



ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

НОВОСТИ МПГ 2007/08

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПОЛЯРНЫЙ ГОД 2007/08 В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И МИРЕ

№ 27 (2010 г.)

ISSN 1994-4128



В НОМЕРЕ:

■ СОБЫТИЯ

Международная конференция, посвященная международному полярному году

Международная научная конференция «Морские исследования полярных областей Земли в Международном полярном году 2007/08»

■ РАБОТЫ В АРКТИКЕ

Изучение термохалинной структуры и циркуляции вод на северо-восточной границе Баренцева моря (совместный российско-норвежский проект BIAC)

Исследования торосов на ледовой базе Барнео в рамках проекта МПГ «ПАЛЭКС»

■ РАБОТЫ В АНТАРКТИКЕ

Геохимический мониторинг

Результаты измерений аэрозольно-оптических параметров и общего содержания озона в антарктической атмосфере в период МПГ 2007/08

■ ИТОГИ

Наращивание образовательного и научного потенциала в области полярных исследований, распространение знаний

Об архиве Международного полярного года 2007/08

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ, ПОСВЯЩЕННАЯ МЕЖДУНАРОДНОМУ ПОЛЯРНОМУ ГОДУ

Введение. В период с 8 по 12 июня 2010 г. в столице Норвегии, Осло, прошла международная конференция, посвященная Международному полярному году (IPY Oslo Science Conference).

Организаторами конференции явились Всемирная метеорологическая организация (ВМО), Международный совет научных союзов (МСНС), Научный комитет по антарктическим исследованиям (СКАР), Международный арктический научный комитет (МАНК), Объединенный комитет МПГ, Ассоциация молодых полярных ученых (АПЕКС), Норвежский исследовательский совет.

Пятидневная конференция включала в себя 41 тематическую научную сессию, которые были объединены по шести направлениям:

- Взаимосвязи полярных регионов и глобальных систем;
- Прошлые, настоящие и будущие изменения в полярных регионах;
- Полярные экосистемы и биоразнообразие;
- Качество жизни человека: здоровье, общество, ресурсы;
- Новые перспективы и направления полярных исследований;
- Проблемы образования, распространения и популяризации знаний.

Всего на конференции прозвучало 1054 устных доклада и было представлено 1000 стендовых сообщений.

Конференцию открыл Его Королевское Высочество наследный принц Норвегии Хокон. На церемонии открытия выступил специальный уполномоченный Президента РФ по вопросам международного сотрудничества в Арктике и Антарктике А.Н.Чилингаров с докладом «Арктика – территория диалога» (<http://ipy-osc.no/article/2010/1275997786.56>). Он заявил о том, что Международная полярная декада, начавшись в 2012 году, смогла бы продолжить успех Международного полярного года, дала бы возможность лучше понять процессы глобальных изменений климата.

На заключительном пленарном заседании выступил директор ГГО В.М.Катцов, представивший доклад Руководителя Росгидромета А.В.Фролова «Международный полярный год и что за ним: от моментального снимка к фильму.» (<http://ipy-osc.no/article/2010/1276297232.37>).

Церемонию закрытия начал министра иностранных дел Норвегии Йонас Гар Стёре, который отметил успех прошедшей конференции и выступил в поддержку процесса организации Международной полярной декады. Идею МПД поддержала и ВМО в лице заместителя Генерального секретаря Елены Манаенковой.

Среди участников значительную часть составили молодые ученые, активно поддерживаемые оргкомитетом конференции и ассоциацией APECS (Association of Early Career Scientists), – всего 440 студентов и молодых специалистов. Перед основной конференцией прошло отдельное совещание для преподавателей «Как использовать полярную науку в ваших классах» (http://ipy.no/filearchive/polar_teacher_conference_agenda_-_april_9.pdf). Это мероприятие собрало 120 преподавателей со всего мира, наиболее заинтересованных и увлеченных распространением знаний о полярных областях.

Динамично обновляющуюся и интерактивную страницу конференции (<http://ipy-osc.no>) за неделю работы посетили жители 140 стран, в первую очередь норвежцы (13000 посетителей), посетителей из России зарегистрировано 1200 человек.

Члены российской делегации выступили с докладами: «Климатическая изменчивость в районе Гидрометеорологической обсерватории Тикси», «Российские исследования морской Арктики в период МПГ и их результаты», «Российские исследования Южного океана по проектам МПГ CASO и SASSI», «Исследование природы импульсных всплесков в явлениях фотоэффекта в условиях Антарктики (ст. Новолазаревская)», «Климатические изменения морской Арктики в конце XX и начале XXI столетия», «Растущее значение морей Сибирского шельфа для поддержания популяций морских хищников высших трофических уровней в условиях современного потепления в Арктике», «Ледяной покров Арктики и Антарктики в период 2007–2009 гг. на фоне климатической изменчивости в XX – начале XXI века», «Аэрозольное ослабление солнечной радиации в Антарктике в период МПГ», «Роль арктического ледяного покрова в обмене CO₂», «Гидрометеорологическая обсерватория Тикси как инструмент для международных атмосферных наблюдений», «Влияние солнечного ветра на атмосферные процессы в Антарктике», «Исследование изменчивости циркуляции и содержания озона в южной полярной области с учетом вариаций УФ излучения Солнца», «Климат, экология и здоровье населения Крайнего Севера России. Российские исследования в период МПГ 2007/08», «Влияние крупномасштабной циркуляции атмосферы на межгодовую изменчивость летних тихоокеанских вод в Канадской котловине СЛО», «Фьорды Западного Шпицбергена как переходная зона между сушей и морем: на основе данных гидрооптических измерений», «Особенности поверхностно-

го слоя Арктического бассейна в летний период 2007–2008 гг.», «ПБДЭ в атмосферном воздухе российских городов и градиент их концентраций в направлении от Москвы к Арктике» и «Оценка современного и будущего выноса загрязняющих веществ с водосборов российских рек в Северный Ледовитый океан».

В докладе Г.В.Алексеева, А.И.Данилова, А.П.Макштаса «Климатические изменения морской Арктики в конце XX и начале XXI столетия и их связь с глобальными процессами» по теме Т1-4 отмечалось, что потепление в Арктике, начавшееся в конце 1980-х годов, усилилось с середины 1990-х годов, достигнув максимального развития к 2007 году. В морской Арктике в этот период происходило резкое сокращение площади, занимаемой морскими льдами в конце летнего периода. В Арктическом бассейне распространялась обширная положительная аномалия температуры в подповерхностном слое воды атлантического происхождения (АВ) и изменилось распределение пресной воды в верхнем слое. На этот климатический сдвиг пришлось возрождение арктических экспедиционных исследований, увенчавшееся проведением Международного полярного года 2007/08. Благодаря полученным за последние два десятилетия данным о состоянии водных масс, морских льдов и атмосферы оказалось возможным проследить развитие климатического феномена конца 1990-х начала 2000-х годов в морской Арктике и его связь с изменениями глобального климата. Анализ с использованием данных инструментальных наблюдений на дрейфующих станциях «Северный полюс» в 2006–2009 гг. за процессами энергообмена в системе океан–лед–снег–атмосфера, динамико-термодинамической модели морского ледяного покрова Арктического океана, результатов расчетов на глобальных моделях климата из CMIP3, глобальных массивов данных об атмосфере и океане показал также важную роль летнего притока тепла и аномалий в умеренных и низких широтах.

Большой интерес у участников конференции вызвали результаты российских исследований морской Арктики, в области которых объем выполненных работ представляется наиболее значительным по сравнению с другими странами участниками. Российской стороной было отмечено, что, принимая и поддерживая тезис участников МПГ об общей доступности данных наблюдений, российскими научными организациями были предприняты шаги для обеспечения доступа к этим данным через сайт МПГ-Инфо. Однако отсутствие англоязычной версии этого сайта существенным образом затрудняет включение результатов российских исследований в международные исследования, снижает уровень инфор-

мированности международной научной общности о роли и месте России в исследованиях Арктики.

По ходу обсуждения доклада «Исследование природы импульсных всплесков в явлениях фотоэффекта в условиях Антарктики (ст. Новолазаревская)» представитель Шведского института космических исследований Шейла Кирквуд выразила пожелание начать совместные исследования аномальных импульсов, фиксируемых в атмосфере на частотах УФ спектра, на базе согласованных спектрометрических наблюдений в Антарктике (шведская сторона собирается перенести свою станцию в район Новолазаревской по соседству от индийской станции) и на архипелаге Шпицберген.

В ходе неформальных контактов в кулуарах конференции координатором международной программы арктических буев (IABP) Игнатиусом Ригором было высказано предложение об использовании в 2010 году НЭС «Академик Федоров» в качестве платформы для установки с его борта буев системы АРГОС. Учитывая положительный опыт подобного сотрудничества в прошлые годы, в том числе и в период МПГ 2007/08, а также заинтересованность РФ в продолжении и развертывании программы IABP, было принято решение о проведении дополнительных консультаций с целью определения возможности установки буев типа АРГОС с борта НЭС «Академик Федоров» без потери судового времени и возможности доставки этих буев на борт судна.

В ходе конференции руководитель полярных программ НОАА Д.Калдер и заместитель руководителя УМЗА Росгидромета В.А.Мартыщенко провели совещание с участием представителей НОАА и Росгидромета и ряда ученых Финляндии, Японии и Китая по развитию работ в Гидрометеорологической обсерватории Тикси и утверждению первого варианта Программы исследований и работ Гидрометеорологической обсерватории Тикси. В целом представленная Программа была одобрена.

Профессор Университета Аляски Фербенкс Х.Эйкен предложил рассмотреть возможность расширения программы Обсерватории в части исследований формирования и разрушения припайных льдов. Речь шла об установке в непосредственной близости от берега буя, измеряющего профиль температуры в морском льду и скорости нарастания (таяния) льда и снежного покрова. Предложение получило поддержку участников совещания.

9 июня в рамках конференции состоялся семинар по наследию МПГ, организованный Норвежским полярным институтом и его директором д-ром Я.-Г.Винтером. Одна из тем семинара была посвящена Международной полярной декаде

(МПД). В семинаре приняли участие члены делегации ААНИИ А.И.Данилов, В.Г.Дмитриев, И.М.Ашик, А.В.Клепиков и В.М.Смоляницкий. А.В.Клепиков сообщил о подготовке в России концепции МПД, которая была представлена в ВМО.

На семинаре было отмечено, что идея МПД как долгосрочного процесса исследований и наблюдений в полярных регионах в соответствии с задачами исследований изменения климата и совершенствования его прогнозирования встречает широкую поддержку. Указано, что МПД будет способствовать выполнению задач совместной Балтиморской декларации Арктического совета и КСДА по расширению целенаправленных и скоординированных полярных исследований. При этом было отмечено имеющиеся финансовые и организационные трудности на фоне существенных затрат на МПГ.

Семинар решил, что МПД является важной деятельностью в рамках наследия МПГ, и предложил:

- поддержать инициативу Исполнительного совета ВМО по Международному полярному десятилетию;
- поощрять вовлечение других международных организаций, таких как МСНС, для подготовки (совместно с ВМО) научного обоснования МПД;
- найти механизмы для работы совместно с Арктическим советом и Консультативным совещанием к Договору об Антарктике по этой проблеме;

- поощрять участие национальных финансирующих учреждений в поддержке подготовки Международного полярного десятилетия.

Члены делегации ААНИИ участвовали в заседаниях по всем темам, на которых представлялись результаты исследований процессов в обеих полярных областях планеты. После завершения конференции организаторами был разослан анкета с вопросами по оценке итогов конференции, на которую участниками от ААНИИ были даны ответы.

Заключение. Конференция продемонстрировала преимущества совместного использования собранных данных полевых наблюдений, а также наметила перспективы будущих открытий на основании собранной информации. Она явилась крупнейшим форумом для демонстрации и обсуждения различных аспектов наследия МПГ, включая будущие полярные научные исследования, подготовку нового поколения полярных исследователей и создание объединенных систем полярных наблюдений.

Конференция явилась вторым крупным международным форумом с того момента, как в марте 2007 г. стартовал МПГ. Первая конференция, рассмотревшая итоги первого полевого сезона МПГ, с большим успехом прошла в Санкт-Петербурге в июле 2008 г. Завершит цикл конференций МПГ форум в Монреале, Канада, который пройдет 22–27 апреля 2012 г.

В.Г.ДМИТРИЕВ (ААНИИ)

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «МОРСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛЯРНЫХ ОБЛАСТЕЙ ЗЕМЛИ В МЕЖДУНАРОДНОМ ПОЛЯРНОМ ГОДУ 2007/08»

21–23 апреля 2010 г. в Санкт-Петербурге в ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт Росгидромета состоялась международная научная конференция «Морские исследования полярных областей Земли в Международном полярном году 2007/08», посвященная 100-летию со дня рождения академика Е.К.Федорова. Конференция была организована Росгидрометом при участии Российской академии наук и при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

Основной целью конференции было подведение предварительных итогов исследований Северного Ледовитого и Южного океанов в период МПГ 2007/08, оценка изменений природной среды полярных областей Земли и их возможных последствий.

Конференция проходила в форме пленарных и секционных заседаний по основным тематическим направлениям:

- полярная океанология;
- морской лед;
- взаимодействие океана и атмосферы;
- полярные океаны и климат, последствия климатических изменений для морской деятельности;
- морские экосистемы, загрязнение морской среды.

В работе конференции должны были принять участие ведущие специалисты 41 научно-исследовательского учреждения и организации из Польши, Германии, США, Норвегии, Великобритании, Китая, Швеции, Украины и России. К сожалению, извержение вулкана Эйяфьятлайокудль в Исландии, произошедшее накануне, парализовало транспортную сеть Европы, в связи с чем большинство специалистов из европейских стран прибыть на конференцию не смогли. Российские и зарубежные ученые и специалисты, принявшие уча-

стие в конференции, специализируются на исследовании вод Северного Ледовитого и Южного океанов, его гидрофизических и гидрохимических характеристик и процессов, изучении морского льда, процессов взаимодействия атмосферы и океана, динамики морских экосистем и загрязнения морской среды, а также исследовании влияния полярных океанов на климатические условия различных районов земного шара и оценке последствий этих изменений для морской деятельности.

На конференции были представлены 140 устных и 35 стендовых докладов, из них 41 доклад, посвященный проблемам полярной океанологии, 13 докладов, посвященных вопросам климатических изменений высоких широт и их последствий для морской деятельности, 20 докладов, посвященных проблемам изучения процессов взаимодействия атмосферы и океана в Арктике и Антарктике, 25 докладов, посвященных вопросам изучения морского льда, и 41 доклад, посвященный изучению морских экосистем и загрязнению морской среды полярных областей земного шара.

Доклады отражали результаты масштабных работ, выполненных в период МПГ 2007/08, основой которых явились экспедиционные исследования и данные наблюдений. Только в Российской Федерации было проведено 159 экспедиций: из них 36 морских экспедиций в Арктике и 16 в Антарктике. Во многих экспедициях совместно работали специалисты из различных стран. Это дрейфующие станции СП-35, СП-36 и СП-37, российские научные суда «Академик Федоров», «Михаил Сомов», «Иван Петров», «Академик Мстислав Келдыш», «Академик Александр Карпинский» и другие; зарубежные суда «Поларштерн» (Германия), «Оден» (Швеция), «Хили» и «Амундсен» (Канада), яхта «Тара» (Франция) и другие.

Во время конференции был проведен конкурс на лучшую представленную работу среди молодых специалистов – участников конференции. В конкурсе приняли участие 28 молодых специалистов из 17 научно-исследовательских учреждений.

Всем участникам конкурса были вручены дипломы участника конференции, а три лучших устных и три лучших стендовых доклада отмечены почетными дипломами и ценными подарками.

Участие в конференции «Морские исследования полярных областей Земли в Международном полярном году 2007/08» способствовало укреплению сотрудничества между учеными различных стран, активизации совместных исследований, рождению новых идей и проектов.

Конференция отметила, что результаты исследований и работы МПГ 2007/08 обеспечивают значительный прогресс в понимании процессов, происходящих в полярных областях, способствуют сохранению их уникальной природной среды, создают условия для безопасной и эффективной хозяйственной деятельности и безопасности населения Арктики. Результаты МПГ 2007/08 заложили основы для дальнейшего развития исследований полярных областей, уточнили приоритеты будущих работ. Важнейшей задачей является развитие и интеграция систем наблюдений за различными компонентами природной среды, включая социальную составляющую и здоровье человека, обеспечение полноценного удовлетворения спроса общества и развивающейся экономики арктической зоны на качественную информацию о природной среде и ее изменениях.

Конференция поддержала идею проведения Международного полярного десятилетия (МПД), высказанную на 60-й сессии Исполнительного Совета Всемирной метеорологической организации (ВМО), которая развивается научной общественностью и рядом международных организаций.

Тезисы и ряд презентаций докладов международной научной конференции «Морские исследования полярных областей Земли в Международном полярном году 2007/08» размещены на сайте ААНИИ <http://www.aari.ru/main.php> в разделе «Конференции». Наиболее значимые доклады, представленные на конференции, будут опубликованы в отдельном выпуске периодического издания «Проблемы Арктики и Антарктики».

Решение научной конференции «Морские исследования полярных областей Земли в Международном полярном году 2007/08»

21–23 апреля 2010 г. в Санкт-Петербурге в ГНЦ РФ ААНИИ Росгидромета состоялась международная научная конференция «Морские исследования полярных областей Земли в Международном полярном году 2007/08», посвященная 100-летию со дня рождения академика Е.К. Федорова. Конференция организована Росгидрометом при участии Российской академии наук и при поддержке Росийского фонда фундаментальных исследований.

В работе конференции приняли участие ведущие специалисты 41 научно-исследовательского учреждения и организации из Польши, Германии, США, Норвегии, Великобритании, Китая, Швеции, Украины и России. Российские и зарубежные ученые и специалисты, принявшие участие в конференции, специализируются на ис-

следовании вод Северного Ледовитого и Южного океанов, его гидрофизических и гидрохимических характеристик и процессов, изучении морского льда, процессов взаимодействия атмосферы и океана, динамики морских экосистем и загрязнения морской среды, а также исследовании влияния полярных океанов на климатические условия различных районов земного шара и оценке последствий этих изменений для морской деятельности.

На конференции были представлены 140 устных и 35 стендовых докладов, из них 41 доклад, посвященный проблемам полярной океанологии, 13 докладов, посвященных вопросам климатических изменений высоких широт и их последствий для морской деятельности, 20 докладов, посвященных проблемам изучения про-

цессов взаимодействия атмосферы и океана в Арктике и Антарктике, 25 докладов, посвященных вопросам изучения морского льда, и 41 доклад, посвященный изучению морских экосистем и загрязнению морской среды полярных областей земного шара.

Доклады отражали результаты масштабных работ, выполненных в период МПГ 2007/08, основой которых явились экспедиционные исследования и данные наблюдений. Только в Российской Федерации было проведено 159 экспедиций: из них 36 морских экспедиций в Арктике и 16 в Антарктике. Во многих экспедициях совместно работали специалисты из различных стран. Это дрейфующие станции СП-35, СП-36 и СП-37, российские научные суда «Академик Федоров», «Михаил Сомов», «Иван Петров», «Академик Мстислав Келдыш», «Академик Александр Карпинский» и другие; зарубежные суда «Поларштерн» (Германия), «Оден» (Швеция), «Хили» и «Амундсен» (Канада), яхта «Тара» (Франция) и другие.

Основные направления работ включали исследования гидрометеорологических и гелиогеофизических условий полярных областей, строения и истории геологического развития литосферы полярных районов, изучение наземных и морских экосистем Арктики и Антарктики и вопросы развития наблюдательной сети.

2 августа 2007 г. глубоководные обитаемые аппараты «МИР-1» и «МИР-2» впервые в истории полярных исследований достигли дна океана в точке Северного полюса, где был установлен Флаг Российской Федерации.

Геолого-геофизические работы, экспедиция «Арктика-2007» на борту а/л «Арктика» позволили получить новые данные для обоснования внешней границы континентального шельфа Российской Федерации.

Двухлетний цикл наблюдений МПГ совпал с периодом наибольшего потепления Арктики и подтвердил, что в Арктике происходят масштабные изменения природной среды, связанные с глобальными процессами. В сентябре 2007 г. площадь морского льда составила 3,8 млн км² при средней величине 6,1 млн км². Данные МПГ о процессах в системе атмосфера–океан–лед уточняют оценки происходящих и будущих изменений в полярных климатических системах.

Новые данные о морских льдах, айсбергах и ледниках Баренцева моря и других арктических морей являются вкладом в обеспечение гидрометеорологической безопасности крупных проектов по добыче и транспортировке углеводородов на арктическом шельфе, таких как Штокмановское газоконденсатное месторождение.

Исследования показывают, что в целом морская Арктика характеризуется низким уровнем загрязнения за исключением локальных районов, так называемых «горячих» точек. Однако в условиях ожидаемого увеличения интенсивности деятельности по освоению шельфа, морских перевозок и др., а также учитывая, что в Арктику с атмосферными и речными переносами постоянно поступает загрязнение с обширных пространств Северного полушария, необходимо уже сейчас предусматривать соответствующие природоохранные мероприятия.

В период МПГ 2007/08 выполнены работы по развитию систем наблюдения в Арктике. Восстановлены наблюдения на 29 полярных станциях, в том числе: по полной программе актинометрических наблюдений на 5 станциях, по наблюдениям за уровнем моря на 8 станциях, проведена модернизация системы связи на 16 станциях, на 2 станциях установлены АГМС-2. Значительным вкладом в развитие арктической циркумполярной наблюдательной инфраструктуры стало создание на основе международной кооперации гидрометеорологической обсерватории в п. Тикси. Усилиями организации Росгидромета, МПР, РАН на архипелаге Шпицберген начаты работы по созданию Российского научного центра. В высокоширотной Арктике постоянно работает российская дрейфующая станция «Северный полюс».

В Южном океане получена уникальная информация о структуре вод в области Антарктического склонового фронта, который играет важнейшую роль в перемешивании водных масс различного проис-

хождения, вентиляции глубинных слоев океана и формировании антарктических донных вод. Определены положение и характеристики фронтов и границ Антарктического циркумполярного течения и примыкающих циркуляционных систем. В биологических исследованиях определены видовой состав, таксономическая и трофическая структура и особенности функционирования морских и прибрежных экосистем. Геолого-геофизические исследования в морях Содружества и Дейвиса позволили оценить эволюцию литосферы и изменения природной среды южной части Индийского океана.

Работы МПГ 2007/08 способствовали укреплению сотрудничества между учеными различных стран, активизации совместных исследований, рождению новых идей и проектов.

В рамках выполнения мероприятий МПГ большое внимание уделялось вопросам образования и привлечения молодых кадров в науку. Выполнены разработка и издание учебной и научно-просветительской продукции. Ряд ведущих научных институтов и вузов страны организовал и провел серию конкурсов научных работ молодых ученых по полярной тематике, студенческих научно-исследовательских работ, а также олимпиады школьников.

Конференция отмечает, что результаты исследований и работы МПГ 2007/08 обеспечивают значительный прогресс в понимании процессов, происходящих в полярных областях, способствуют сохранению их уникальной природной среды, создают условия для безопасной и эффективной хозяйственной деятельности и безопасности населения Арктики.

Конференция считает, что результаты МПГ 2007/08 заложили основы для дальнейшего развития исследований полярных областей, уточнили приоритеты будущих работ.

Важнейшей задачей является развитие и интеграция систем наблюдений за различными компонентами природной среды, включая социальную составляющую и здоровье человека, обеспечение полноценного удовлетворения спроса общества и развивающейся экономики арктической зоны на качественную информацию о природной среде и ее изменениях. Следует поддерживать развитие таких международных инициатив, как Система опорных арктических наблюдений (SAON) в Арктике, Система наблюдений Южного океана (SOOS) в Антарктике, способствующих решению указанной задачи.

Необходимы модернизация и развитие наземных систем наблюдений, включающих полярные гидрометеорологические станции и автоматические средства, создание новых космических систем мониторинга, таких как МКС «Арктика», системные экспедиционные исследования, включая высокоширотные работы с использованием судов ледового класса, ледоколов, дрейфующих станций.

Конференция поддерживает идею проведения Международного полярного десятилетия (МПД), высказанную на 60-й сессии Исполнительного Совета Всемирной метеорологической организации (ВМО), которая развивается научной общественностью и рядом международных организаций.

Российская концепция МПД, направленная в ВМО, включает основные задачи и приоритеты исследований полярных районов на ближайшее десятилетие, существенные для всего мирового сообщества.

Глобальные предпосылки МПД определяются влиянием полярных областей Земли на планетарные процессы через изменения в криосфере, через углеродный цикл, а также океаническую и атмосферную циркуляцию. Глобальные изменения и их последствия в свою очередь наиболее выражены в полярных областях, что существенно затрагивает интересы стран арктического региона. Повышение защищенности территории и населения Арктики от опасных изменений окружающей среды должны стать одним из результатов будущих исследований и МПД.

И.Е. ФРОЛОВ, зам. пред Оргкомитета, директор ААНИИ
И.М. АШИК, ответственный секретарь конференции

ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОХАЛИННОЙ СТРУКТУРЫ И ЦИРКУЛЯЦИИ ВОД НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ГРАНИЦЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (СОВМЕСТНЫЙ РОССИЙСКО-НОРВЕЖСКИЙ ПРОЕКТ ВИАС)

Введение. Изучение термохалинной структуры и циркуляции вод в проливе между архипелагами Новая Земля и Земля Франца-Иосифа, направленное на исследование водообмена Баренцева моря с Арктическим бассейном, имеет важное значение для прогресса в научном обеспечении рациональной эксплуатации биоресурсов Баренцева моря и расширения научного сотрудничества России и Норвегии в области промыслово-океанографических исследований.

В 2007–2008 гг. Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М.Книповича (ПИНРО) совместно с Институтом морских исследований (ИМИ, Берген, Норвегия) выполнял по программе Международного полярного года 2007/08 в рамках проекта ВИАС – Bipolar Atlantic Thermohaline Circulation (Двухполюсная атлантическая термохалинная циркуляция) морские научные исследования по изучению водообмена Баренцева моря с Арктическим бассейном, которые продолжили исследования циркуляции вод северо-восточной части Баренцева моря, начатые в 1991–1992 гг.

В статье приводятся предварительные результаты исследований термохалинной структуры и циркуляции вод в районе между архипелагами Новая Земля и Земля Франца-Иосифа, которые послужат основой для изучения водообмена Баренцева моря с Арктическим бассейном, в том числе для оценки объемного переноса плотных донных вод из Баренцева моря в Арктический бассейн, его сезонных и межгодовых изменений и их влияния на короткопериодные изменения климата в регионе.

Материалы и методы. Натурные исследования представляли собой комплекс наблюдений за направлением и скоростью течений, осуществляемых с помощью автоматических измерителей, а также за распределением температуры и солёности воды в проливе между архипелагами Новая Земля и Земля Франца-Иосифа.

В сентябре 2007 г. в соответствии с «Программой совместных морских научных исследований Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М.Книповича (г. Мурманск, Россия) и Института морских исследований (г. Берген, Норвегия) по изучению водообмена Баренцева моря с Арктическим бассейном», реализуемой в рамках III Международного полярного года 2007/08, и на основании Разрешения Федерального агентства по науке и инновациям № 108 от 22 августа 2007 г. в проливе между архипелагами Новая Земля и Земля Франца-Иосифа на НИС «Фритъоф Нансен» был выполнен океанографический разрез (26 станций)

и установлены сроком на один год пять автономных буйковых станций (АБС) с измерителями течений (рис. 1, табл. 1). Места установки АБС выбраны таким образом, чтобы проследить направление и скорость основных потоков в проливе, а также с учетом результатов эксперимента 1991–1992 гг.

В сентябре 2008 г. на НИС «Профессор Бойко» был произведен подъем АБС, установленных в сентябре 2007 г., и выполнена океанографическая съемка (86 станций) в северо-восточной части Баренцева моря (см. рис. 1).

В состав каждой АБС входили измерители течений (от двух до трех регистраторов течений RCM-7 и один акустический доплеровский профилограф течений ADCP Continental 190 КГц с отдельным дат-

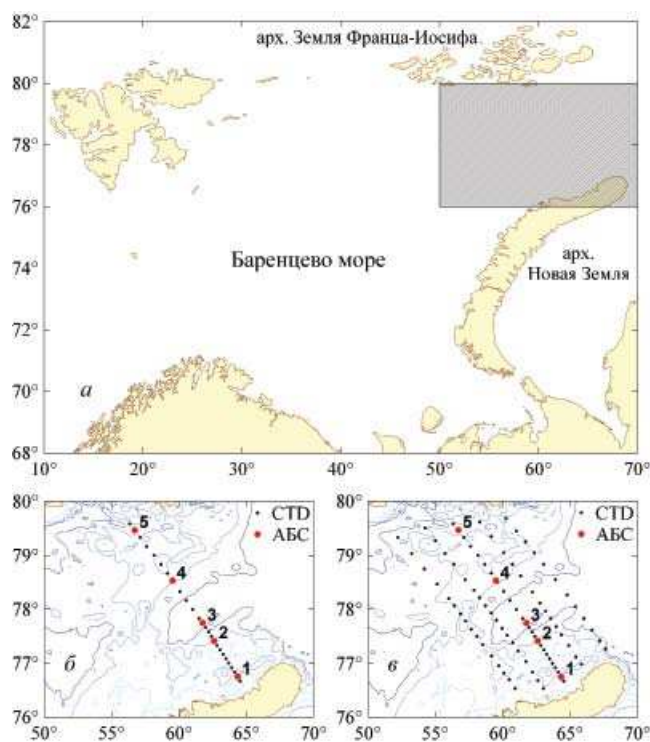


Рис. 1. Район исследований (заштрихованный прямоугольник, а), положение АБС и океанографических станций (СТД), выполненных в сентябре 2007 г. (б) и в сентябре 2008 г. (в)

Таблица 1. Глубины расположения измерителей течений на АБС, даты их установки и подъема в 2007–2008 гг.

№ АБС	Глубина приборов, м	Дата установки	Дата подъема
1	59, 200	12.09.2007	12.09.2008
2	58, 99, 148	12.09.2007	12.09.2008
3	59, 99, 240, 290	12.09.2007	13.09.2008
4	59, 230	11.09.2007	13.09.2008
5	120, 261	11.09.2007	14.09.2008

чиком температуры и электропроводности), акустический размыкатель OCEANO 2500 Universal и передатчик SMM 500 системы ARGOS. Регистратор течений RCM 7 использовался для измерения скорости и направления течений, а также температуры и электропроводности морской воды на горизонте установки прибора. Акустический доплеровский профилограф течений ADCP Continental 190 кГц, который был установлен лишь на двух из пяти АБС на расстоянии 50 м от дна, использовался в режиме зондирования вниз для измерения скорости и направления течений в нижней 50-метровой толще воды послойно (толщина слоев, т.е. вертикальное разрешение измерений, задавалась равной 2,5 м) и для измерения температуры и электропроводности морской воды с помощью входящего в его комплект СТ-датчика, соединявшегося с профилографом посредством 30-метрового кабеля и выполнявшего измерения на горизонте его установки, который соответственно был на 30 м глубже горизонта установки профилографа. Также измерители течений были оборудованы датчиками давления для контроля изменений глубины приборов под действием набегающего потока. Акустический размыкатель OCEANO 2500 Universal использовался для отцепления измерительного оборудования от якоря при подъеме АБС. Передатчик SMM 500 системы ARGOS был встроен в несущий буй и работал только на поверхности, передавая лишь сведения о местоположении всплывшего буя. Вес донного якоря составлял 750 кг, а полный запас плавучести несущего буя – 330 кг. Для мониторинга АБС использовались капроновые тросы.

Результаты. Вначале несколько слов о результатах наблюдений за течениями и термохалинной структурой вод северо-восточной части Баренцева моря в период с сентября 1991 г. по сентябрь 1992 г., которые подробно изложены в совместных работах норвежских и российских ученых [1, 2]. За период наблюдений 1991–1992 гг. не отмечалось какого-либо значительного оттока плотных донных вод из Баренцева моря. Океанографические условия этих двух лет отличались незначительно. Результаты, полученные с помощью измерителей течений, свидетельствовали о том, что наибольшая изменчивость имела место в течение периода выхолаживания, в начале зимы. На некоторых АБС течения были очень устойчивыми, и в ряде мест устойчивость течений превышала 90 %. Результирующий объемный перенос воды был направлен из Баренцева моря. Расход воды изменялся от 0,8 до 3,1 Св с максимумом в конце осени – начале зимы [1]. Это подтвердило гипотезу [3] о том, что в Баренцевом море пролив между архипелагами Новая Земля и Земля Франца-Иосифа является районом основного оттока воды. Остаточные течения в районе исследований были довольно сильные. Основной движущей силой, по-видимому, является поле плотности. Приливная составляющая была гораздо слабее, чем в других частях Баренцева моря [2].

В сентябре 2007 г. были продолжены исследования, начатые в 1991–1992 гг. Между о. Мак-Клинтон архипелага Земля Франца-Иосифа и о. Северный архипелага Новая Земля был выполнен океанографический разрез и установлены сроком на один год пять АБС с измерителями течений. Всего было установлено одиннадцать регистраторов течения RCM 7 и два акустических доплеровских профилографа течений ADCP Continental 190 кГц.

Анализ океанографических данных, собранных в сентябре 2007 г. на разрезе, вдоль которого производилась постановка АБС, показал, что температура воды на разрезе изменялась от $-1,8$ до $4,1$ °C (рис. 2). Наиболее теплые воды (с температурой выше $3,0$ °C) отмечались в верхнем 30-метровом слое в южной части разреза (южнее $77^{\circ}40'$ с.ш.), наиболее холодные (ниже $-1,5$ °C) – в промежуточном слое 50–150 м в северной части разреза (севернее $78^{\circ}20'$ с.ш.). Глубина залегания слоя скачка температуры увеличивалась с севера на юг в среднем от 20 до 40 м. Соленость воды на разрезе изменялась от 30,1 ‰ до 35,0 ‰. Наиболее солеными (34,9–35,0 ‰) были придонные воды южной половины разреза, наиболее распресненными (меньше 33,0 ‰) – воды верхнего 15–20-метрово-

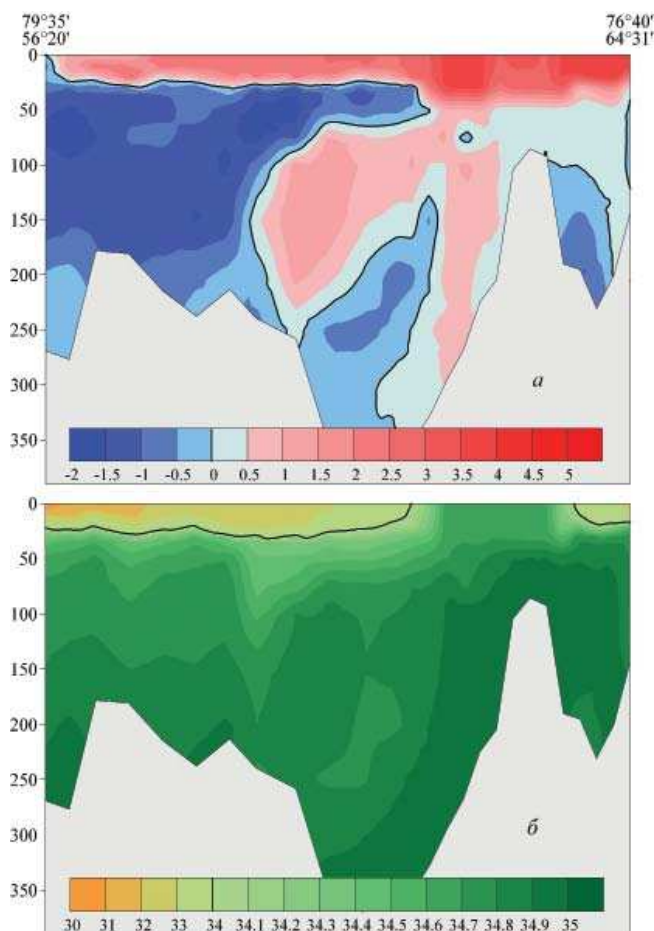


Рис. 2. Вертикальное распределение температуры (°C) (а) и солености (‰) (б) воды на разрезе между архипелагами Земля Франца-Иосифа и Новая Земля 11–12 сентября 2007 г.

го слоя северной половины разреза и самого южного, прибрежного, участка, расположенного в непосредственной близости от о. Северный архипелага Новая Земля. На этих же участках на глубинах 20–30 м отмечался соответственно и максимальный вертикальный градиент солёности (до $0,6 \text{ м}^{-1}$).

В средней части разреза, над максимальными глубинами, в слое 180–270 м отмечались воды с более низкой температурой (до $-0,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$) и солёностью (34,8 ‰), по сравнению с окружающими водными массами. Несколько севернее в слое 80–200 м, наоборот, выделялось ядро значительно более теплых (температура до $1,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) и сравнительно более солёных (солёность до 34,9) атлантических трансформированных вод. В относительно мелководной северной части разреза, глубже ядра холодных арктических вод, о котором шла речь выше, были обнаружены более теплые (выше $-0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) и солёные (более 34,9 ‰) воды. Возможно, на этих участках разреза происходит заток арктических и атлантических трансформированных вод из Карского моря в Баренцево. Наиболее интенсивный вынос вод из Баренцева моря, по всей видимости, происходит в верхних слоях южной части разреза и вдоль южного склона желоба, расположенного в центральной части пролива и имеющего максимальные глубины (до 380 м).

По сравнению с 1991–1992 гг. в сентябре 2007 г. на этом разрезе был выявлен ряд отличий в термохалинной структуре вод. Температура воды верхнего 20-метрового слоя на всем разрезе и всей толщ, от поверхности до дна, на его южном участке (южнее $77^{\circ}40'$ с.ш.) была выше, чем в 1991 и 1992 гг. На остальной части разреза, глубже 20 м и севернее $77^{\circ}40'$ с.ш., температура воды была в среднем на $0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже, чем в 1991 г., и мало отличалась от значений 1992 г. Воды верхнего 20-метрового слоя в сентябре 2007 г. были более распресненными, чем в тот же период 1991–1992 гг. Исключение составил участок разреза между $77^{\circ}35'$ и $77^{\circ}05'$ с.ш., где вплоть до поверхности отмечались воды с солёностью более 34,5 ‰. Промежуточные и донные воды в сентябре 2007 г. были на $0,1$ – $0,2$ солонее, чем в 1991–1992 гг.

В сентябре 2008 г. пять установленных в 2007 г. АБС были успешно подняты. Детальная океанографическая съёмка, охватившая в этот период район от 52° до 68° в.д. и от $76^{\circ}30'$ до $80^{\circ}00'$ с.ш., выявила важные особенности пространственного распределения вод северо-восточной части Баренцева моря.

Температура воды поверхностного слоя изменялась от $4,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ в южной части района работ до $0,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – в северной. Поле температуры поверхностного слоя было достаточно однородным в северной части акватории исследований, тогда как в южной части горизонтальные градиенты температуры воды достигали $0,04 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{км}$. Сложная халинная структура вод на поверхности обуславливалась распреснением верхнего слоя за счет материкового стока с архипелагов Новая Земля и Зем-

ля Франца-Иосифа, переносом трансформированных атлантических вод системой теплых течений и арктических – системой холодных. Вследствие чего в поверхностном слое на акватории съёмки прослеживались халинные фронтальные зоны на границах раздела между разными по характеристикам водными массами, на отдельных участках, например на северо-востоке района съёмки, перепады солёности достигали 2 на 30 морских миль. Солёность воды в верхнем слое изменялась от 32,9 ‰ в северо-восточной части района работ до 34,8 ‰ – в юго-западной.

Температура воды на горизонте 50 м изменялась в более широком диапазоне ($-1,7...+3,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$), чем на поверхности. Наибольшая неоднородность вод на этом горизонте наблюдалась на мелководных участках южной части акватории съёмки, где отмечалось поступление трансформированных атлантических вод. Севернее 78° с.ш. температура воды была отрицательной. Наличие атлантических трансформированных вод в южной части района работ на горизонте 50 м также подтверждается значениями солёности, превышавшими 34,8 ‰. Поле солёности на 50 м было более однородным по сравнению с поверхностью – значения солёности изменялись от 34,4 до $35,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

В придонном слое изменчивость температуры воды была небольшой – перепад ее значений в районе работ не превышал $2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Положительные значения температуры воды отмечались в южной части акватории съёмки, а положение нулевой изотермы практически совпадало с центральной осью желоба Святой Анны. Солёность вод у дна также обладала значительно меньшей изменчивостью (от 34,8 до $35,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$) по сравнению с вышележащими горизонтами.

В сентябре 2008 г. температура воды на разрезе, вдоль которого были установлены АБС, изменялась от $-1,5$ до $4,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 3). Наиболее теплые воды (с температурой выше $3,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$) отмечались в верхнем 30-метровом слое в южной части разреза (южнее $77^{\circ}30'$ с.ш.), наиболее холодные (ниже $-1,04 \text{ }^{\circ}\text{C}$) – в промежуточном слое 75–100 м в северной части разреза (севернее $78^{\circ}40'$ с.ш.). Глубина залегания слоя скачка температуры на всем протяжении разреза практически не изменялась и составляла в среднем 40 м. Максимальный градиент температуры воды в слое скачка достигал $0,17 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{м}$. Наличие нескольких ядер теплых и холодных водных масс в плоскости разреза создает достаточно сложную картину, не позволяющую однозначно оценить направление движения вод в этом проливе. Вероятно, анализ данных измерений течений, полученных с помощью АБС, позволит прояснить сложившуюся ситуацию. Предположительно, холодные воды, ядро которых располагается в северной части разреза на глубинах 50–150 м, движутся в Баренцево море, так же как и теплые воды с ядром в центральной части разреза на глубинах 75–150 м.

Тогда как воды вдоль южного склона желоба Святой Анны, вероятнее всего, вытекают из Баренцева моря. Холодные воды над банкой, расположенной в южной части разреза, возможно, имеют местное происхождение и их положение обуславливается местной антициклонической циркуляцией вод.

Соленость воды на разрезе изменялась от 33,5 до 35,0 ‰. Наиболее солеными (34,9–35,0 ‰) были придонные воды южной половины разреза, тогда как наиболее распресненными (33,5–33,7 ‰) – воды верхнего 20-метрового слоя в центральной части разреза. Максимальные вертикальные градиенты солености, достигавшие $0,06 \text{ м}^{-1}$, наблюдались в центральной части разреза на глубинах около 30 м. Средняя толщина халоклина при этом составляла около 20 м.

По сравнению с сентябрем 2007 г., в сентябре 2008 г. на этом разрезе был выявлен ряд отличий в термохалинной структуре вод. Максимальные положительные разности значений температуры воды между 2008 и 2007 гг. были отмечены в слое 20–40 м в северной части разреза, что, вероятно, обусловлено более интенсивным прогревом в 2008 г. вод верхнего слоя и, как следствие, заглублением границ термоклина. Воды в северной части разреза глубже 50 м оказались незначительно теплее по сравнению с 2007 г. (в среднем на $0,2\text{--}0,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Большие разности

температуры воды на глубинах 50–100 м в районе $78^{\circ}20'\text{--}78^{\circ}30'$ с.ш. связаны, по мнению авторов, с подъемом и смещением к северу потока теплых вод. Отмечено, что в 2008 г. ядра теплой воды в центральной части разреза и над южным склоном желоба Святой Анны были холоднее, чем в 2007 г., при этом разница температуры достигала в среднем $-1,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. В то же время на глубинах более 200 м воды были незначительно теплее (на $0,2\text{--}0,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$), чем в 2007 г. Также более теплыми по сравнению с 2007 г. были воды в южной части разреза.

Характер вертикального распределения солености в плоскости рассматриваемого разреза в 2008 г. мало отличался от такового в 2007 г. Исключение составил верхний 20-метровый слой к северу от $77^{\circ}45'$ с.ш., где в сентябре 2008 г. отмечались значительно более соленые воды, чем в сентябре 2007 г., – разница значений солености там достигала 3,0. Также более солеными (в среднем на 0,6) были воды верхнего 10-метрового слоя в самой южной части разреза вблизи архипелага Новая Земля. Менее солеными (в среднем на 0,3) по сравнению с 2007 г. оказались воды верхнего 30-метрового слоя над банкой в южной части разреза ($77^{\circ}00'\text{--}77^{\circ}20'$ с.ш.).

Заключение. В ходе совместных исследований ПИНРО и ИМИ в 2007–2008 гг. в рамках проекта ВИАС по программе III Международного полярного года 2007/08 собраны данные на пяти автономных буйковых станциях в проливе между архипелагами Новая Земля и Земля Франца-Иосифа.

Наблюдения на океанографическом разрезе вдоль линии установки АБС в сентябре 2007 г. и на пяти океанографических разрезах в сентябре 2008 г. выявили в северо-восточной части Баренцева моря сложную термохалинную структуру взаимодействующих вод арктического и атлантического происхождения. В частности, установлено наличие подповерхностного минимума температуры в слое 50–100 м в северной части акватории исследований и ядра теплых вод в слое 75–150 м в районе желоба Святой Анны. Практически на всей акватории исследований в слое 30–50 м отмечались значительные вертикальные градиенты температуры и солености воды.

Отмечено, что в сентябре 2008 г. теплые атлантические трансформированные воды были холоднее, а холодные арктические, наоборот, – теплее, чем в тот же период 2007 г. Воды верхнего 20-метрового слоя в северной части разреза, выполненного в сентябре 2008 г. вдоль линии постановки АБС, были значительно соленее (увеличение солености достигало 3,0), чем в 2007 г.

Дальнейшая совместная обработка данных 13 уникальных годовых серий, полученных с измерителей течений АБС и отражающих изменения скорости и направления течений, температуры и солености воды в проливе между архипелагами Новая Земля и Земля Франца-Иосифа, позволит дополнить знания об особенностях водообмена

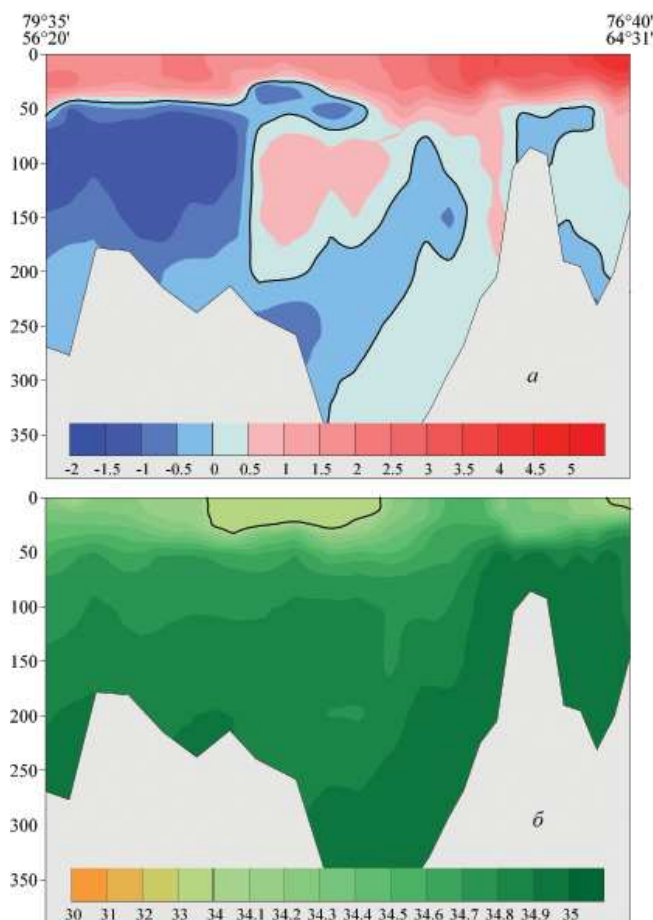


Рис. 3. Вертикальное распределение температуры ($^{\circ}\text{C}$) (а) и солености (‰) (б) воды на разрезе между архипелагами Земля Франца-Иосифа и Новая Земля 12–13 сентября 2008 г.

Баренцева моря с Арктическим бассейном, сезонных изменениях скорости и направления течений, а также температуры и солености воды в северо-восточной части Баренцева моря.

*А.Г. ТРОФИМОВ, А.Л. КАРСАКОВ,
О.В. ТИТОВ (ПИНРО)
R. INGVALDSEN, V. LIEN, H. LOENG (IMR)*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Loeng H., Ozhigin V., Aadlandsvik B. Water fluxes through the Barents Sea // ICES J. Mar. Sci. 1997. Vol. 54. P. 310–317.
2. Loeng H., Sagen H., Aadlandsvik B., Ozhigin V. Current measurements between Novaya Zemlya and Frans Josef Land. September 1991 – September 1992 // Data report. Report № 2. / Dept. of Mar. Environment. Institute of Marine Research. Bergen. Norway. 1993. 23 p. 4 appendices.
3. Midttun L. Formation of dense bottom water in the Barents Sea // Deep Sea Res. 1985. Vol. 32 (10). P. 1233–1241.

ИССЛЕДОВАНИЯ ТОРОСОВ НА ЛЕДОВОЙ БАЗЕ БАРНЕО В РАМКАХ ПРОЕКТА МПГ «ПАЛЭКС»

Натурные и теоретические исследования торосов в последние годы становятся все более актуальными, что связано с расширением инженерных изысканий, а также поиском и добычей углеводородного сырья на Арктическом шельфе. Торосы являются характерным элементом морского ледяного покрова и представляют собой беспорядочное нагромождение кусков битого льда под водой и на поверхности ровного льда в результате ледовых сжатий. Особое значение изучению торосов придается в связи с увеличением их доли в Арктическом бассейне в последние годы, что, в свою очередь, связывается с потеплением климата. Как правило, торосы формируются на границе припая и чистой воды или при сжатии льдов в полыньях и разводьях.

Часть тороса, находящаяся выше ватерлинии или поверхности ровного льда, называется парусом. Ниже ватерлинии или нижней поверхности ровного льда расположен так называемый киль тороса. Парус тороса состоит из блоков льда и воздуха и характеризуется так называемым коэффициентом заполнения паруса, представляющим собой отношение объема, заполненного льдом, к общему объему паруса. Киль тороса, состоящий из блоков льда и пор, заполненных водой и (или) шугой, также характеризуется коэффициентом заполнения, но килля. Важной характеристикой торосов являются углы наклона склонов по отношению к горизонту. Углы наклона для надводной и подводной частей тороса обычно не равны друг другу. Также наблюдается тенденция уменьшения угла наклона боковых поверхностей паруса относительно горизонта с увеличением возраста торосов [7, 8].

Как правило, наиболее известные термодинамические модели морского льда, которые используются в качестве самостоятельного блока при моделировании ледяного покрова в целом, не учитывают особенности теплофизических и радиационных свойств торосов, которые, как будет показано ниже, в значительной степени отличаются от аналогичных характеристик для ровного льда. Например, хорошо известно [2],

что величина альбедо морского льда чрезвычайно важна при расчетах интенсивности его таяния. При этом основной объем измерений альбедо посвящен определению отражательных свойств как отдельных элементов поверхности (ровный лед различного возраста, заснеженности и разрушенности, снежицы), так и средних значений по некоторым площадям [1, 3]. Для определения альбедо ровных участков поверхности морского льда существует общепризнанная методика Росгидромета [6], в то же время для определения альбедо участков поверхности, занятых торосами, аналогичной методики не существует. Материалов, связанных с определением солнечной радиации, проникающей в толщу среды, не так много даже для ровного льда и снега, а для торосистых образований такие наблюдения практически отсутствуют. Перечисленные проблемы являются серьезным препятствием для корректной оценки баланса массы льда с использованием математических моделей. Наблюдения, выполненные в ходе работ на ледовой базе Барнео в 2010 г. (проект МПГ «ПАЛЭКС», рук. д-р. биол. наук И.А. Мельников, ИО РАН, г. Москва), позволили сделать первый шаг на пути решения перечисленных проблем. Однако эти же пионерские исследования вскрыли и ряд нерешенных вопросов методического характера.

Например, измерения отражательных характеристик (в дальнейшем изложении альбедо) торосистого образования представляют собой определенную проблему. Для измерения отраженной радиации мы устанавливали приемные поверхности пиранометров параллельно склону торосов. Так как работы велись на небольшом удалении от точки географического Северного полюса, то высота солнца в течение суток практически не менялась. Измерения альбедо склонов проводилось с помощью отечественного пиранометра М-80 конструкции Янишевского (спектральный диапазон 300–3000 нм) и пиранометра LI-192SA фирмы «LIQER», США (400–700 нм). Также выполнялись оригинальные измерения обратного рассеивания (излучение толщи льда), при этом прием-

ная поверхность датчика (пиранометра LI-192SA) прижималась непосредственно к поверхности исследуемого склона тороса. Фиксировались высота и ширина основания паруса тороса, определялись углы наклона склонов тороса.

Измерения альбедо склонов производилось только в двух случаях. Либо при наличии 10-балльной сплошной облачности, когда присутствовала только рассеянная радиация, либо в условиях ясного неба. В последнем случае измерения производились только на солнечной стороне тороса, т.е. при прямой солнечной радиации. Всего было обследовано 30 различных участков склонов торосов. Высота торосов изменялась от 2,5 до 3 м, они были сложены блоками однолетнего льда, заснеженность различных участков варьировалась от 5 до 50 см.

В случае рассеянной радиации мы не выявили зависимости альбедо от угла наклона склонов тороса к горизонту. Среднее альбедо для спектрального диапазона 300–3000 нм составило 90 %, а для 400–700 нм – 94 %.

Для простоты интерпретации данных, полученных в условиях ясного неба, измерения на склоне тороса производились в момент совпадения азимутальных углов склона тороса и солнечного диска. На рис. 1 представлена зависимость альбедо склона тороса для таких условий.

Как видно из рисунка, в диапазоне 300–3000 нм изменение альбедо склона тороса достигает практически 30 %. При таком уменьшении альбедо поглощение солнечной радиации возрастает в три раза. Различие зависимостей альбедо от угла наклона склона в разных спектральных диапазонах, по-видимому, связано с тем, что с увеличением угла наклона большее количество солнечной радиации проникает внутрь тороса и поглощается в его толще на длинах волн свыше 700 нм. При измерениях в диапазоне 400–700 нм эта доля энергии, естественно, не учитывается. Наконец, с увеличением угла падения солнечных лучей доля энергии, отраженной непосредственно от поверхности, значительно падает, при этом доля обратного рассеивания (излучение толщи), наоборот, возрастает.

На рис. 2 представлена экспериментальная зависимость отношения рассеянной вверх с поверхности тороса радиации к падающей на данную поверхность или «альбедо толщи» [4, 5].

Подведем итог полученных нами результатов, которые, безусловно, носят предварительный характер:

- получена экспериментальная зависимость альбедо склона тороса от угла падения солнечных лучей для различных спектральных диапазонов;
- альбедо склонов практически не зависит от угла их наклона в условиях рассеянной радиации;

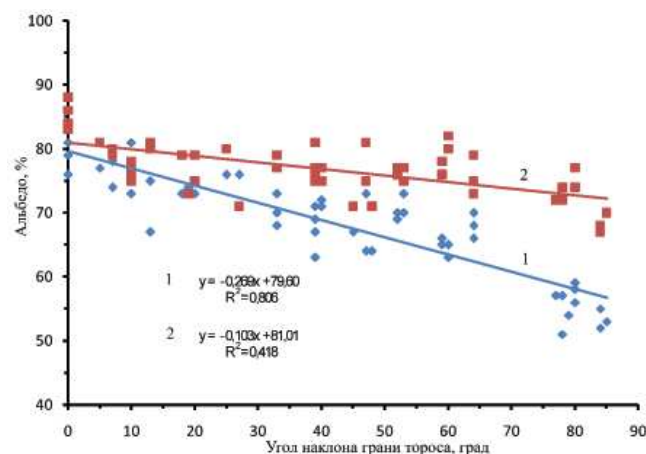


Рис. 1. Зависимость альбедо склона тороса от угла его наклона к горизонту (1 – пиранометр М-80; 2 – LI-192SA)

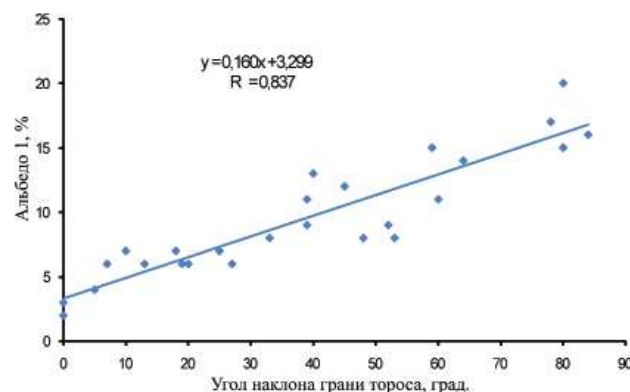


Рис. 2. Зависимость альбедо толщи от угла наклона склона тороса

- наличие торосов увеличивает поглощение солнечной радиации и соответственно приводит к дополнительному прогреву подстилающей поверхности при наличии прямой солнечной радиации.

С.П.ПОЛЯКОВ, Б.В.ИВАНОВ,
О.М.АНДРЕЕВ, А.М.БЕЗГРЕШНОВ (ААНИИ)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров Е.И., Брызгин Н.Н., Радионов В.Ф. Снежный покров в Арктическом бассейне. СПб.: Гидрометеиздат, 1996. 124 с.
2. Зубов Н.Н. Лды Арктики. М.: Изд. Главсевморпути, 1944. 360 с.
3. Иванов Б.В. Альбедо морского льда с учетом состояния снежиц и их площади // Тр. ААНИИ. 2006. Т. 447. С. 126–131.
4. Тимерев А.А. Отражательные свойства подстилающей поверхности полярных районов // Тр. ААНИИ. 1976. Т. 328. С. 106–115.
5. Тимерев А.А., Назаров В.Д. Влияние метаморфизма снежно-ледяной среды на рассеивающие свойства радиационно-активного слоя ледников Северной Земли // Географические и гляциологические исследования в полярных странах / Под ред. Короткевича Е.С. Л.: Гидрометеиздат, 1988. С. 61–69.
6. Руководство гидрометеорологическим станциям по актинометрическим наблюдениям. Л.: Гидрометеиздат, 1998 г. 285 с.
7. Международная номенклатура морских льдов, условные обозначения для ледовых карт. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 76 с.
8. Морской лед: Справочное пособие / Под ред. И.Е.Фролова и В.П.Гаврило. СПб.: Гидрометеиздат, 1997. 402 с.

ГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Во втором этапе 55-й РАЭ (30-й рейс НЭС «Академик Федоров», 23 февраля–21 мая 2010 г.) принимали участие сотрудники Института океанологии им. П.П.Ширшова РАН (ИО РАН) д-р. геол.-минерал. наук И.А.Немировская, ст. науч. сотр. В.А.Артемов и аспирант К.А.Щербаков. Работы проводили в соответствии с Программой фундаментальных исследований ОНЗ РАН раздел 5 «Наноразмерные частицы в геосферах Земли и техногенных продуктах: условия нахождения, физические и химические свойства и условия образования», тема 7.8 «Микро- и наночастицы в морях, океанах, атмосфере и льдах. Потоки и состав загрязнений на микро- и наночастицах»; Программы № 20 фундаментальных исследований Президиума РАН «Геохимические исследования природных и антропогенных процессов в высокоширотных акваториях (Арктика и Антарктика)»; РФФИ проект 08-05-00094 «Углеводороды в высокоширотных акваториях».

В этом рейсе при проведении геохимических работ большое внимание было уделено исследованию взвешенного вещества (особенно оптическими методами). Кроме того проводили литолого-геохимическое изучение морских льдов, снежно-ледяного покрова, исследование мхов, лишайников и почв на антарктических станциях и в районе антарктических озер. На борту судна определяли показатель ослабления света – ϵ_{525} (был использован прозрачномер ПУМ-А, разработанный в лаборатории оптики океана ИО РАН), выделяли взвешенное вещество методом фильтрации из проб воды, экстрагировали и определяли липиды (суммарную экстрагируемую фракцию) и углеводороды (УВ) методом ИК-спектрофотометрии (благодаря наличию судового ИК-спектрофотометра IR-435 Shimadzu, Япония), определяли соленость снега и льдов. Одновременно с отбором проб морской воды регистрировали координаты, температуру воды и воздуха, скорость ветра (с судовой метеостанции «MILOS-520»); визуально описывали состояние морской поверхности и ледяного покрова.

По маршруту судна был сделан межконтинентальный разрез от берегов Антарктиды (море Дейвиса) до берегов Европы (Балтийское море) и разрез в морях Восточной Антарктики: море Лазарева – море Дейвиса. Совместный анализ оптических данных и температуры показал, что в большинстве случаев между распределением этих параметров наблюдались зависимости (мы не смогли сопоставить полученные данные с распределением солёности, так как датчик определения солёности плохо работал). В качестве примера приведено распределение показателя ослабления света (ϵ_{525}) и температуры на разрезах в Южном океане (рис. 1–3).

Разрез Африка – Антарктида (море Лазарева) пересекает фронтальные зоны: ФТАг – фронт течения Агульяс, ССТФ – Северный субтропический фронт, САФ – антарктический фронт, ПФ – Полярный фронт, АД – зона Антарктической дивергенции. В феврале значения ϵ_{525} , которые определяются концентрацией взвеси в поверхностных водах, по мере пересечения течения Агульяс сначала уменьшались с 0,42 до 0,26 м⁻¹, затем резко возрастали и достигали экстремально высоких значений – 0,875 м⁻¹ на ССТФ (рис. 1а). Температура менялась в противофазе с прозрачностью, и коэффициент корреляции (r) составил – 0,72. Поступление к поверхности более холодных вод, богатых биогенами, приводит к увеличению их продуктивности, росту биогенной взвеси и, как следствие, величины ϵ_{525} . Повышение продуктивности вод в районе ССТФ подтверждается спутниковыми данными по распределению хлорофилла «а», где его концентрации достигают значений 0,5 мг/м³, на фоне значений 0,2 мг/м³. Южнее ССТФ начинается Субантар-

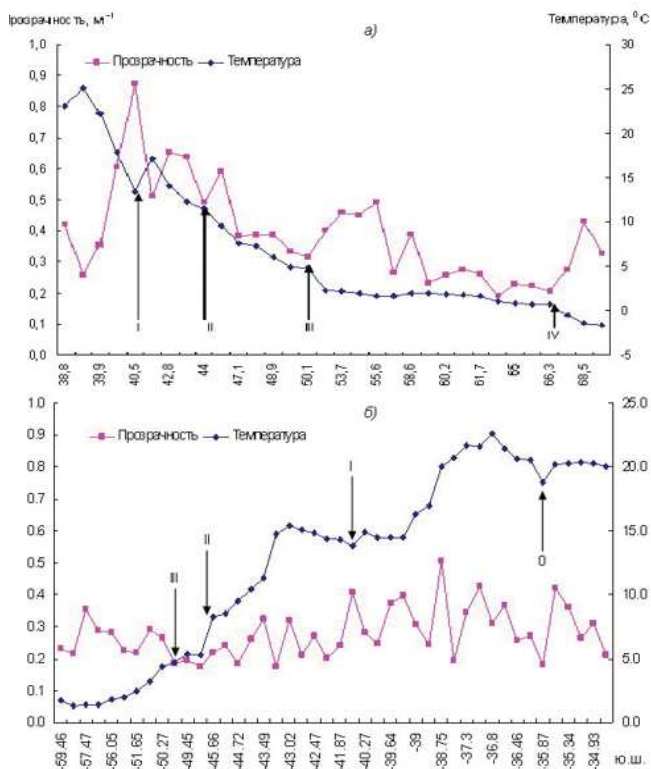


Рис. 1. Изменение прозрачности и температуры поверхностного слоя воды на разрезах: Африка – ледовый барьер в море Лазарева, апрель 2010 г. (а); море Дейвиса – Африка, февраль 2010 г. (б).

Стрелками показано среднее многолетнее положение основных гидрологических фронтов: 0 – ФТАг (фронт течения Агульяс), I – ССТФ (Северный субтропический фронт), II – САФ (Субантарктический фронт), III – ПФ (Полярный фронт), IV – АД (зона Антарктической дивергенции)

ктическая зона, южной границей которой является Субантарктический фронт. Значения прозрачности оставались достаточно высокими и колебались в интервале $0,50\text{--}0,65\text{ м}^{-1}$. Температура изменялась в противофазе с прозрачностью, но менее интенсивно. После прохождения САФ начинается Антарктическая фронтальная зона мезотрофных вод, которые характеризуются низкими концентрациями фитопланктона – продуцента биогенного вещества, главного источника биогенного материала водной взвеси, поэтому значения ε_{525} уменьшались до 0,2, а потом резко возрастали в зоне образования льдов.

В апреле на разрезе море Дейвиса – Африка значения ε_{525} изменялись в меньшем диапазоне: от 0,17 до $0,50\text{ м}^{-1}$ при средней величине $0,28\text{ м}^{-1}$. В то же время в районе южных границ разреза в Антарктической зоне средние значения показателя ослабления света и температуры в феврале и апреле практически совпадали ($0,27$, $0,28\text{ м}^{-1}$ и 5° , $4,8^\circ$ соответственно). Однако наибольшие градиенты значений ε_{525} , как и в феврале, соответствовали фронтальным зонам ФТАГ и СТФ.

Содержание липидов на разрезе Африка – Антарктида в феврале изменялось в интервале $6,30\text{--}35,8\text{ мкг/л}$, при средней величине – 27 мкг/л ($\sigma=13,8$, $n=17$), а УВ – $6,1\text{--}29,6\text{ мкг/л}$, в среднем $15,6\text{ мкг/л}$ ($\sigma=7,2$). Эти величины соответствуют концентрациям УВ в пелагических районах Мирового океана. Распределение липидов и УВ также подчинялось гидрологическим факторам. В частности, между концентрациями липидов во взвеси и показателем ослабления света существовала жесткая зависимость (рис. 2а) с коэффициентом корреляции $r=0,87$, что с довольно низким содержанием УВ в составе липидов (в среднем 53 %) может свидетельствовать о природном происхождении этих органических соединений (ОС).

В апреле на разрезе море Дейвиса – Африка распределение ОС так же, как показателя ослабления света, изменилось (рис. 2б) и их содержание уменьшилось. Средние концентрации составили для липидов и УВ соответственно $12,5$ и $8,0\text{ мкг/л}$, что, скорее всего, обусловлено сезонными изменениями продукции фитопланктона. Между распределением показателя ослабления света и липидами во взвеси также наблюдалась зависимость – ($r=0,67$). При этом изменчивость концентраций выражена в большей степени, чем на разрезе Африка – Антарктида.

В прибрежных водах Антарктики все станции были расположены южнее Антарктической дивергенции. Значения показателя ослабления изменялись от $0,24\text{ м}^{-1}$ на чистой воде до $0,83\text{ м}^{-1}$ среди сплошного льда. В этом районе также наблюдалась обратная зависимость между величиной ε_{525} и температурой (рис. 2). Исключение представляет район бухты Атка, где при приближении к берегу эти параметры изменялись синхронно. Начиная с

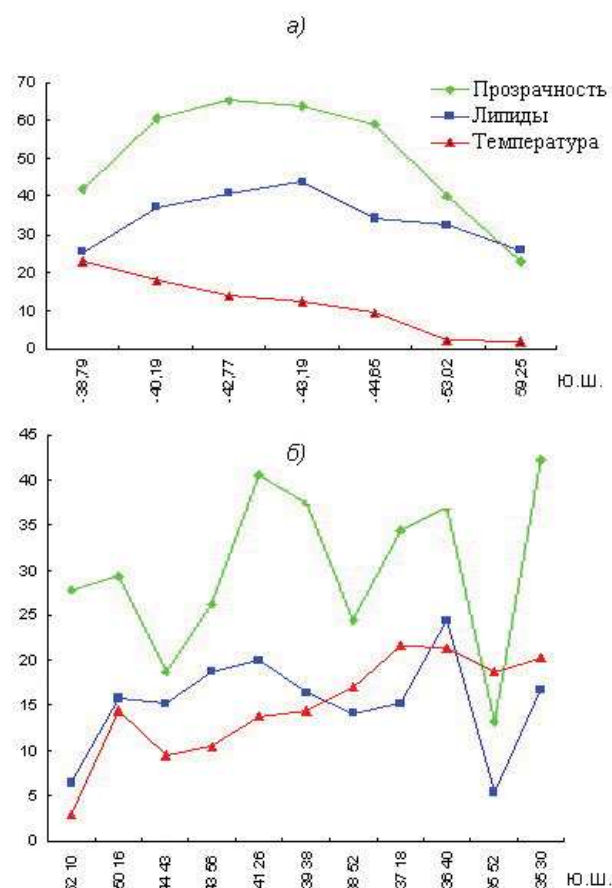


Рис. 2. Изменение показателя ослабления света ($\varepsilon_{525} \times 100$), липидов (мкг/л) и температуры ($^\circ\text{C}$) на разрезе: а – Африка – ледовый барьер в море Лазарева, апрель 2010 г.; б – море Дейвиса – Африка, февраль 2010 г.

23° в.д. и до моря Дейвиса (обсерватория Мирный) для величины ε_{525} можно выделить зоны постоянных значений, которые получены при отборе проб в отсутствие льда или в больших проталинах – в среднем $0,225\text{ м}^{-1}$ ($n=24$). Эту величину показателя ослабления света, видимо, можно считать фоновой в приповерхностной свободной ото льда морской воде морей Южного океана. Наибольшая изменчивость поверхностной температуры и показателя ослабления приурочены к станциям Новолазаревская, Прогресс и Мирный, видимо, сказывалось влияние ледообразования при приближении к берегу.

На материке Антарктида в районе российских станций значения показателя ослабления света в снеге и во льду были близкими: $0,291\text{--}0,242\text{ м}^{-1}$. Минимальная величина ε_{525} в снеге ($0,113\text{ м}^{-1}$) была установлена в районе обсерватории Мирный, скорее всего из-за поступления снега со стоковыми ветрами. Эти данные могут свидетельствовать о незначительном загрязнении снежного покрова в результате деятельности станции.

Содержание УВ в снеге также оказалось низким не только на ст. Молодежная, где в настоящее время отсутствует даже сезонный отряд, но также в снеге

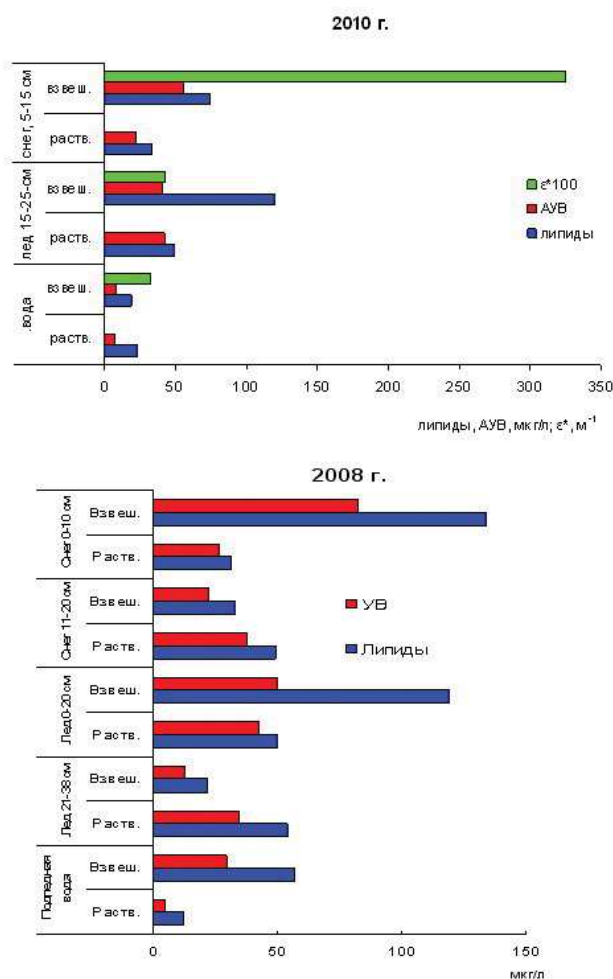


Рис. 3. Изменение концентраций липидов, УВ и взвеси в снежно-ледяном покрове озера Степед в разные годы

станции Новолазаревская и обсерватории Мирный (12, 20 и 14 мкг/л соответственно). По сравнению с исследованиями предыдущих лет, их концентрации незначительно снизились. Эти данные можно использовать в качестве фоновых значений. Концентрирование ОС во взвеси происходит во льду, где их содержание увеличивается более чем в 8 раз.

Наиболее значительные изменения по сравнению с 2008 г. произошли в снежно-ледяном покрове озера Степед (рис. 3), где концентрации всех изучаемых соединений снизились по сравнению с 2008 г., когда содержание УВ в снеге на озере Степед достигало во взвеси 82 мкг/л, а значения ϵ_{525} – 4,72 м⁻¹. При этом в слое 11–20 см содержание УВ превосходило величину, установленную в слое 0–10 см (свеженаметанный снег) почти в 4 раза. Концентрации ПАУ, обладающих канцерогенными свойствами (наиболее устойчивого углеводородного класса), увеличились в этих слоях снега в 2 раза, 467 и 959 нг/л соответственно. В составе ПАУ в верхнем слое снега доля природных соединений – фенантрена и хризена – составила 62 %, а в нижнем – всего 23 %. Состав ПАУ в верхнем слое льда указывал на влияние пирогенных соединений, так как отношение ФЛ/П=0,74 (ФЛ – флуорантен, П –

пирен). В период наших исследований в 2010 г. содержание УВ во взвеси снега о. Степед снизилось до 56 мкг/л, а значение ϵ_{525} – до 3,25 м⁻¹ (рис. 3). В системе снег–лед–вода значения показателя ослабления света уменьшились в 9 раз – до 0,361 м⁻¹. Во льду, так же как в снеге, более высокие концентрации присущи взвешенной форме ОС – до 119 мкг/л для липидов. В подледной воде содержание УВ (4–7 мкг/л) оказалось на грани чувствительности метода определения и практически совпадало с данными 2003 и 2001 гг., где их концентрации не превышали 6 мкг/л. Вода озера не пахла сероводородом, как в 2008 г., что, возможно, связано с отсутствием в воде водорослей. Таким образом, если в 2008 г. был сделан вывод, что произошло эвтрофирование вод озера, то в настоящее время экосистема этого водоема восстановилась и, как и ранее, в подледной воде были обнаружены только рачки и коловратки.

В этом районе в 2010 г. по сравнению с 2008 г. произошло уменьшение концентраций УВ (почти в 10 раз) в почве (табл. 1). Содержание УВ оказалось сопоставимым с концентрациями в почве ст. Молодежная, которые можно считать фоновыми: 6–8 мкг/г. На содержание ОС в почвах деятельность станций оказывает влияние в большей степени, чем генезис слагающей породы, дающий различный по составу элювий (табл. 1). В частности, в почве о. Хасуэлл, содержащей большое количество гуано пингвинов, концентрация УВ достигала всего 12 мкг/г, а в почве, расположенной вблизи обсерватории Мирный, – 1045–1631 мкг/г с максимумом в районе склада хранения бочек. В фоновом районе на этой станции их содержание снижалось до 28 мкг/г. Примечательно, что на ст. Молодежная максимальная концентрация УВ в почве установлена в районе вертолетной площадки (134 мкг/г), где, возможно, происходили разливы топлива.

Этот же вывод можно сделать на основании результатов исследования УВ в почвах на других станциях. В частности, в районе ст. Новолазаревская максимальная концентрация УВ в почве установлена вблизи ДЭС (2463 мкг/г), а на берегах озер, расположенных вне станции, она изменялась в интервале 29–93 мкг/г (табл. 1). В районе ст. Дружная минимальное содержание установлено в почве горы Лэндинг. Однако и в пределах самой станции загрязнение почв незначительное и концентрации УВ изменялись в интервале 12–41 мкг/г, что значительно ниже их содержания в почвах на других станциях. На ст. Дружная концентрирование УВ происходило в компосте и в сине-зеленых водорослях озера Базового (соответственно 452 и 962 мкг/г). Для сравнения в почве станции Мак-Мердо концентрация алифатических УВ изменялась от < 30 до 29100 мкг/г, а ПАУ – от 664 до 72267 нг/г сухой массы. Эти величины были выше установленных концентраций в почве станций Новолазаревская и Дружная.

РАБОТЫ В АРКТИКЕ

Таблица 1. Концентрации липидов и УВ (мкг/г) в почвах, лишайниках и мхах

Станция	Местоположение	Год	Описание пробы	Липиды	Угле-водороды		
Станция Прогресс	Берег оз. Степпед	2010	Почва	10–43	7–8		
	Залив Нелла		Почва	12–20	6–8		
	Берег оз. Степпед	2008	Почва	199	73		
			Лишайник	4109	2708		
			Мох	2499	1798		
			Водоросли	1518	676		
			2003	Почва	145,5	29,9	
	Лишайник			1220	312		
Мох	904			110			
Станция Новолазаревская	Рядом с ДЭС	2010	Почва	4253	2463		
	Водозабор		То же	1461	724		
	Продсклад		'_'	9072	196		
	Оз. Станционное		'_'	57–272	29–93		
	Оз. Глубокое		'_'	93	79		
	Оз. Поморник		'_'	366	69		
	Оз.Глубокое		Мох	20861	482		
	Оз. Зуб		То же	1787	301		
	3 км с–в от станции		Лишайник	1745	303		
	Оз. Кадмия		Лишайник	139	44		
	Рядом с ДЭС	2008	Почва	15616	9784		
	Водозабор		То же	289	263		
	Оз. Станционное		'_'	185	140		
	Продсклад		'_'	293	174		
	Рядом с ДЭС	2001	Почва	Не опред.	32503		
	Водозабор		То же	'_'	14		
	Оз. Станционное		'_'	'_'	22		
	Продсклад		'_'	'_'	85		
Станция Молодежная	Район электростанции	2010	Почва	15–215	5–43		
	Оз. Лагерное		То же	15	8		
	Магнитный павильон		'_'	13	9		
	Вертолетная площадка		'_'	285	134		
			Лишайник	1236	22		
			То же	469	66		
				Почва	26	6	
Станция Дружная	Модульный пункт	2010	Компост	13461	452		
	Участок около модульного пункта переработки отходов		Почва	555	8		
	Склад хранения бочек		То же	301	12		
	Участок около камбуза		'_'	45	27		
	Участок около бани		'_'	79	41		
	Контейнерная площадка		'_'	603	28		
	Дно оз. Базового		Грунт	1189	962		
	Обсерватория Мирный		Дом радио	2010	Почва	–	1631
			Склад хранения бочек		То же	Не определяли	1045
Фоновый дом		'_'	57		28		
		Дом геофизиков	2008	'_'	31–47	23–35	

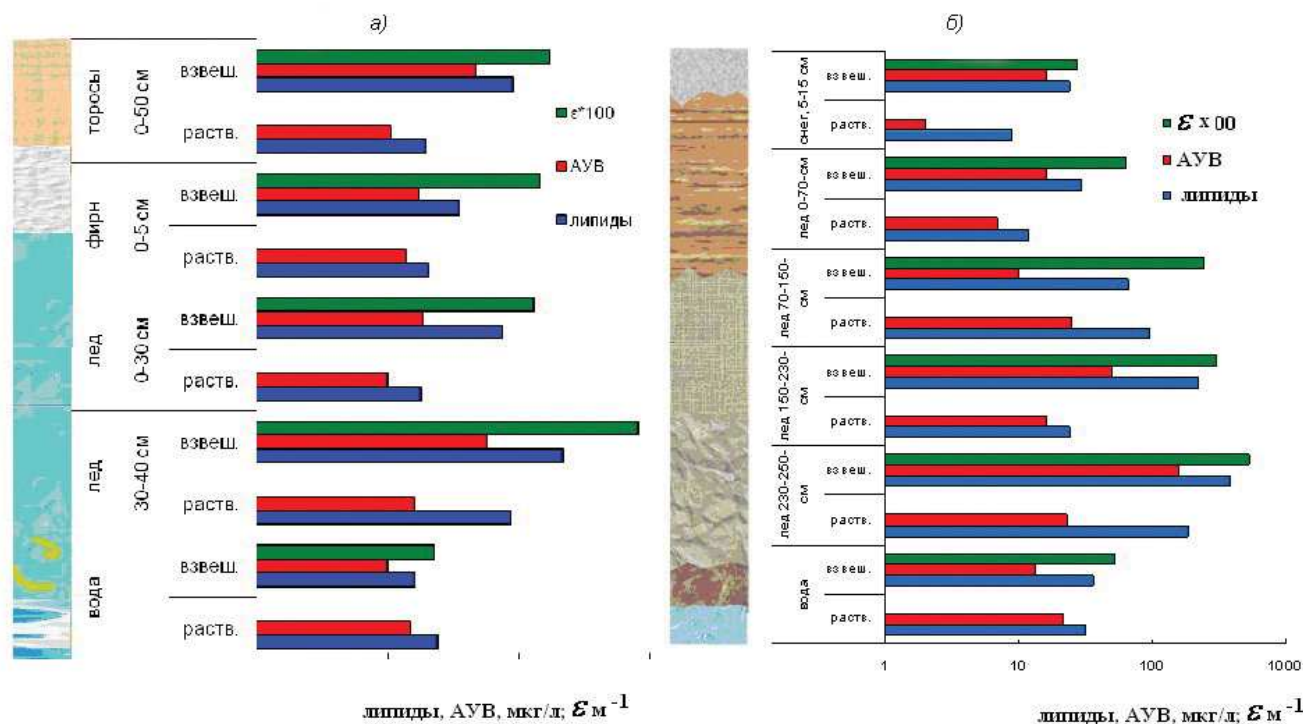


Рис. 4. Распределение показателя ослабления света, липидов и УВ в снежно-ледяном покрове в бухте Нелла (а) и бухте Санни (б), залив Прюдс моря Содружества

Лишайники, не имея корневой системы, питаются исключительно за счет веществ золотого разнота, т.е. аккумулируют ОС из воздуха. В суровых условиях Антарктиды они обладают достаточной биологической активностью, обеспечивающей нормальное протекание жизненных процессов, приводящих к образованию и накоплению химических веществ. Поэтому и концентрации ОС в лишайниках и мхах значительно выше, чем в почвах (табл. 1).

На припайных льдах в заливе Прюдс (бухты Санни и Нелла) в снеге концентрации липидов изменялись от 14 до 35 мкг/л, а УВ – от 9 до 16 мкг/л. Эти данные близки к полученным в 2008 г.: в заливе Прюдс (бухта Санни) содержание УВ в снеге составило в среднем 19 мкг/л, а в море Дейвиса в районе обсерватории Мирный – 7 мкг/л. Отсутствие снега на горах в бухте Санни привело к повышению аэрозоля в атмосфере этого района и к увеличению взвешенных форм ОС в снеге.

Во льдах залива Прюдс концентрирование ОС наблюдалось в нижнем слое (рис. 4), что типично для припайных льдов, в которых нарастание происходит снизу. Связано это с увеличением концентраций самой взвеси, так как значения ϵ_{525} в нижнем 10-см слое льда бухты Нелла превосходили их содержание в подледной воде в 35,5 раз; а липидов и УВ во взвеси в 13,4 и 5,7 раз соответственно. Из-за разницы температур на границе лед-вода, в этом слое происходит развитие диатомовых водорослей, обуславливающих увеличение биогенной взвеси. При биогенном синтезе УВ не являются доминирующими в составе ОС, поэтому рост их концентраций проис-

ходит в меньшей степени, чем липидов. В растворенной форме степень концентрирования ОС во льдах значительно ниже. Для липидов она составила всего 3,6, а концентрации УВ в подледной воде и нижней части льда практически равны (соответственно 15 и 16 мкг/л). Примечательно, что в торосах, несмотря на то, что визуально была видна взвесь, степень концентрирования изучаемых соединений во взвеси была ниже и для показателя ослабления света, липидов и УВ, по сравнению с подледной водой, соответственно составила 7,6, 5,6 и 4,7.

Аналогичное распределение взвеси и ОС наблюдалось в снежно-ледяном покрове на припайном льду в бухте Санни (рис. 4б). Несмотря на то, что был отобран керн длиной 250 см, концентрации в нем взвеси и ОС оказались сопоставимыми с их содержанием в 50 см керне льда в бухте Нелла. Визуально строение этих кернов также совпадало. Морской лед в бухте Санни был довольно однородным, и в нем также визуально отсутствовали диатомовые водоросли. В этом льду происходило последовательное увеличение концентраций взвеси к нижнему слою льда: значения ϵ_{525} возрастали от 0,28 до 5,32 м⁻¹, липидов – от 24 до 390 мкг/л и УВ – от 16 до 162 мкг/л (рис. 4б). Это еще раз подчеркивает роль барьера лед-вода для формирования ОС во льду.

Таким образом, полученные данные можно считать мониторинговыми, так как подобные исследования в прибрежных районах Восточной Антарктики были проведены в 2001, 2003 и 2008 гг. в 46-й, 48-й и 53-й РАЭ. Впервые в практике экспедиционных

исследований в антарктической зоне был получен большой массив данных (310 станций) по показателю ослабления света морской водой, который напрямую связан с концентрацией взвеси в приповерхностном слое. Совместный анализ оптических и гидрологических данных показал, что взвесь чутко реагирует на изменение гидрологических параметров морской воды (в частности, температуры). Отбор и обработка проб, взятых на ходу судна, позволила оценить изменчивость и масштабы полей взвеси, что особенно ценно для интерпретации данных спутниковых сканеров цвета. В дальнейшем для более обоснованного объяснения изменчивости величины ε_{525} будут использованы данные по концентрации взвеси, хлорофиллу, а также данные спутниковых наблюдений. На их основе будет создан локальный алгоритм для Южного океана, позволяющий пересчитывать данные по цветности в значения массовой концентрации взвеси.

Исследование взвеси, УВ и липидов в районе антарктических станций показало, что для антарктического снежного покрова характерны низкие их концентрации. Количество и флуктуации концентраций ОС обусловлены в основном естественными природными процессами. За время исследования произошли изменения в величинах концентраций и характере распределения взвеси и ОС в районе озера Степед. Если в 2008 г. был сделан вывод, что произошло эвтрофирование вод озера, то в настоящее время экосистема этого водоема вос-

становилась. Следовательно, даже при низких антарктических температурах происходит достаточно быстрая трансформация ОС, а в их составе УВ.

Содержание УВ в почве в районе антарктических станций в основном определяется антропогенным фактором. Концентрации УВ до 20 мкг/г можно считать фоновыми, более высокое содержание, скорее всего, обусловлено нефтяным загрязнением почв.

Снежный покров припайных льдов характеризуется низкими концентрациями УВ (3–7 мкг/л). В районе действующих станций и в акваториях, где увеличивается поток аэрозолей, концентрации УВ возрастают. В припайном льду аккумуляция взвеси, липидов и УВ происходит в барьерной зоне лед–вода и в меньшей степени снег–лед. Эти зоны (особенно вода–лед) даже при низких температурах остаются активной биогеохимической средой, где развиваются автохтонные процессы, способствующие образованию и концентрированию взвеси и взвешенных форм липидов и УВ. Несмотря на низкие температуры, природные процессы могут формировать высокие уровни УВ. Поэтому для обоснованных выводов о влиянии антропогенного фактора на формирование их уровней в различных объектах необходимо исследовать причины, вызывающие их увеличение, а также состав УВ.

И.А. НЕМИРОВСКАЯ (ИО РАН)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ АЭРОЗОЛЬНО-ОПТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА В АНТАРКТИЧЕСКОЙ АТМОСФЕРЕ В ПЕРИОД МПГ 2007/08

Введение. Аэрозольные и малые газовые составляющие, к числу которых относится атмосферный озон, входят в число основных климатообразующих факторов и оказывают значительное влияние на состояние приземного слоя атмосферы. Аэрозоли естественного и антропогенного происхождения прямо или косвенно влияют на оптические характеристики и радиационный режим атмосферы, на поступление радиации к земной поверхности [2]. Приход к поверхности Земли ультрафиолетовой радиации (УФР) в первую очередь определяется общим содержанием озона (ОСО) в атмосфере [8]. Поэтому постоянный мониторинг аэрозольной оптической толщины атмосферы (АОТ) и ОСО входят во все программы наблюдений за состоянием атмосферы [13, 14, 16]. Такие наблюдения проводились и в период Международного полярного года (МПГ) в 2007–2008 гг.

Особенностью антарктического континента является то, что это единственный из всех континентов на Земле, который до сих пор не был подвержен непосредственному влиянию антропогенного атмосферного аэрозоля и поэтому в неко-

тором смысле характеризует уровень фонового загрязнения атмосферы на земном шаре [3, 12].

В течение нескольких десятилетий в южной полярной области (ЮПО) проводятся наблюдения за общим содержанием озона (ОСО) [5, 11]. Особенности изменения ОСО в Антарктиде связаны со спецификой циркуляционных процессов в нижней и средней стратосфере и с климатическими особенностями этого региона.

В данной работе представлены некоторые результаты измерений спектральной аэрозольной оптической плотности и интегральной оптической плотности атмосферы, а также результаты измерений общего содержания озона в Антарктиде и Южном океане, выполненных во время МПГ, в сравнении с аналогичными результатами предшествующих лет.

Спектральная аэрозольная оптическая толщина и интегральная оптическая толщина антарктической атмосферы. Данные спектральных фотометрических и актинометрических наблюдений [6, 16] позволяют получить информацию об аэрозольном ослаблении в отдельных участках солнечного спектра. Однако спектральные измерения солнечной радиации имеют недостаточно

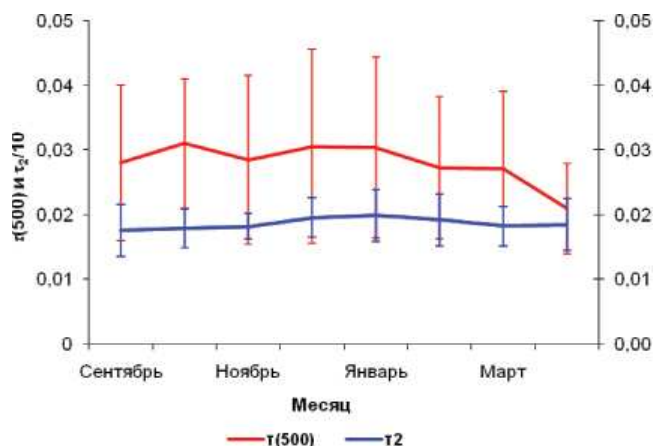


Рис. 1. Средние месячные значения τ_2 и $\tau(500)$ в обс. Мирный в периоды без влияния вулканических извержений. Средние месячные значения $\tau(500)$ рассчитаны за периоды наблюдений 1979–1981, 1985–1989 и 1996–2008 гг.; τ_2 – за периоды 1956–1963, 1967–1981, 1985–1990 и 1995–2008 гг.

длинные ряды наблюдений и часто носят эпизодический характер. Для оценки многолетней изменчивости аэрозольной составляющей начиная с 1950 гг. и до настоящего времени используются данные актинометрических наблюдений за прямой солнечной радиацией и интегральной прозрачностью атмосферы. Основной характеристикой интегральной прозрачности является коэффициент прозрачности (P_2), рассчитываемый при оптической массе атмосферы $m=2$ (т.е. при высоте Солнца, равной 30°). Определяется этот коэффициент из следующего соотношения:

$$P_2 = [S(h)/S_0]^{(\sin h + 0.204)/1.41}, \quad (1)$$

где $S(h)$ – прямая солнечная радиация, измеряемая в W/m^2 , приведенная к среднему расстоянию между Землей и Солнцем, при высоте Солнца h ; S_0 – солнечная постоянная, равная $1367 W/m^2$.

Коэффициент P_2 рассчитывается по значениям прямой солнечной радиации в диапазоне длин волн от 0,3 мкм до 4 мкм. Он зависит от молекулярного (рэлеевского) рассеяния, рассеяния на аэрозольных частицах и селективного поглощения различными атмосферными газами (H_2O , O_2 , O_3 , CO_2 и NO_2). Основными факторами, влияющими на вариации P_2 , являются изменения водяного пара и содержания аэрозоля в толще атмосферы. Общее влагосодержание атмосферы в Антарктиде, как правило, не превышает в летние месяцы 7 м и снижается до 2–3 мм зимой. Влияние остальных газов на величину коэффициента прозрачности является гораздо менее существенным, и им можно пренебречь.

Для сравнения интегральной и спектральной оптических толщин атмосферы удобно использовать параметр интегральной оптической толщины атмосферы (ИОТ), часто обозначаемый как τ_2 . τ_2 представляет собой оптическую толщину атмосферы для прямой солнечной радиации в актинометрическом диапазоне длин волн $\Delta\lambda =$

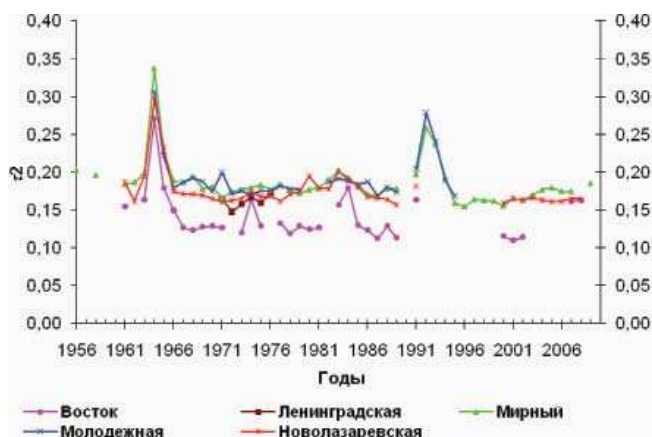


Рис. 2. Межгодовая изменчивость средних годовых значений τ_2 на российских антарктических станциях

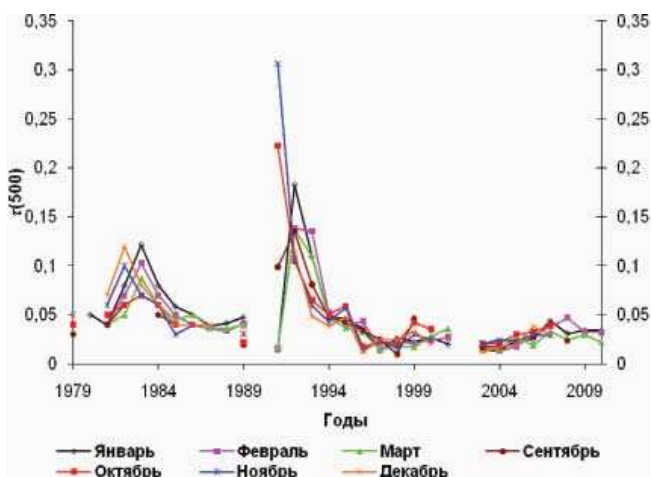


Рис. 3. Межгодовая изменчивость $\tau(500)$ за отдельные месяцы в обс. Мирный

0,3–4 мкм. Величины P_2 и τ_2 связаны между собой соотношением:

$$\tau_2 = -\ln P_2 \quad (2).$$

Средний многолетний ход средних месячных значений τ_2 и значений аэрозольной оптической толщины на длине волны 500 нм $\tau(500)$ по измерениям в обсерватории Мирный представлены на рис. 1. Эти данные представлены для периодов между сильными вулканическими извержениями без дополнительного загрязнения атмосферы продуктами извержений (см. ниже). Как видно из рисунка, внутригодовая изменчивость $\tau(500)$ в течение года заметнее, нежели вариации интегральной оптической плотности, но и доверительные интервалы изменений каждого месячного значения $\tau(500)$ существенно шире, чем таковые для τ_2 . Тем не менее можно сказать, что обе характеристики незначительно меняются в течение года. Некоторое увеличение $\tau(500)$ в летние месяцы может быть обусловлено ростом концентрации аэрозольных частиц в нижней тропосфере и, возможно, увеличением размеров гигроскопических частиц за

счет повышения влагосодержания антарктическим летом.

Представление о долгопериодных изменениях интегральной оптической плотности антарктической атмосферы по данным российских антарктических станций дает рис. 2.

За наблюдательный период начиная с 1956 г. существенные увеличения τ_2 пришлось на 1965–1966, 1983–1984 и 1992–1993 гг. Первое событие было связано с извержением вулкана Агунг в Индонезии (8,2° ю.ш.) в марте 1963 г., второе – с извержением вулкана Эль-Чичон в Мексике (17,3° ю.ш.) в апреле 1982 г., и, наконец, третье было обусловлено извержениями вулканов Пинатубо на Филиппинах (15° с.ш.) и Хадсон (45° ю.ш.) в июне и августе 1991 г. Последствия извержений сохранялись 1,5–2 года.

Прямые измерения спектральной аэрозольной оптической толщины начались в антарктической обсерватории Мирный в 1979 г. Межгодовые изменения средних месячных значений аэрозольной оптической плотности $\tau(500)$ показаны на рис. 3.

Спектральные измерения $\tau(500)$ подтверждают, что увеличение замутненности атмосферы после указанных вулканических извержений связано с увеличением именно аэрозольного ослабления солнечной радиации, поскольку увеличения общего влагосодержания атмосферы не отмечено.

Список некоторых станций в Антарктиде, на которых в период МПГ выполнялись наблюдения аэрозольно-оптических параметров атмосферы, приведен в таблице 1.

Средние за день величины $\tau(500)$ на этих станциях показаны на рис. 4. Эти данные сопоставлены со средними месячными значениями $\tau(500)$ на станции Мирный, полученными с сентября по апрель за весь период наблюдений 1971–1981, 1985–1989 и 1996–2008 гг. Значения $\tau(500)$ изменялись в пределах от 0,01 до 0,05, причем аэрозольная оптическая плотность на береговых станциях (Мирный, Гора Вечерняя, Марамбио) более чем вдвое превышала $\tau(500)$ на Антарктическом плато (Амудсен-Скотт).

Отдельную группу данных представляют результаты измерений $\tau(500)$, полученные в течение МПГ на научно-экспедиционных судах (НЭС) южнее 50° ю.ш. (http://aeronet.gsfc.nasa.gov/new_web/maritime_aerosol_network.html), также приведенные на рис. 4. Изменчивость $\tau(500)$ в Южном океане превосходила таковую на антарктических станциях, однако сами значения $\tau(500)$ вблизи береговой линии Антарктиды были меньше и составляли ~0,02–0,03.

На рис. 5 проиллюстрирована широтная зависимость $\tau(500)$ южнее 60° ю.ш., полученная по результатам наблюдений на НЭС «Академик Федоров».

Значения аэрозольной оптической плотности, полученные на одних и тех же широтах, измеренные в разные годы, различаются между собой. Обычно эти значения не превышают 0,10. Наименьшее среднее значение ($0,02 \pm 0,008$) зарегистрировано в период рейса НЭС «Академик

Таблица 1. Антарктические станции, на которых проводились наблюдения аэрозольно-оптических параметров атмосферы в период МПГ

Станция	Широта	Долгота	Расположение станции
Мирный	66°33' ю.ш.	93°01' в.д.	Береговая станция
Новолазаревская	70°46'00" ю.ш.	11°49'59" в.д.	Оазис, около 90 км от берега
Амудсен–Скотт (Amundsen–Scott) http://aeronet.gsfc.nasa.gov PI: James Butler, Brent Holben)	89°59'47" ю.ш.	70°17'60" в.д.	Южный полюс, ледяной купол
Марамбио (Marambio) http://aeronet.gsfc.nasa.gov PI: Brent Holben)	64°14'23" ю.ш.	56°37'30" з.д.	Остров вблизи антарктического полуострова
Утстейнен (Utsteinen) http://aeronet.gsfc.nasa.gov PI: Christian Hermans)	71°57'00" ю.ш.	23°19'59" в.д.	Оазис вблизи гор, около 150 км от побережья
Гора Вечерняя (Vechernaya Hill) http://aeronet.gsfc.nasa.gov PI: Anatoly Chaikovsky, Philippe Goloub)	67°39'36" ю.ш.	46°09'28" в.д.	Береговая станция, оазис

Федоров» 2008–2009 гг. Эти величины сравнимы с результатами, полученными на антарктическом континенте. Однако для установления реальных отличий $\tau(500)$ в периоды разных рейсов и закономерностей изменения их с широтой необходимы дополнительные проработки, которые позволят более корректно сопоставить результаты наблюдений в различных рейсах судов.

Общее содержание озона в антарктической атмосфере. Особый интерес к исследованиям газового и аэрозольного состава атмосферы Антарктиды вызван, в частности, и феноменом антарктической весенней озоновой аномалии – ежегодным уменьшением общего содержания озона (ОСО) в атмосфере над Антарктидой в весенний период (август–октябрь). Для детального изучения характеристик этого явления в период МПГ 2007/08 проводились наблюдения общего содержания озона (ОСО) на трех российских антарктических станциях: Мирный (66°34' ю.ш., 93°01' в.д.), Новолазаревская (70°46' ю.ш., 11°50' в.д.), Восток (78°38' ю.ш., 106°52' в.д.). Они осуществлялись в рамках проекта ORACLE-ОЗ «Исследование влияния озона и ультрафиолетовой радиации на изменение климата, проводимое в период МПГ» (Ozone layer and UV radiation in a changing climate evaluated during IPY). Измерения выполнялись фильтровым озонметром М–124 при высотах Солнца более 5° [1, 9]. Таким образом, измерения этим прибором могут проводиться в обсерватории Мирный только в период с 31 июля по 13 мая; на станции Новолазаревская – с 15 августа по 28 апреля и на станции Восток – с 7 сентября по 6 апреля.

При описании весенней отрицательной аномалии ОСО принято считать, что феномен «озоновой дыры» наблюдается, если величина ОСО менее 220 е.д. Площадь территории, определяемая по спутниковым измерениям,

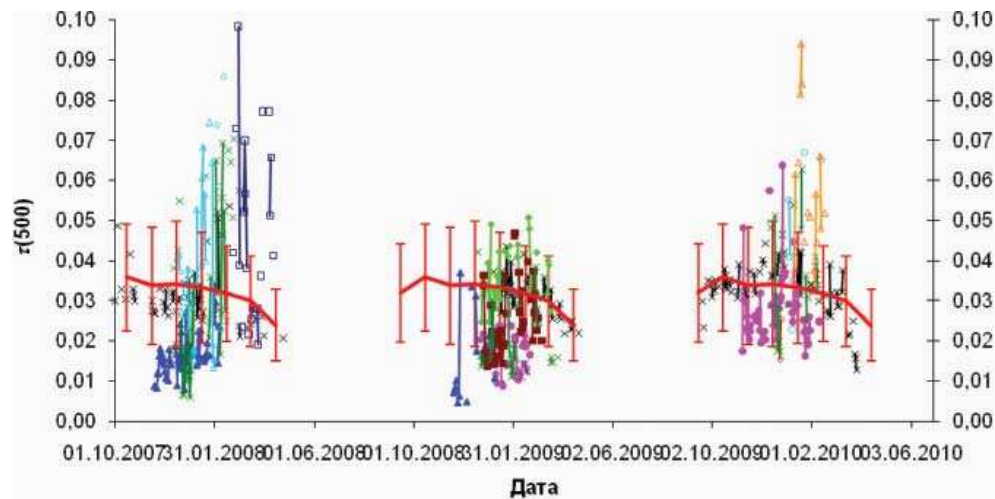


Рис. 4. Средние дневные значения $\tau(500)$ на различных антарктических станциях и в акватории Южного океана в сравнении с долгопериодными средними месячными значениями в обс. Мирный

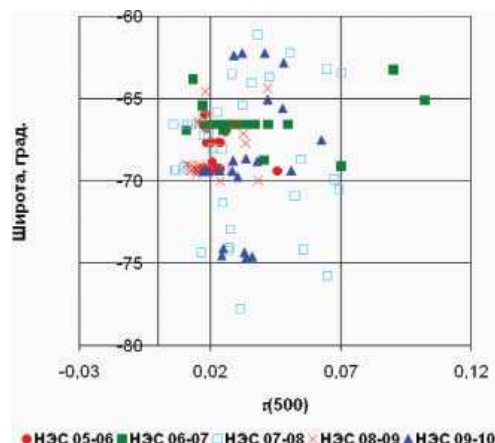


Рис. 5. Широтная зависимость $\tau(500)$ южнее 60° ю.ш. по результатам наблюдений на НЭС «Академик Федоров»

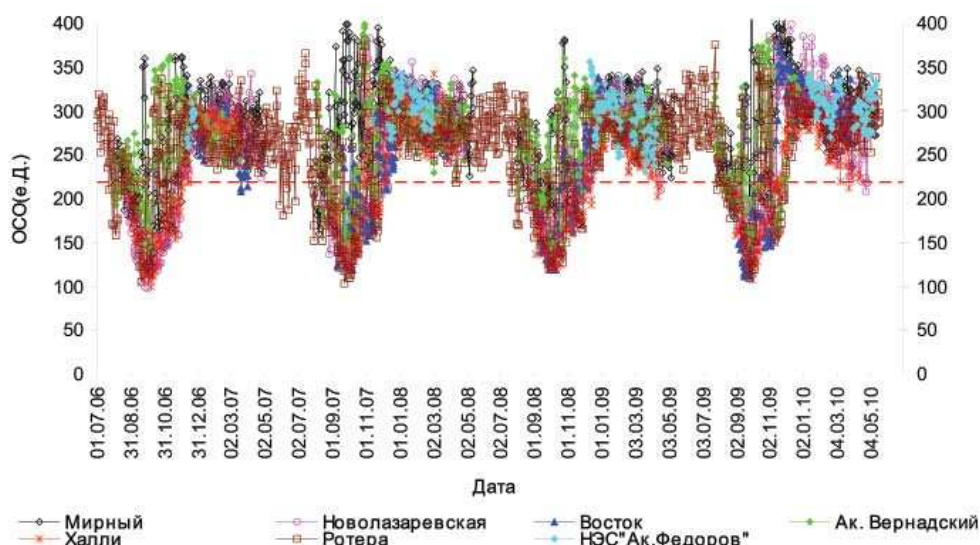


Рис. 6. Среднесуточные значения ОСО на антарктических станциях и во время рейсов НЭС «Академик Федоров» в Антарктику в наблюдательные сезоны 2006–2010 гг.

над которой наблюдаются такие значения, считается площадью распространения этой аномалии. Уменьшение массы озона в атмосфере над территорией, охватываемой «озоновой дырой», от значения массы при величине ОСО 220 е.Д. называют дефицитом массы озона [15].

Для более полного представления о специфике поведения ОСО над Антарктикой в последние годы на рис. 6 представлены результаты измерений ОСО на трех уже упомянутых российских и для сравнения на трех зарубежных станциях, расположенных в различных районах Антарктиды: Вернадский (65°15' ю.ш., 64°15' з.д.), Ротера (67°34' ю.ш., 68°08' з.д.) и Халли (75°35' ю.ш., 26°39' з.д.), – по данным, опубликованным на сайте <http://www.antarctica.ak.uk/met> не только во время МПГ, но и в предшествовавшие и следующие за анализируемым периодом годы. На рисунке отчетливо прослеживается отрицательная аномалия общего содержания озона на всех антарктических станциях в начале весны, последующее возрастание ОСО до максимальных значений к началу антарктического лета и затем медленный спад в течение осени–начала зимы.

На этом же рисунке приведены данные измерений с борта НЭС «Академик Федоров» во время его рейсов в Антарктиду. Результаты измерений ОСО с борта НЭС «Академик Федоров» в антарктических морях южнее 55° ю.ш. совпадают с результатами наблюдений на континентальных станциях в летне-осенний период, когда общее содержание озона над Антарктикой достаточно стабильно в различных районах. Следует отметить такое же, как и над континентом, уменьшение ОСО в течение лета–начала осени в приантарктических водах.

Согласно данным наземных и спутниковых измерений, озоновая дыра 2006 г. была рекордной по площади и степени разрушения озонового слоя (площадь дыры достигала 29,5 млн км², а дефицит массы озона превышал 40 мегатонн [Antarctic Ozone Bulletin 2006, №1–6. <http://www.wmo.ch/web/arep/ozone/html/>]), а в 2007, 2008 и 2009 гг. «дыры» были средними по интенсивности и протяженности и охватывали в период максимального развития площадь около 25 млн км² [<http://www.antarctica.ak.uk/met>, Antarctic Ozone Bulletin 2007, 2008, 2009. <http://www.wmo.int/pages/prog/arep/>]. При этом в различные годы в развитии дыр наблюдалась и определенная специфика: так, в 2008 г. озоновая дыра, при сравнительно позднем начале формирования, была одной из самых продолжительных по времени существования за весь период наблюдений за общим содержанием озона в Антарктике. Площадь озоновой дыры в этом году уменьшалась очень медленно, в результате она просуществовала до конца декабря. В ноябре 2009 г. поведение ОСО на антарктических станциях, расположенных в восточном и западном полушариях, существенно различалось (рис. 6). В Восточном полушарии в первой половине месяца происходил значительный рост содержания озона (на ст. Мирный до значений выше 400 е.Д.). В Западном полушарии в это же время ОСО уменьшалось (на ст. Ротера 11 ноября содержание озона составляло 150 е.Д.). Во второй половине ноября – начале декабря ход изменения ОСО обратный, и только к концу первой декады декабря указанные различия исчезли. Такое поведение ОСО на различных станциях объясняется тем, что это время озоновая дыра была географически смещена на

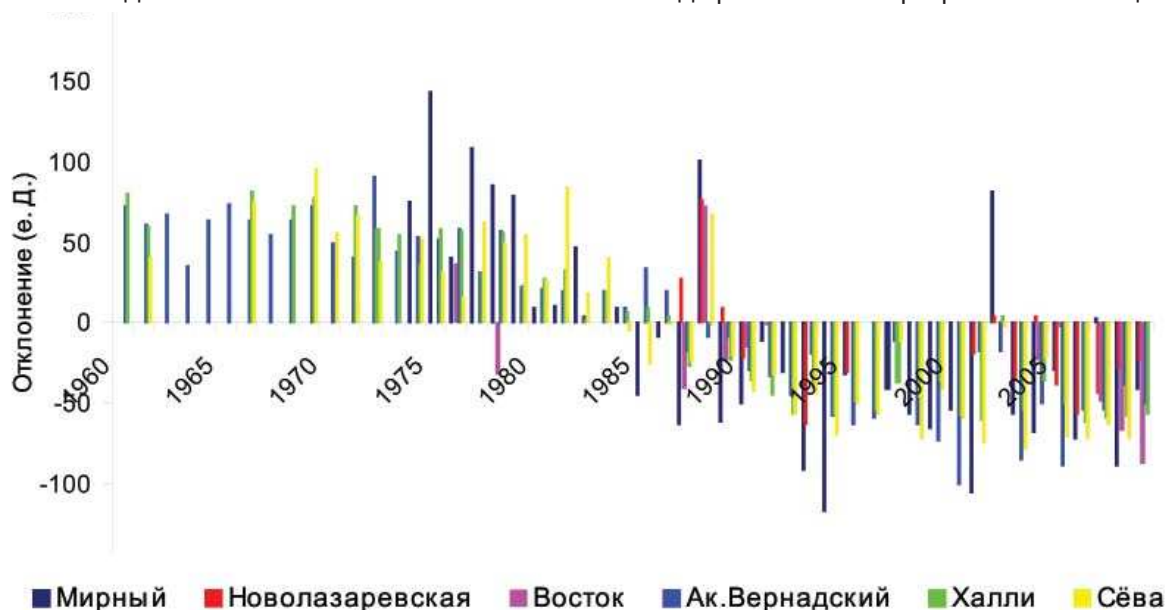


Рис. 7. Межгодовая изменчивость отклонений ОСО от нормы на антарктических станциях за 1971–2000 гг.

восток относительно южного полюса [<http://www.antarctica.ak.uk/met>].

Многолетняя изменчивость ОСО на российских и зарубежных станциях, расположенных в различных районах Антарктиды, представлена на рис. 7. На нем приведены значения отклонений ОСО от нормы за 1971–2000 гг. в сентябре на трех российских станциях (Мирный, Новолазаревская и Восток), английской Халли, украинской «Академик Вернадский», японской Сёва (69°00' ю.ш., 39°36' в.д.). Хорошо видно, что отклонения до начала восьмидесятых годов почти на всех станциях положительные, затем в течение примерно 5 лет на разных станциях они различаются даже по знаку, а в последующие годы они становятся, в основном отрицательными. Исключение составляют 1988 и 2002 гг., когда отклонения на всех рассматриваемых станциях были положительными и в сентябре, и в октябре. В эти годы озоновые дыры развивались по нетипичным для предшествующих лет сценариям. В 1988 г. весенняя отрицательная аномалия ОСО не сформировалась из-за разрушения стратосферного циркумполярного вихря уже ранней весной [4]. А в 2002 г. взрывное повышение температуры стратосферы, сопровождавшееся увеличением ОСО, привело к уменьшению размеров «дыры» и даже ее разделению на две части к концу сентября [5]. В обоих эпизодах проявилась роль динамических факторов (а именно, стратосферной циркуляции) в процессах регулирования содержания атмосферного озона над Антарктидой. В целом, исходя из приведенных на рис. 7 данных, можно говорить о некоторой стабилизации проявления весенней отрицательной аномалии ОСО в Антарктиде после 2002 г.

Заключение. В периоды между крупными вулканическими извержениями значения параметров аэрозольного ослабления солнечной радиации в Антарктиде по-прежнему остаются практически самыми низкими на Земле. По существу, они характеризуют минимальный фоновый уровень спектральной аэрозольной плотности атмосферы и стабильны во времени в пределах своей естественной изменчивости. Это означает, что до настоящего времени антарктическая атмосфера не подвержена влиянию антропогенных аэрозолей.

Межгодовая изменчивость аэрозольной компоненты в антарктической атмосфере, прежде всего, определяется попаданием в атмосферу продуктов мощных вулканических извержений. Их влияние сохраняется на протяжении 1,5–2 лет.

Принимая во внимание, что вторая важнейшая составляющая атмосферной мутности – содержание водяного пара – минимальна в атмосфере над Антарктидой, можно заключить, что интегральная оптическая толщина также характери-

зует минимальный фоновый уровень суммарной оптической толщины атмосферы в масштабах земного шара.

В весенний период над Антарктикой по-прежнему происходит существенное уменьшение содержания озона. При определенной специфике развития озоновых дыр в каждом конкретном году в целом можно говорить о некоторой стабилизации проявления весенней отрицательной аномалии ОСО в Антарктиде после 2002 г.

**В.Ф.РАДИОНОВ, Е.Н.РУСИНА,
Е.Е.СИБИР (ААНИИ),
С.САКЕРИН (ИАО)**

A.СМИРНОВ (GODDARD SPACE FLIGHT CENTER)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические указания по производству и обработке наблюдений за общим содержанием атмосферного озона. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 48 с.
2. Радиационные характеристики атмосферы и земной поверхности / Под ред. К.Я.Кондратьева. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 564 с.
3. Радионов В.Ф., Русина Е.Н., Маршунова М.С., Лубо-Лесниченко К.Е., Пиманова Ю.Е. Аэрозольная мутность атмосферы в полярных районах // Изв. РАН. ФАО. 1994. Т. 30. № 6.
4. Радионов В.Ф., Сибир Е.Е. Особенности временной изменчивости общего содержания озона на российских антарктических станциях // Метеорология и гидрология. 2002. № 3. С. 100–103
5. Радионов В.Ф., Русина Е.Н., Сибир Е.Е., Шаламянский А.М. Особенности общего содержания озона в северной и южной полярных областях // Проблемы Арктики и Антарктики. 2007. Вып. 75. С. 64–72.
6. Русина Е.Н. Определение характеристик аэрозольной мутности атмосферы по данным спектральных актинометрических наблюдений // Метеорология и гидрология. 1977. Вып. 5. С. 49–55.
7. Русина Е.Н., Маршунова М.С., Ламакин М.В., Пиманова Ю.Е. Аэрозольно-оптическая толщина атмосферы на арктических и среднеширотных станциях России // Труды ААНИИ. 2002. Вып. 440. С. 158–167.
8. Хргиан А.Х. Физика атмосферного озона. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 292 с.
9. Шаламянский А.М. Особенности измерений общего содержания озона приборами с широкими полосами пропускания // Труды ГГО. 1970. Вып. 255. С. 148–159.
10. Dubovik O., Smirnov A., Holben B. N., King M. D., Kaufman Y. J., Eck T. F., and Slutsker I. Accuracy assessment of aerosol optical properties retrieval from AERONET sun and sky radiance measurements // J. Geophys. Res. 2000. Vol. 105. P. 9791–9806.
11. Farman J.C., Gardiner B.G., Shanklin J.D. Large losses of ozone in Antarctica // Nature. 1985. Vol. 315. P. 207–210.
12. Herber A., Thomason L.W., Radionov V.F., Leiterer U. Comparison of trends in the tropospheric aerosol optical depths in the Antarctic // J. of Geophys. Res. 1983. Vol. 98. № 10. P. 18.441–18.447.
13. Myhre G., Stordal F., Johnsrud M., Diner D. J., Geogdzhayev I. V., Haywood J. M., Holben B., Holzer-Popp T., Ignatov A., Kahn R., Kaufman Y. J., Loebe N., Martonchik J., Mishchenko M. I., Nalli N. R., Remer L. A., Schroedter-Homscheidt M., Tanre D., Torres O., Wang M. Intercomparison of satellite retrieved aerosol optical depth over ocean during the period September 1997 to December 2000 // Atmospheric Chemistry and Physics. 2005. Vol. 5. P. 1697–1719.
14. Rabier F., Bouchard A., Brun E., Doerenbecher A., Guedj S., Guidard V., Karbou F., Peuch D., Amraoui L.E., Puech D., Genthon C., Picard G., Town M., Hertzog A., Vial F., Cocquerez P., Cohn S.A., Hock T., Fox J., Cole H., Parsons D., Powers J., Romberg K., VanAndel J., Deshler T., Mercer J., Haase J.S., Avallone L., Kalnajs L., Mechoso C.R., Tangborn A., Pellegrini A., Frenot Yv., Thepaut Y-N., McNally A., Balsamo G., and Steinle P. The CONCORDIASI project in Antarctica // Bull. of the American Meteor. Soc. 2010. Vol. 91. January. P. 69–86.
15. Scientific assessment of ozone depletion // WMO Global Ozone Research and Monitoring Project. Report № 47. Geneva. 2002. 498 p.
16. WMO (1993): Global Atmosphere Watch Guide. WMO. GAW. TD No. 553. 48 p.

НАРАЩИВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО И НАУЧНОГО ПОТЕНЦИАЛА В ОБЛАСТИ ПОЛЯРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗНАНИЙ СРЕДИ ШИРОКОЙ ОБЩЕСТВЕННОСТИ

Введение. Реализация стратегии развития деятельности Российской Федерации в Арктике и Антарктике на период до 2025 г. и выполнение научных программ по исследованию природной среды и климата полярных регионов требуют привлечения молодых высококвалифицированных кадров. Проведение научных исследований во время Международного полярного года (МПГ 2007/08), необходимость обработки полученных в ходе реализации мероприятий МПГ многочисленных натурных данных, существующие планы проведения Полярного десятилетия высветили весьма важную проблему – нехватку кадров, обладающих необходимыми компетенциями для решения названных задач. Необходимо омоложение кадрового состава научно-исследовательских учреждений для наращивания научного потенциала в области полярных исследований.

С целью стимулирования деятельности в данном направлении в Плане реализации мероприятий МПГ было сформулировано направление – «Наращивание образовательного и научного потенциала в области полярных исследований и распространение знаний среди широкой общественности о проводимых и планируемых полярных исследованиях и международному сотрудничеству России в Арктике и Антарктике».

Реализация плана работы по этому направлению предусматривала следующие цели:

- повышение эффективности хозяйственной деятельности в Арктическом регионе и научных исследований в Антарктике за счет организации постоянного притока молодых кадров со специальной углубленной подготовкой;
- улучшение кадрового сопровождения решения важных государственных задач в сфере геополитического присутствия России в полярных регионах планеты.

При выполнении программы по наращиванию научного и образовательного потенциала в области полярных исследований были определены следующие основные задачи:

- создание методического обеспечения и реализация образовательных программ с целью подготовки магистров, кандидатов и докторов наук по проблемам полярных областей;
- создание методического обеспечения и реализация образовательных программ с целью повышения квалификации специалистов по различным проблемам полярных стран;

- организация дополнительного внутривузовского образования для более углубленного изучения процессов в природной среде полярных регионов Земли.

Реализация мероприятий по наращиванию научного и образовательного потенциала осуществлялась по двум направлениям: мероприятия, нацеленные на участников профессиональной среды, и мероприятия, нацеленные на молодежь, школьников и общественность. Осуществлен ряд мер, направленных на закрепление молодых квалифицированных специалистов в науке и дальнейшее повышение их квалификации [1, 2, 3].

1. Подготовка специалистов по исследованиям Арктики и Антарктики. В реализации данного направления приняли участие следующие организации: Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), Санкт-Петербургский государственный университет, Морская академия имени адмирала Макарова (ГМА), Полярная академия (ГПА), Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (АНИИ). Общее руководство осуществлялось центральным аппаратом Росгидромета.

В рамках данного направления были сформированы магистерские образовательные программы по полярной гидрометеорологии со следующими специализациями:

- арктическая метеорология;
- арктическая гидрология;
- арктическая океанология;
- арктическая география;
- комплексное управление арктическими ресурсами и их устойчивое развитие.

Были объявлены гранты на подготовку дипломных проектов, магистерских и кандидатских диссертаций по арктической тематике. Также были выполнены докторские диссертации, затрагивающие вопросы по данной тематике.

В учебные программы гидрометеорологов и смежных специальностей были включены вопросы, связанные с изучением арктических и антарктических областей, историей МПГ и проблемами, решаемыми в рамках III МПГ.

Выполнение многих перечисленных программ осуществлялось в учебно-научном центре по проблемам изучения и освоения полярных регионов «Полярный университет», организованном совместно РГГМУ и АНИИ. К чтению теоретических курсов и проведению практических занятий привлекались ведущие ученые и специалисты в области изучения природной среды и процессов, происходящих в Арктике и Антарктике.

В целях омоложения кадрового состава и наращивания образовательного и научного потенциала в области полярных исследований в Государственном научном центре Российской Федерации – Арктическом и антарктическом научно-исследовательском институте создан отдел подготовки кадров, который курирует 4 программы по подготовке молодых квалифицированных специалистов в области полярных исследований, из них 2 – международные (совместно с Лабораторией полярных и морских исследований им. О.Ю. Шмидта и Арктической лабораторией по изучению климата им. Фрама). Как подразделение в отдел входит аспирантура и докторантура. С 2008 г. осуществляется специальная программа по целевой подготовке высококвалифицированных молодых кадров для последующей работы в научных подразделениях института. Программа предусматривает набор в отдел на конкурсной основе талантливых студентов старших курсов и магистрантов. За каждым молодым специалистом закрепляется научный руководитель из числа высококвалифицированных сотрудников научных подразделений института. Молодые сотрудники отдела подготовки кадров под их руководством вовлекаются в практику работы по тематике научно-исследовательских работ ААНИИ, имея возможность написать курсовые и дипломные работы, пройти производственную практику, в том числе в экспедициях, знакомятся со спецификой научно-производственной деятельности подразделений ААНИИ, обретают навыки работы по специальности. Для проверки качества подготовки и оценки работы ежеквартально проводится аттестация молодых специалистов. Успешно окончившие программу и получившие дипломы специалистов и магистров выпускники вузов трудоустраиваются в институте, а также получают право приоритетного поступления в аспирантуру ААНИИ.

С целью закрепления знаний по теоретическим курсам по полярной тематике ААНИИ обеспечивал прохождение производственных практик студентов в научных подразделениях, на научно-исследовательских судах и базах ААНИИ. Во время прохождения практики студенты из РГГМУ, СПбГУ, СПбГЭУ (ЛЭТИ), СПб Военно-морского института, а также курсанты ГМА им. С.О. Макарова участвовали в экспедиционных работах, проводимых ААНИИ на Шпицбергене, в сезонной экспедиции на дрейфующей станции «Северный полюс-36», в экспедиции «Дельта Лена», на озере Эльгыгытгын (международные проекты Международного полярного года «Научное бурение озера Эльгыгытгын» и «Палеоклимат озера Эльгыгытгын»), а также в Российской антарктической экспедиции. В летний период 2008 г. было организовано проведение производственных практик студентов на Белом и Баренцевом морях.

В настоящее время ведутся работы по созданию учебно-методического центра на базе лаборатории

физического моделирования на Ладожском озере.

Изданы учебные и научно-справочные пособия, одним из которых стало «Наблюдения за ледовой обстановкой», разработанное и составленное сотрудниками ААНИИ [4].

В 2008 и 2009 гг. в рамках Всероссийской студенческой олимпиады по гидрометеорологии проводились конкурсы студенческих работ и Международная студенческая олимпиада «Международный полярный год – прошлое, настоящее, будущее. Исследование Арктики и Антарктики». Больше 120 участников из России и Украины приняли участие в олимпиадах, предложив массу интересных и актуальных работ, связанных с проблемами полярных областей.

В ноябре 2008 г. и ноябре 2009 г. в РГГМУ при поддержке Правительства Санкт-Петербурга в рамках Международного молодежного «Ω-форума» проходили международные конференции по тематике Международного полярного года 2007/08.

С целью выявления творческой молодежи и привлечения представителей молодого поколения к развитию исследований полярных областей Земли проведен конкурс научных работ молодых ученых по полярной тематике, итоги которого подведены в марте 2010 г.

В период с 21 по 23 апреля 2010 г. в ААНИИ проводилась международная конференция «Морские исследования полярных областей Земли в Международном полярном году 2007/08», в рамках которой состоялся конкурс докладов молодых участников.

В 2009 году стартовал проект «Виртуальный Полярный Университет» [2, 5], основными задачами которого являются:

- предоставление информационно-справочных образовательных услуг в области полярного образования;
- информирование о достижениях науки, техники и образования по исследованиям полярных областей;
- вовлечение студентов и преподавателей в инновационные проекты по полярной тематике;
- организация самостоятельной работы студентов по полярной тематике;
- осуществление доступа для зарегистрированных пользователей к учебно-методическим материалам, тестирующим программам, форумам, электронной библиотеке и конфиденциальной информации по полярной тематике;
- предоставление различного рода познавательной, обучающей, статистической и развлекательной информации по полярной тематике.

2. Работа по привлечению к полярным проблемам школьников. С целью привлечения в вузы, осу-

ществляющие подготовку специалистов по полярной тематике, подготовленных абитуриентов была проведена большая работа со школьниками РФ.

В январе 2007 и 2008 гг. проводились олимпиады, посвященные арктической тематике и проведению МПГ, для школьников Санкт-Петербурга. Данное мероприятие привлекло внимание более 100 школьников к проблемам в природной среде полярных областей Земли.

В 2008 и 2009 гг. были проведены всероссийские олимпиады школьников по географии с номинацией «Полярная география» при помощи дистанционных образовательных технологий. Более 1500 участников прошли тестирование в рамках олимпиад.

При поддержке ААНИИ и РГГМУ проведена олимпиада школьников Санкт-Петербурга «Лицом к Северу-2009», подведение итогов которой было организовано в Русском географическом обществе.

В апреле 2009 г. совместно с Фондом поддержки образования Газпрома с использованием новейших информационных технологий был проведен дистанционный курс лекций по полярной тематике для более чем 200 гимназий из различных городов, сел, поселков РФ.

3. Распространение популярных знаний об МПГ, Арктике и Антарктике. В период проведения МПГ 2007/08 и подведения его итогов осуществлялась большая работа по подготовке изданий и публикации популярных материалов по истории, современным исследованиям Арктики и Антарктики, развитию арктического региона. На доступность исторических данных и популяризацию знаний о проводимых полярных исследованиях направлена деятельность Музея Арктики и Антарктики.

Организационным комитетом по участию Российской Федерации в подготовке и проведении мероприятий в рамках Международного полярного года было организовано регулярное издание информационного бюллетеня «Новости МПГ 2007/08», с материалами которого можно познакомиться также на сайте: <http://www.aari.nw.ru>.

В 2008 г. вышла в свет монография Л.М.Саватюгина и М.А.Преображенской «Полюс холода», которая освещает историю создания и развития уникальной внутриконтинентальной российской станции Восток, расположенной на полюсе холода Планеты и в районе южного геомагнитного полюса [6]. Книга признана одной из лучших научно-популярных работ по полярной тематике, подготовленных в период проведения МПГ 2007/08 и удостоена соответствующей премии Росгидромета.

С целью распространения информации о проводимых мероприятиях, а также популяризации знаний о полярных областях Земли была организована работа со СМИ. В частности, были подготовлены публикации в ведущих российских изданиях, ориентированных на регионального или тематического читателя, таких как «Вечерний Петербург», «Известия», «Санкт-Петербургские ведомости», «Метро», «Мой район», «Комсомольская правда – Санкт-Петербург» и другие. Было реализовано освещение полярных мероприятий на телевидении и радио: «5-й канал», «СТО», Телеканал Россия «Вести», Радио «Санкт-Петербург», Радио России — Санкт-Петербург и другие.

В результате проведения данных мероприятий позволило существенно повысить степень информационного обмена и вовлеченности молодых ученых, специалистов, студентов и аспирантов в решение многих насущных проблем на территории Арктики и Антарктики, а также привлечь внимание и усилить интерес школьников, широких слоев населения и общественности к полярным научным исследованиям.

**Л.И.КАРЛИН, И.Н.САМУСЕВИЧ (РГГМУ)
И.Н.СОКРАТОВА, С.Б.БАЛЯСНИКОВ (ААНИИ)**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карлин Л.Н., Самусевич И.Н. Нарращивание образовательного и научного потенциала в области полярных исследований, распространение знаний среди широкой общественности // 2-я международная Арктическая конференция на 10-й юбилейной выставке по судостроению, судоходству, деятельности портов и освоению океана и шельфа «НЕВА-2009», 22–25 сентября 2009 г., Санкт-Петербург. СПб.: ЗАО «Транстех Нева Эксбишнс», 2009. С. 86–89.
2. Сократова И.Н., Балясников С.Б. Деятельность ГУ «ААНИИ» по наращиванию образовательного и научного потенциала в области полярных исследований // 2-я международная Арктическая конференция на 10-й юбилейной выставке по судостроению, судоходству, деятельности портов и освоению океана и шельфа «НЕВА-2009», 22–25 сентября 2009 г., Санкт-Петербург. СПб.: ЗАО «Транстех Нева Эксбишнс», 2009. С. 83–85.
3. Сократова И.Н., Фролов И.Е. Подготовка нового поколения полярных исследователей в ГУ «ААНИИ» // Тезисы докладов Международного совещания по итогам МПГ (28 сентября–1 октября 2009 г., г. Сочи). М.; СПб.: Организационный комитет по участию Российской Федерации в подготовке и проведении мероприятий в рамках Международного полярного года (2007–2008 г.), 2009. С. 100–101.
4. Наблюдения за ледовой обстановкой: Учебное пособие. СПб., 2009. 250 с.
5. Балясников С.Б., Воробьев В.Н., Сократова И.Н., Ткаченко К.Г. О создании виртуального полярного университета // Тезисы докладов Международного совещания по итогам МПГ (28 сентября–1 октября 2009 г., г. Сочи). М.; СПб.: Организационный комитет по участию Российской Федерации в подготовке и проведении мероприятий в рамках Международного полярного года (2007–2008 г.), 2009. С. 99.
6. Саватюгин Л.М., Преображенская М.А. Полюс холода. СПб. 2008. 450 с.

ОБ АРХИВЕ ДОКУМЕНТОВ МЕЖДУНАРОДНОГО ПОЛЯРНОГО ГОДА 2007/08

Завершился Международный полярный год 2007/08 (МПГ). В определенном смысле МПГ 2007/08 ознаменовал 50-летнюю годовщину проведения Международного геофизического года 01 июля 1957 г. – 31 декабря 1958 г. и был призван приумножить наследие сделанных открытий, международного сотрудничества в

области геофизических, биологических и социальных наук. К сожалению, документов, по которым можно было бы представить масштаб того исторического события, в обобщенном виде не сохранилось.

Фундаментальной концепцией МПГ 2007/08 явилось интенсивное проведение скоординированных

на международном уровне междисциплинарных научных исследований и наблюдений, сосредоточенных в полярных регионах Земли. Официальный период наблюдений МПГ 2007/08 фактически составил период с 1 марта 2007 г. до 1 марта 2009 г.

В период подготовки и в ходе выполнения программы были разработаны сотни документов, представляющих несомненную историческую ценность.

В соответствии с Планом реализации мероприятий участия Российской Федерации в Международном полярном году в 2009 г. в Арктическом и антарктическом научно-исследовательском институте (ААНИИ) совместно с Санкт-Петербургским Центральным государственным архивом научно-технической документации Санкт-Петербурга (ЦГА НТД СПб) была начата работа по экспертизе ценности документов, отражающих процессы подготовки, проведения Международного полярного года 2007/08, имеющих научное, практическое и историческое значение.

В мероприятиях МПГ в России приняли участие более 80 институтов и организаций 8 министерств и ведомств, негосударственные организации, а также фонды и ассоциации.

В адрес организаций-участников МПГ 2007/08 для сбора документов были направлены письма с просьбой принять участие в формировании архива МПГ.

Крупнейшие профильные организации Москвы, Санкт-Петербурга, г. Архангельска откликнулись на предложение ААНИИ и представили подлинники документов и их копии на правах подлинников для включения (после соответствующей экспертизы ценности) в состав Архивного фонда Российской Федерации (Росгидромет, ГОИН, Институт географии РАН, ВНИГРИ, ВНИИ Океангеология, ГГО, ГГИ, Северное УГМС Росгидромета и др.).

Экспертиза ценности документов МПГ, формирование их в дела проводились в соответствии с требованиями «Основных правил работы архивов организаций (М., 2002) и «Перечнем типовых управленческих документов, образующихся в деятельности организаций, с указанием сроков хранения».

На дела составлены 2 описи постоянного хранения в количестве 161 дела за 2001–2008 годы. Документы систематизированы в описи по годам, а внутри годового раздела по значимости.

В опись вошли организационно-распорядительные документы: Указ Президента РФ о специальном представителе президента РФ по вопросам МПГ 2007/2008, постановления, распоряжения и решения заседаний Правительства РФ, приказы, распоряжения и решения Росгидромета, приказы и распоряжения по ААНИИ.

Также в опись включены итоговые документы, разработанные в ходе проведения международных совещаний и коллегий, форумов и конференций: программы, концепции, решения и протоколы заседаний, положения о создании комитетов, центров, научно-экспертном совете Морской коллегии, протоколы заседаний Оргкомитета и Межведомственного научно-координационного комитета, рабочих групп. Особое внимание при формировании документов совещаний и заседаний комитетов и рабочих групп уделялось тезисам докладов научных сотрудников, в которых отражена научная деятельность в период МПГ.

В отдельные дела выделены доклады-презентации, технические задания и отчеты о международных командировках.

Информационное поле деятельности организаций – участников МПГ 2007/08 отражено в виде информационных бюллетеней «Новости МПГ 2007/08», выпущенных за период 2005–2010 гг. в количестве 27 номеров, а также сборников материалов научных конференций по проблемам МПГ.

Вопросы планирования отражены в описи годовых планов и отчетов.

Материалы представлены как в твердой копии, так и в виде электронного архива общим объемом 19,5 Гб.

Документы архива МПГ 2007/08, созданного ААНИИ и ЦГАНТД СПб, отражают большую совместную работу Правительства, министерств, учреждений и организаций. Архив документов представляет определенный интерес для использования в интересах разработки перспективных проектов развития арктической зоны Российской Федерации, эффективного использования природно-ресурсного потенциала арктического региона и укрепления геополитического присутствия в Антарктиде, а также для планирования последующих крупных программ исследования полярных областей Земли.

С.Б.БАЛЯСНИКОВ, В.А.БОЛОТОВА (ААНИИ)
Т.П.БУШУЕВА (ЦГА НТД СПб)

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ И ДРУЗЬЯ!

Это последний номер бюллетеня «Новости МПГ 2007/08», который был информационной платформой, объединившей на своих страницах всех российских участников МПГ, независимо от ведомственной принадлежности и специальности. Материалов, переданных в редакцию, оказалось настолько много, что выпуск бюллетеня был продолжен и в 2010 г. Всего с марта 2007 г. было выпущено 27 номеров, содержащих 256 публикаций по разным научным направлениям. Это позволило довести до широкой научной общественности, органов государственной власти сведения о выполненных в рамках МПГ исследованиях, новых результатах, об общественно значимых событиях и рассказать о малоизвестных исторических фактах. Была создана своеобразная летопись МПГ, рожденная самими участниками самой крупной международной программы по исследованиям полярных районов Земли в начале XXI века.

Редакция благодарит всех принявших участие в создании этой летописи. Спасибо.



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) 337–3184, e-mail: siac@aari.nw.ru
Евразийское арктическое отделение по МПГ 2007/08 (www.ipyeaso.aari.ru)

Новости МПГ 2007/08
№ 27 (2010 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 № 26. Тираж 300 экз.

Редколлегия:

С.Б.Балясников (редактор),
тел. (812) 337–3184, e-mail: siac@aari.nw.ru
А.И.Данилов, В.Г.Дмитриев, А.В.Клепиков, А.А.Меркулов, С.М.Прямиков,
К.Г.Ткаченко (секретарь редакции)

Оригинал-макет: Н.А.Меркулова. Корректор: Е.В.Миненко
На разворотах обложки фото М.В.Гаврило