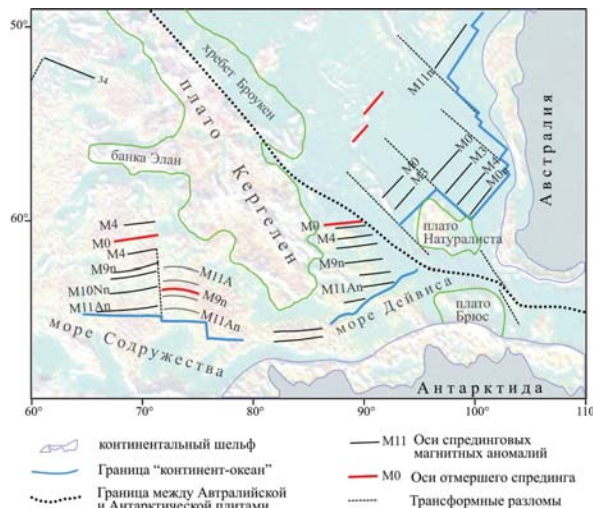


Рис. 2. Реконструкция Индийской, Австралийской и Антарктической плит на время около 90 млн лет

окраинных морях Восточной Антарктиды и на континентальной окраине юго-западной Австралии, предполагается, что горизонт CS2 образовался в период от валанжина до альба (возможно, около 120 млн лет назад), CS2a – на границе альба и сеномана (около 99 млн лет назад), а CS3 – в среднем эоцене (~40 млн лет назад).

Горизонт CS4 отделяет относительно однородную по своему строению ниже лежащую толщу от гетерогенной перекрывающей толщи, которая отличается разнообразием сейсмических фаций, с различной геометрией внутренних отражений и характерными особенностями внешней морфологии. Изменения структуры осадочного чехла на границе CS4 связывается с началом панантарктического оледенения в раннем олигоцене (~34 млн лет назад), когда ледовый щит перекрыл шельфы окраинных морей, инициируя склоновые процессы осадконакопления. В это время зародилась ранняя генерация глубоководных каньонов и сопряженных с ними прирусловых валов. Горизонт CS5, возраст которого составляет около 24 млн лет, маркирует активизацию турбидитных потоков и образование разветвленной сети каньонов, во многом унаследованных современными руслами. Одновременно в подножии континентального склона моря Содружества и моря Дейвиса развиваются контуритовые наносы, которые свидетельствуют о развитии интенсивных вдольсклоновых донных течений западного направления.

Горизонт CS5, возраст которого составляет около 24 млн лет, маркирует активизацию турбидитных потоков и образование разветвленной сети каньонов, во многом унаследованных современными руслами. Одновременно в подножии континентального склона моря Содружества и моря Дейвиса развиваются контуритовые наносы, которые свидетельствуют о развитии интенсивных вдольсклоновых донных течений западного направления.

Г.Л. ЛЕЙЧЕНКОВ (ВНИИОКЕАНГЕОЛОГИЯ),
В.В. ГАНДЮХИН, Ю.Б. ГУСЕВА (ПМГРЭ)

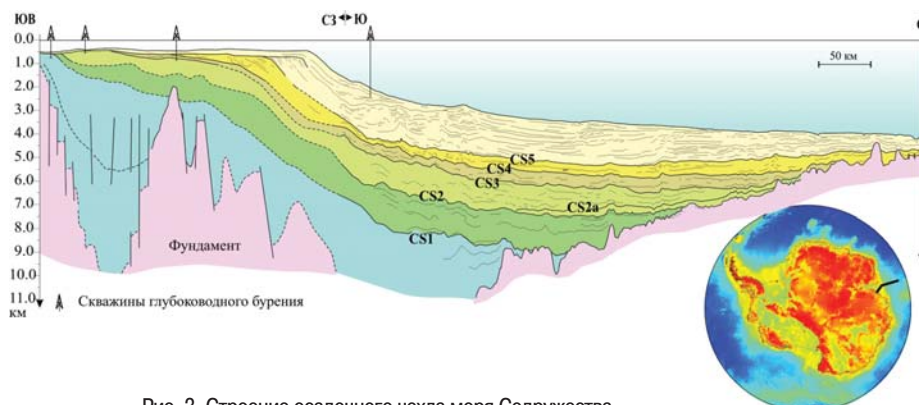


Рис. 3. Строение осадочного чехла моря Содружества (положение разреза показано на врезке черной линией)

ПРОЕКТ МЕЖДУНАРОДНОГО ПОЛЯРНОГО ГОДА 2007/08 COMPASS (COMPREHENSIVE METEOROLOGICAL DATASET OF ACTIVE IPY ANTARCTIC MEASUREMENT PHASE FOR SCIENTIFIC AND APPLIED STUDIES)

Проведение крупнейших международных геофизических проектов, таких как Международный геофизический год (МГГ, 1957–1959 гг.) и Первый глобальный эксперимент ПИГАП (ПГЭП, 1978–1979 гг.), создание современной наблюдательной сети в полярных областях и построение схемы глобального объективного анализа метеорологических данных (реанализа) открыли новые возможности в исследовании климатической изменчивости полярных областей, в построении и совершенствовании прогностических моделей общей циркуляции атмосферы. К настоящему времени наиболее известны архив Национального Центра по прогнозированию окружающей среды/Национального центра атмосферных исследований (NCEP/NCAR) для периода 1948–2009 гг. и архив Европейского Центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF) для периода 1957–2009 гг., архив японского метеорологического агентства для периода 1979–2004 гг. (JRA-25). Указанные архивы данных реанализа имеют значительные погрешности восстановления метеорологических элементов в южной полярной области. Например, при построении архива NCEP/NCAR из-за упрощенного описания гравитационных волн модельные поля осадков оказались нереальными. В схеме ECMWF шельфовые ледники рассматриваются как морской лед, что приводит к значительному завышению приземной температуры и испарения по сравнению с наблюдаемыми значениями. Поэтому известные сценарии изменения климата, полученные на основе результатов передовых моделей общей циркуляции, носят предварительный характер.

Причиной неудовлетворительного описания антарктической атмосферы в современных климатических архивах является не только редкая сеть станций, но и недоступность для исследований надежных исторических архивов данных метеорологических измерений. Для устранения последнего недостатка в рамках проекта МПГ COMPASS создана база данных по климату атмосферы, построенная на основе российских и зарубежных антарктических станций, включающая результаты приземных и высотных измере-

ний с оценкой полноты исходных данных, с выполнением контроля качества данных и с учетом изменения параметров измерительных комплексов. Для построения указанной базы данных собраны результаты срочных наблюдений основных метеорологических элементов на станциях всех стран, проводящих исследования в Антарктике, за период инструментальных измерений, включая данные 45 метеорологических, 52 автоматических и 25 аэрологических станций. Организационная поддержка Научного комитета Антарктических исследований (SCAR) в рамках проекта READER (REference Antarctic Data for Environmental Research) впервые обеспечила доступ к национальным архивам данных стран-операторов в Антарктике и унификацию методики первичной обработки синоптической информации.

Основными участниками проекта стали полевые базы Аргентины, Австралии, Бразилии, Чили, Китая, Германии, Финляндии, Франции, Индии, Италии, Японии, Кореи, Новой Зеландии, Польши, России, Великобритании, Украины, Уругвая и США.

Главными принципами проекта МПГ COMPASS стали: междисциплинарный подход к метеорологическим исследованиям, возможность сопоставления с историческими данными, двухстороннее и многостороннее сотрудничество между полярными станциями, интеркалибрация методов измерений, комплексный контроль качества оперативных данных, доступность метеорологических данных через интернет.

В результате установки автоматических метеорологических станций (АМС) на метеорологических площадках законсервированных полярных антарктических станций Молодежная, Русская и Ленинградская в период МПГ восстановлена российская циркумполярная сеть наблюдений за состоянием природной среды (см. рис. 1). Данные вновь открытых станций в обобщенном виде представлены на интернет-сайте национального центра антарктических данных <http://www.aari.aq>.

На острове Кинг-Джордж (Ватерлоо) опробована система оперативного сбора текущей метеорологической информации в максимально возможном объеме (по сравнению с глобальной телекоммуникационной системой). В обмене участвовали специалисты Чили, Польши, Бразилии, Германии, Аргентины, Уругвая, Испании, Болгарии, Чехии и Китая. Результаты наблюдений после проведения комплексного контроля качества данных используются в прогностической практике, например в региональной модели прогноза погоды метеослужбы республики Чили. По результатам сравнительного анализа исторических данных российской станции Беллинсгаузен и польской станции Арцтовский восстановлена программа стандартных метеорологических наблюдений на станции Арцтовский, на кото-

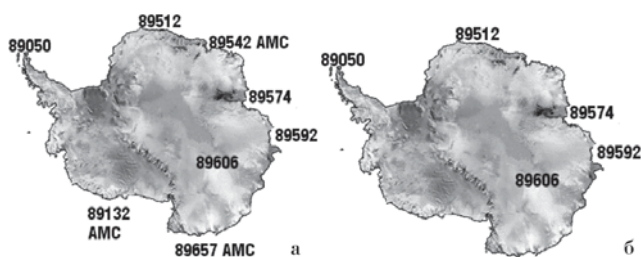


Рис. 1. Положение российских антарктических станций в период МПГ (а) и до МПГ (б): 9050 – Беллинсгаузен, 89512 – Новолазаревская, 89774 – Прогресс, 89592 – Мирный, 89606 – Восток, 89542 АМС – Молодежная, 89657 АМС – Ленинградская, 89132 АМС – Русская

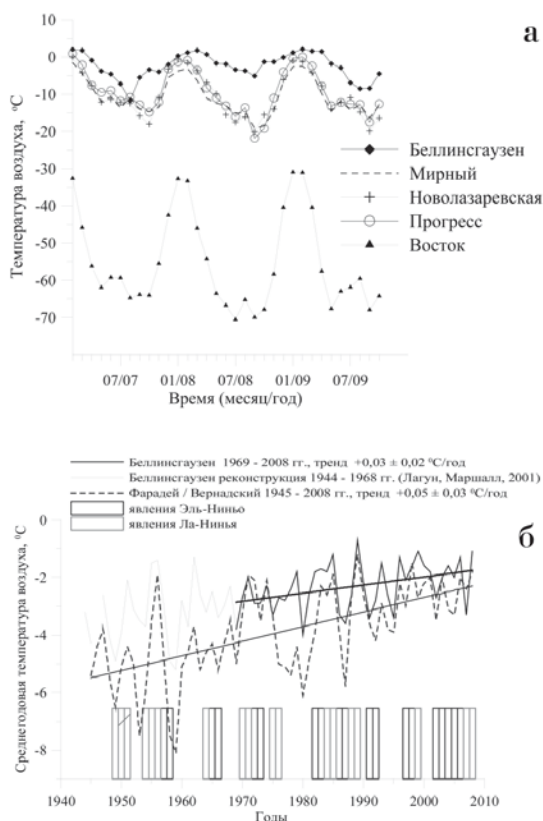


Рис. 2. Внутригодовые изменения приземной температуры воздуха на российских антарктических станциях за период МПГ (2007–2009 гг., а) и межгодовые изменения средних годовых значений температуры воздуха на станциях Беллинсгаузен и Фарадей/Вернадский за период инструментальных измерений (б)

рой вследствие особых микроклиматических условий зарегистрированы максимальные значения приземной температуры воздуха на острове Кинг-Джордж (Ватерлоо) за весь период наблюдений.

Аналогичные годовые серии сравнительных наблюдений выполнены в период МПГ (2007–2008 гг.) на российской станции Новолазаревская, индийской станции Майтри и вновь построенной суперсовременной бельгийской станции Принцесса Елизавета.

Антарктическая наблюдательная сеть крайне редка, и обширные области внутри континента не обеспечены репрезентативными климатическими данными. Ряды ключевых метеорологических элементов воздуха в Антарктиде характеризуются высокой внутригодовой и межгодовой изменчивостью (см., например, рис. 2 а), что делает процедуру оценивания трендов для коротких рядов, содержащих пропуски измерений, весьма проблематичной. В рамках проекта МПГ COMPASS разработан и испытан метод расчета трендов по срочным данным с учетом внутрирядной корреляции.

Для большинства антарктических станций тренды температуры малы и, как правило, статистически незначимы. Величина оценок трендов в значительной степени зависит от продолжительности периода анализа. Поэтому в настоящий момент нельзя определенно сказать, что характерно для Антарктиды в целом – потепление или похолодание. Наблюдаемые

изменения приземной температуры находятся в пределах естественной климатической изменчивости.

Одним из районов Антарктики, где зарегистрированы изменения климата, являются центральная и южная части Антарктического полуострова. Длина климатических рядов для этого района составляет более 50 лет, и за этот период среднегодовая температура выросла здесь почти на 3 °С, что намного превышает аналогичные величины для других районов Южного полушария (см. рис. 2 б).

Климат Антарктического полуострова формируется в результате сложного взаимодействия между атмосферой, океанами и морским льдом. Установлена связь региональных климатических условий с изменениями, происходящими в тропической части Тихого океана, например, связанных с явлением Эль-Ниньо–Южное колебание (см. рис. 2 б). Указанные «телесвязи» ответственны за формирование значительной короткопериодной изменчивости климата. Анализ данных проекта МПГ COMPASS позволил количественно показать доминирующую роль крупномасштабных атмосферных процессов (Антарктической моды) в поддержании выраженного очага потепления как в приземном слое, так и в свободной атмосфере.

Климатический режим свободной атмосферы южной полярной области характеризуется рядом специфических особенностей по сравнению с состоянием тропосферы и стратосферы других климатических зон. К таким особенностям относятся мощные весенние стратосферные потепления, уникальный динамический режим мощного циркумполярного вихря, максимальные на планете запасы доступной потенциальной энергии, особые условия радиационного энергообмена и физико-химических превращений в атмосфере. Тогда как нижняя атмосфера нагревается в ответ на увеличение концентрации парниковых газов, верхняя атмосфера выхолаживается в условиях сокращения общего содержания озона в атмосфере.

Детальный анализ исторических аэрологических данных в Антарктике и информации, собранной в период МПГ, позволил установить, что в южной полярной области происходит крупнейшее на планете региональное потепление в средней тропосфере. Для получения этого вывода принципиальное значение имело восстановление полного ряда отечественных высотных наблюдений в Антарктике.

Выполненный в ААНИИ статистический анализ ключевых параметров климата в районе Антарктического полуострова показал необходимость расчета параметров климатической изменчивости на основе срочных данных для учета вклада процессов различного масштаба, например внутримесячной изменчивости, для определения возможных причин текущих климатических изменений.

Реализация проекта COMPASS позволила существенно улучшить понимание формирования климатообразующих процессов в Антарктике и их влияния на глобальный климат.

В.Е.ЛАГУН(ААНИИ)

Уважаемые коллеги!

Если у вас есть информация о событиях и мероприятиях МПГ 2007/08 в Ваших учреждениях и регионах, ее можно представить в бюллетене «Новости МПГ 2007/08».

Высылайте тексты с фотографиями, схемы и т.д. по адресу:

199397, Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38, ААНИИ, тел./факс: (812)352–2735, e-mail: siac@aari.nw.ru. Участвуйте в летописи МПГ.



Организационный комитет
по участию Российской Федерации
в подготовке и проведении мероприятий
в рамках Международного полярного года (2007/08)
(www.ipyrus.aari.ru), тел. секретариата (495)252–4511.

Центр по научному
и информационно-аналитическому обеспечению деятельности
Организационного комитета
по участию Российской Федерации
в подготовке и проведении мероприятий
в рамках Международного полярного года (2007/08) (НИАЦ),
Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38, тел./факс: (812)352–2735, e-mail: siac@aari.nw.ru

Евразийское арктическое отделение по МПГ 2007/08 (www.ipyeaso.aari.ru)

Новости МПГ 2007/08
№ 26 (октябрь–декабрь 2009 г.)

ISSN 1994–4128

ГНЦ РФ Арктический и антарктический
научно-исследовательский институт
199397, Санкт-Петербург, ул. Беринга, 38

Ротапринт ГНЦ РФ ААНИИ
199397, Санкт-Петербург, ул. Беринга, 38
Заказ № 12. Тираж 300 экз.

Редколлегия:

С.Б.Балясников (редактор),
тел. (812) 352–2735, e-mail: siac@aari.nw.ru
А.И.Данилов, В.Г.Дмитриев, А.В.Клепиков, А.А.Меркулов, С.М.Прямыков,
К.Г.Ткаченко (секретарь редакции)

Оригинал-макет: **Н.А.Меркулова.** Корректор: **Е.В.Миненко**
На разворотах обложки – виды дрейфующей станции «СП-36» (фото Н.Кузнецова)