

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
АРКТИЧЕСКИЙ И АНТАРКТИЧЕСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ**

УДК 551.588.1(99)(269)

№ регистрации

Инв. №

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель

Руководителя Росгидромета

_____ А.В.ФРОЛОВ

**СВОДНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТЧЕТ
о работах по направлениям подпрограммы**

**«ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АНТАРКТИКИ»
ФЦП «МИРОВОЙ ОКЕАН»**

за 2004 год

(промежуточный)

Директор ААНИИ, д-р геогр. наук

_____ И.Е.Фролов

**Санкт-Петербург
2005**

**ОРГАНИЗАЦИИ – ГОЛОВНЫЕ ИСПОЛНИТЕЛИ ПРОЕКТОВ
НИОКР**

Организация	Номер проекта НИОКР
Арктический и антарктический научно-исследовательский институт Росгидромета (г. Санкт-Петербург)	1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10
Институт географии Российской Академии наук (г. Москва)	5
Научно-производственное объединение «Тайфун» Росгидромета (г. Обнинск, Калужской обл.)	8
Зоологический институт Российской Академии наук (г. Санкт-Петербург)	11
Институт океанологии Российской Академии наук (г. Москва)	12
Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана Минприродресурсов (г. Санкт-Петербург)	13, 14

**ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕННЫХ НАЗВАНИЙ ИНСТИТУТОВ –
ИСПОЛНИТЕЛЕЙ ПРОЕКТОВ НИОКР**

ААНИИ	Арктический и антарктический научно-исследовательский институт Росгидромета
АтлантНИРО	Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии Госкомрыболовства
БИН РАН	Ботанический институт Российской Академии наук
ВНИИОкеангеология	Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана Минприродресурсов
ВНИРО	Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии Госкомрыболовства
ВНИИГМИ-МЦД	Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных Росгидромета
ВСЕГЕИ	Всероссийский геологический научно-исследовательский институт Минприродресурсов
ГГО	Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова Росгидромета
ГМЦ	Гидрометцентр России Росгидромета
ДВНИГМИ	Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт Росгидромета
ЗИН РАН	Зоологический институт Российской Академии наук
ИГ РАН	Институт географии Российской Академии наук
ИГКЭ	Институт глобального климата и экологии Росгидромета
ИНМИ РАН	Институт микробиологии Российской Академии наук
ИОЗ РАН	Институт озераведения Российской Академии наук
ИО РАН	Институт океанологии Российской Академии наук
МГУ	Московский государственный университет Минобрнауки
ИФА РАН	Институт физики атмосферы Российской Академии наук
КГУ	Казанский государственный университет Минобрнауки
НИЦ «Планета»	Научно-исследовательский центр «Планета» Росгидромета
НПО «Тайфун»	Научно-производственное объединение «Тайфун» Росгидромета
ПИЯФ	Петербургский институт ядерной физики Российской Академии наук
ПМГРЭ	Полярная морская геолого-разведочная экспедиция Минприродресурсов
РГГМУ	Российский государственный гидрометеорологический университет Минобрнауки
СПБГГИ	Санкт-Петербургский государственный горный институт Минобрнауки
СПбГУ	Санкт-Петербургский государственный университет Минобрнауки
ЦАО	Центральная аэрологическая обсерватория Росгидромета

**СПИСОК КООРДИНАТОРОВ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДПРОГРАММЫ
«ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АНТАРКТИКИ»,
ОТВЕТСТВЕННЫХ ЗА СООТВЕТСТВУЮЩИЕ РАЗДЕЛЫ ОТЧЕТА**

Направление 1

«Фундаментальные исследования южной полярной области» — **Данилов А.И., Клепиков А.В.**

Направление 2

«Научно-прикладные исследования и разработки» — **Клоков В.Д., Саватюгин Л.М.**

Направление 3

«Мониторинг природных сред Антарктики» — **Лукин В.В.**

Направление 4

«Охрана окружающей среды» — **Помелов В.Н.**

Направление 5

«Материально-техническое обеспечение деятельности Российской антарктической экспедиции» — **Мартьянов В.Л.**

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
Направление 1. Фундаментальные исследования южной полярной области	11
1.1. Проект 1. «Разработать нормативно-правовые документы, регламентирующие присутствие граждан России в Антарктике, социальную защиту участников российских антарктических экспедиций»	11
1.2. Проект 2. «Исследовать процессы формирования современного климата и его будущих изменений с учетом многообразия факторов и связей в антарктической системе “атмосфера – лед – океан – материк” и их влияния на глобальные климатические процессы»	12
1.3. Проект 3. «Определить климатообразующую роль Южного океана»	22
1.4. Проект 4. «Провести комплексные исследования подледникового озера Восток, оценить прошлые изменения климата по данным ледяных кернов, колонок морских и озерных отложений»	28
1.5. Проект 5. «Дать оценку строения, режима и эволюции ледников краевой зоны Антарктиды и Субантарктики»	43
1.6. Проект 6. «Исследовать влияние энергичных заряженных частиц и динамических вариаций солнечного ветра на стратосферу и тропосферу полярных областей Земли. Изучить механизмы воздействия вариаций гравитационного поля на ритмику биологических процессов в условиях Антарктики»	47
1.7. Проект 7. «Исследовать структуру геофизических процессов различного масштаба и динамику ионосферных неоднородностей в полярных шапках»	53
1.8. Проект 8. «Исследовать малые газовые составляющие атмосферы Антарктики»	55
1.9. Проект 9. «Исследовать условия формирования аэрозольно-оптических свойств атмосферы и составляющих радиационного баланса над Антарктикой»	68
1.10. Проект 10. «Создать компоненты геоинформационной системы “Антарктика”, электронные справочные пособия и совокупности баз и банков данных, обобщающих данные наблюдений в Антарктике»	71
1.11. Проект 11. «Провести комплексное изучение антарктической биоты»	76
1.12. Проект 12. «Дать оценку экологии зоны морских льдов Антарктики»	80
1.13. Проект 13. «Изучить основные черты строения, фундаментальные закономерности эволюции и особенности минерализации антарктической литосферы. Дать оценку минерально-сырьевого потенциала Антарктики»	82
1.14. Проект 14. «Продолжить геолого-геофизическое изучение узловых районов Антарктики в рамках программы международных геотраверзов (АНТАЛИТ, ГЕОМОД) и программы АНТОСТРАТ. Создать базы геофизических данных и комплекты специализированных карт геолого-геофизического содержания среднего масштаба для перспективных на минеральные ресурсы районов Антарктики»	90
Направление 2. Научно-прикладные исследования и разработки	95
2.1. Гидрометеорологическое обслуживание национальной деятельности в Антарктике	95
2.2. Создание и испытание в условиях современного оледенения перспективных инженерных технологий	99
2.3. Продолжение геолого-геофизического изучения узловых районов Антарктики в рамках международных геотраверзов	104

2.4. Медицинские исследования и разработки	107
Направление 3. Мониторинг природных сред Антарктики	111
3.1. Мониторинг климата южной полярной области	112
3.2. Мониторинг изменчивости озонового слоя в Антарктике	116
3.3. Мониторинг морского льда Южного океана	116
3.4. Мониторинг состояния магнитосферы и ионосферы	118
Направление 4. Охрана окружающей среды	121
4.1. Обучение персонала правилам поведения в зоне действия Договора об Антарктике	122
4.2. Организация процесса удаления отходов	123
4.3. Организация безаварийного хранения нефтепродуктов и мероприятий на случай их разливов	130
4.4. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) и природоохранный мониторинг	130
Направление 5. Материально-техническое обеспечение деятельности Российской антарктической экспедиции	138
5.1. Реконструкция и поддержка сети постоянных российских антарктических станций	138
Заключение	153
Приложение 1. Перечень проектов подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» в 2004 г.	160

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 10.08.1998 г. № 919 «О Федеральной целевой программе “Мировой океан”» научные исследования в Антарктике начиная с 1999 г. проводятся в рамках подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» Федеральной целевой программы «Мировой океан». По этому Постановлению Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) является органом федеральной исполнительной власти, на который возложены функции государственного заказчика по выполнению подпрограммы «Изучение исследования Антарктики».

Указом Президента Российской Федерации от 07.08.1992 г. № 824 «О Российской Антарктической экспедиции» руководство и контроль за деятельностью Российской Антарктической экспедиции (РАЭ) возложено на Росгидромет.

Эти акты федеральной исполнительной и законодательной власти определили правовую основу Росгидромета, как органа, обеспечивающего межведомственную организацию и координацию деятельности России в Антарктике.

Основной целью подпрограммы является проведение научных исследований в Антарктике, как главного элемента осуществления государственной политики в регионе, направленной на сохранение и закрепление позиций России в Антарктике и обеспечение ее долгосрочных научных и практических интересов.

Особое географическое положение Антарктики, ее роль в глобальных процессах эволюции природной среды, огромный ресурсный потенциал региона и современные концепции развития международных правовых отношений определяют следующие **задачи пяти главных направлений подпрограммы**:

– получение новых данных о состоянии природы Антарктики, определение прошлых, текущих и будущих изменений ее природной среды и оценка их влияния на глобальные изменения (**направление «Фундаментальные исследования Антарктики»**).

– разработка и совершенствование технологий, обеспечивающих деятельность человека в Антарктике (**направление «Научно-прикладные исследования и разработки»**).

– развитие системы мониторинга окружающей среды Антарктики, обеспечивающей диагноз изменений, вызванных как естественными, так и антропогенными причинами (**направление «Мониторинг окружающей среды»**).

– проведение природоохранных мероприятий, направленных на предотвращение ущерба в районах деятельности РАЭ, в соответствии с Федеральным законом «О ратификации Протокола по охране окружающей среды к Договору об Антарктике» от 26.05.1997 г. (**направление «Охрана окружающей среды Антарктики»**).

– модернизация сети российских антарктических станций, совершенствование средств и технологий РАЭ по обеспечению исследований в Антарктике (**направление «Материально-техническое обеспечение деятельности РАЭ»**).

Подпрограмма сформулирована до 2012 г. и состоит из двух этапов: 1999–2002 гг., 2003–2007 гг., 2008–2012 гг. В 2004 г. были продолжены исследования второго этапа подпрограммы, которые были начаты в 2003 г. **Основные задачи подпрограммы на втором этапе**:

– обеспечение российских интересов в Антарктике, включая геополитические;

– получение новых данных о состоянии природы Антарктики на основе комплексного мониторинга природной среды Антарктики, определение прошлых, текущих и будущих изменений ее природной среды и оценка их влияния на глобальные изменения;

– развитие наиболее приоритетных научных исследований первого этапа на основе новой информационной базы,

– укрепление материально-технической базы РАЭ, в том числе модернизация и приборное переоснащение российских антарктических станций и оснащение станций природоохранным оборудованием в соответствии с требованиями Протокола по охране окружающей среды к Договору об Антарктике;

В 2004 г. работы по направлениям подпрограммы проводились в соответствии с Приказом Росгидромета от 14.03.2000 г. № 38, п.9.1. «Обеспечить организацию и координацию работ, предусмотренных Постановлением Правительства Российской Федерации № 1027 от 9.09.1999 г. «О мерах по обеспечению интересов России в Антарктике», подпрограммой «Изучение и исследование Антарктики» ФЦП “Мировой океан”», а также в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации № 685 от 24.09.2001 г. «О мерах по обеспечению интересов Российской Федерации в Антарктике и деятельности Российской Антарктической экспедиции в 2002-2005 гг.» и обязательствами Российской Федерации по выполнению положений Протокола по охране окружающей среды к Договору об Антарктике». В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации № 685 приоритетными работами на втором этапе являются изучение глобальных изменений климата, изучение подледникового озера Восток и геолого-геофизические исследования.

В соответствии с положениями Федерального закона от 06.05.1999 г. № 97-ФЗ «О конкурсах на размещение заказов на поставку товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных нужд», в Росгидромете 28.04.2003 г. был проведен открытый конкурс по проектам НИОКР подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» на второй этап ее реализации. По результатам открытого конкурса с его победителями были заключены государственные контракты на выполнение работ в 2004 г.

Координацию проведения **фундаментальных исследований (НИОКР)** в 2004 г. осуществлял ГУ Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт (ААНИИ). В целом, наряду с оперативной координационной деятельностью ААНИИ, управление и контроль за реализацией проектов НИОКР и целевым использованием бюджетных средств осуществлялось Дирекцией подпрограмм Росгидромета ФЦП “Мировой океан” и секцией Межведомственного Научно-технического Совета подпрограммы, которые функционировали в течение года.

Исполнителями работ НИОКР (**1-е направление**) в 2004 г. были 27 организаций следующих министерств и ведомств: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (9), Министерство природных ресурсов Российской Федерации (3); Министерство образования и науки Российской Федерации (5), Российская Академия наук (8); Федеральное агентство по рыболовству (2). Научно-исследовательские работы сгруппированы в **восемь разделов** и состоят из **14-ти проектов**. Перечень проектов и организаций – исполнителей работ в 2004 г. приведен в **Приложении 1**.

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 28.08.97 № 1113 «О деятельности Российской антарктической экспедиции» работы по реализации Системы программных мероприятий подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» по **направлениям 2–5** проводились РАЭ. В 2004 г. эти направления реализовывались в рамках выполнения задач 48-й зимовочной, 49-й сезонной и зимовочной и 50-й сезонной РАЭ. В исследованиях и работах указанных экспедиций принимали и принимают участие представители различных НИУ и организаций Росгидромета, РАН, МПР России, Роскартографии, Минобороны России, Минобрнауки России. В организации логистического обеспечения деятельности экспедиций (транспорт, связь, медицина) оказывали содействие организации различных форм собственности, учрежденные структурами Минтранса России и Минздрава России.

Затраты на выполнение 14-ти проектов *НИОКР* 1-го направления в 2004 г. составили 15,587 млн руб. Финансирование работ по этому направлению осуществлялось по подпрограмме «Изучение и исследование Антарктики».

В рамках подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» было получено 44,0 млн руб. на *капитальные вложения*. Эти средства были направлены на проведение мероприятий, предусмотренных Постановлением Правительства Российской Федерации от 9.09.1999 г. № 1027 «О мерах по обеспечению интересов России в Антарктике» и Постановлением Правительства Российской Федерации № 685 от 24.09.2001 г. «О мерах по обеспечению интересов Российской Федерации в Антарктике и деятельности Российской Антарктической экспедиции в 2002–2005 гг.», а именно на проектирование и строительство зимовочного комплекса станции Прогресс, приобретение природоохранного оборудования для антарктических станций, приобретение транспортной техники для походов и энергетического оборудования, медицинских приборов, научного оборудования и оргтехники.

Основная часть работ РАЭ в 2004 г. по направлениям 2–5 финансировались вне рамок данной подпрограммы, по отдельной строке бюджета Российской Федерации (349,814 млн руб. на *прочие текущие расходы*).

В процессе выполнения работ по подпрограмме в 2004 г. были привлечены *внебюджетные средства* на осуществление следующих мероприятий, соответствующих задачам, сформулированным в Системе программных мероприятий по подпрограмме на 2-й этап ее реализации.

Продолжена работа по международному проекту воздушной сети на Земле Королевы Мод (проект DROMLAN). Вместе с Россией в работах по обеспечению воздушного моста Кейптаун-Новолазаревская участвуют операторы национальных антарктических программ разных стран. Действующее международное сотрудничество по проекту DROMLAN внесло существенный вклад в развитие транспортного парка аэродромных машин аэродрома Новолазаревской. В 2004 г. иностранными партнерами РАЭ передана следующая техника:

– гусеничный подъемник Mogooka Crawler MF-25V, приобретенный Японией, стоимостью 43 000 долларов США;

– грузовой колесный вездеход Mercedes-Benz UNIMOG U 4000, переданный на станцию Новолазаревская Германией, стоимостью 74 500 долларов США.

Стоимость анализов антарктических ледяных кернов, которые выполняют российские исследователи в европейских лабораториях в рамках международного сотрудничества, составила в 2004 г. 13 300 долларов США.

По проекту ИНТАС (Грант № 01-2268, «Связь изотопного состава поверхностного слоя снега в Центральной Антарктиде (станция Восток) с метеорологическими и климатическими условиями с точки зрения интерпретации исследований глубоких ледяных кернов») в 2004 г. на проведение анализов проб снега было получено 12 900 евро.

В рамках российско-норвежского научного проекта «Тектоническая и осадочная эволюция бассейнов морей Рисер-Ларсена и Космонавтов, Восточная окраина Антарктиды» от Национального нефтяного директората (Норвегия) ВНИИОкеангеология получила 10 000 евро.

Итого в 2004 г. было привлечено 130,8 тыс. долларов США и 22,9 тыс. евро или 4,5 млн руб. *внебюджетных средств*.

В отчете кратко изложены результаты работ по всем пяти направлениям Системы программных мероприятий подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» в 2004 г.

НАПРАВЛЕНИЕ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЮЖНОЙ ПОЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ

1.1. ПРОЕКТ 1 (ТЕМА РОСГИДРОМЕТА 2.2.1.1).

«РАЗРАБОТАТЬ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИЕ ПРИСУТСТВИЕ ГРАЖДАН РОССИИ В АНТАРКТИКЕ, СОЦИАЛЬНУЮ ЗАЩИТУ УЧАСТНИКОВ РОССИЙСКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ ЭКСПЕДИЦИЙ»

Цель работы – обеспечить нормативными, правовыми и прочими документами функционирование Российской антарктической экспедиции в новых социально-экономических условиях. Работы по проекту в 2004 г. выполнялись в ААНИИ.

Изменившиеся социально-экономические условия и правовые нормы, в том числе и международные, а также функционирование Российской антарктической экспедиции в режиме минимально допустимых параметров, потребовали существенной переработки документов, регламентирующих присутствие российских граждан в зоне действия Договора об Антарктике. В существенном обновлении нуждались и транспортные схемы обеспечения задач экспедиции (рис. 1.1.1). В первую очередь это вызвано возрождением авиационных схем доставки персонала и грузов экспедиции, а также эволюцией технических средств и вновь поставленной задачей оптимизации схем доставки в первую очередь с точки зрения обеспечения безопасности и в немалой степени минимизации финансовых затрат.



Рис. 1.1.1. Схема авиационных маршрутов Российской антарктической экспедиции



Рис. 1.1.2. Самолеты Ил-76 (слева) и БТ-67 (справа) на аэродроме станции Новолазаревская

В течение 2004 г. велась работа по обновлению «Правил внутреннего распорядка Российской антарктической экспедиции», в которых дано определение основных структурных элементов, из которых состоит РАЭ, и приведена схема управления экспедицией. В работах предыдущего периода была обновлена схема подачи заявок и представления отчетности по выполнению научных программ экспедиции, а за отчетный период подготовлена схема представления технической и логистической отчетности. В правилах внутреннего распорядка изложены должностные инструкции руководящего и технического состава, усилия которого направлены на поддержание и оптимальное функционирование логистической схемы работы экспедиции на разных ее этапах.

В целях выполнения требований по охране природы Антарктики, все национальные экспедиции обязаны разработать планы управления районами расположения своих экспедиционных объектов в Антарктике. В качестве второго такого объекта для составления плана управления со стороны РАЭ выбрана станция Новолазаревская, как место в Антарктике с наиболее существенным нарастанием влияния экспедиционной деятельности на природную среду благодаря чрезвычайно динамичному развитию аэродрома станции как международного аэропорта, через который осуществляется авиационная межконтинентальная доставка интернационального контингента участников экспедиций и региональные транспортные операции с применением малой авиации (рис. 1.1.2). Наличие отлаженной схемы авиационной доставки расширило возможности сезонных научных работ не зависящих от графика движения экспедиционного судна, как для российских, так и зарубежных ученых. Уникальность района оазиса Ширмахера накладывает дополнительные условия и ограничения на деятельность в этом районе. Все это послужило основанием для детальной разработки плана управления районом. Подготовленный план управления содержит полный пакет сведений и рекомендаций в соответствии с международными требованиями.

1.2. ПРОЕКТ 2 (ТЕМА РОСГИДРОМЕТА 2.2.2.1).

«ИССЛЕДОВАТЬ ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА И ЕГО БУДУЩИХ ИЗМЕНЕНИЙ С УЧЕТОМ МНОГООБРАЗИЯ ФАКТОРОВ И СВЯЗЕЙ В АНТАРКТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ “АТМОСФЕРА – ЛЕД – ОКЕАН – МАТЕРИК” И ИХ ВЛИЯНИЯ НА ГЛОБАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ»

Цель работы – дать количественную оценку ключевым процессам, формирующим изменения в Антарктической климатической системе.

В исследованиях атмосферы, океана, антарктического морского ледяного покрова, которые выполнялись в 2004 г. в рамках проекта, участвовали сотрудники ААНИИ, ГГО, ДВНИГМИ, ВНИИГМИ-МЦД, ИГКЭ, РГГМУ, ИФА РАН и Морского гидрофизического института (Севастополь).

В работе использованы материалы экспедиционных исследований в Антарктиде и Южном океане, результаты расчетов по модели общей циркуляции атмосферы, материалы спутниковых наблюдений над состоянием антарктического ледяного покрова и облачностью южной полярной области, данные дрейфующих буев.

Процессы, происходящие в атмосфере Антарктики, являются очень важными для формирования глобального климата. Связи между изменениями климата Антарктики и глобальными климатическими изменениями имеют весьма сложный характер и требуют тщательного исследования. В рамках подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» ведутся исследования процессов в тропосфере, стратосфере, в пограничном слое атмосферы, океане и во льду.

В последнее время все большее значение приобретает проблема изменения климата, которая оказывает влияние на многие сферы деятельности человека, включая экономику. Основные направления исследования климата сформулированы во Всемирной программе исследования климата (ВПИК). Главной целью этих исследований является изучение степени предсказуемости климата и масштабов воздействия человека на климат. Для достижения этой цели необходимо:

– улучшить понимание закономерностей регионального и глобального климата, их изменчивости со временем, а также механизмов, ответственных за формирование и изменение климата;

– проанализировать данные о значимых трендах регионального и глобального климатов;

– усовершенствовать физико-математические модели, пригодные для адекватного воспроизведения и оценки предсказуемости климатической системы, применительно к различным пространственным и временным масштабам;

– изучить чувствительность климата к различным природным и антропогенным воздействиям, а также

– проанализировать изменения климата, возникающие в результате этих воздействий.

Эти задачи решаются в рамках данного проекта. Работы 2004 г. явились естественным продолжением и развитием исследований, выполнявшихся в 2003 г. и более ранние годы.

В 2004 г. проведены новые ансамблевые расчеты эволюции климата Антарктики за период 1981–2100 гг. с помощью климатической модели ГГО. Расчеты проведены при заданных из численных экспериментов с моделями совместной циркуляции атмосферы и океана температуре поверхности океана и распределении морского ледяного покрова, а также – изменений концентрации парниковых газов и сульфатного аэрозоля в атмосфере. Продолжена работа по реконструкции циркуляции в Южном океане по данным поверхностных и глубоководных дрейфующих буев. Реконструированные ранее по данным буев ПГЭП поля поверхностной циркуляции и рассчитанные вдоль сглаженных траекторий компоненты скорости были использованы для расчета средней и вихревой кинетической энергии. Новый теоретический подход к определению линейных масштабов фрактальной структуры толщины морского льда с помощью дискретного вейвлет-анализа разрабатывался в ААНИИ. Проведены экспериментальные исследования радиационных и теплофизических свойств снежно-ледяного покрова в районе аэродрома станции Новолазаревская и экспериментальные и теоретические исследования тепломассопереноса в антарктическом морском льду. На основе мониторинга

атмосферной циркуляции южной полярной области продолжено исследование параметров крупномасштабной циркуляции атмосферы с целью определения характера и основных особенностей ее многолетней изменчивости.

Ниже суммированы основные результаты работ по перечисленным направлениям, полученные в 2004 г.

1. Проведены исследования неравновесной реакции глобального климата на различные сценарии антропогенного воздействия в XXI веке (в виде эмиссий парниковых газов и аэрозолей) с акцентированием внимания на изменчивости климата Антарктики. На основе результатов численного моделирования глобальной климатической системы был выполнен анализ возможностей модельного воспроизведения наблюдаемой изменчивости климата Антарктики, включая вероятностные функции распределения различных климатических характеристик; проведено исследование эволюции изменчивости климата высоких широт в XXI веке и выявление на фоне естественной климатической изменчивости возможных изменений климата в Антарктике в XXI веке. В ходе исследований были решены следующие задачи:

— оценена успешность, с которой объединенные модели атмосферы и океана, а также их атмосферные компоненты в отдельности, позволяют воспроизводить наблюдаемый климат Антарктики. Проанализированы источники систематических погрешностей модельных расчетов, оценена пригодность современных моделей для использования в расчетах будущих изменений климата Антарктики;

— исследованы важные физические механизмы и обратные связи в климатической системе Антарктики. Подтверждена компенсирующая роль Антарктиды, с точки зрения роста уровня Мирового океана при потеплении климата (за счет извлечения из глобального влагооборота дополнительного количества воды в виде твердых осадков, аккумулялирующихся на поверхности материка);

— исследованы изменчивость климата Антарктики и тренды климатических характеристик во второй половине XX века;

— на основе анализа результатов расчетов с помощью ведущих климатических моделей получены детальные оценки изменений климата Антарктики в XXI веке для различных сценариев антропогенного воздействия. Помимо средних изменений климатических характеристик Антарктики, получены предварительные оценки будущих изменений экстремальных значений таких характеристик, как приземная температура воздуха, осадки, сила ветра. Эти оценки получены благодаря применению ансамблевого подхода в расчетах климата XXI века с помощью модели ГГО (рис. 1.2.1);

— на основе суперансамблевого расчета климата XX-XXI вв. с климатической моделью ГГО T30L14 сформирована первая очередь архива модельных данных суточной дискретности для основных климатических характеристик Антарктики (температура воздуха, осадки, атмосферное давление, скорость ветра и т.п.) и проведена сравнительная оценка различных характеристик изменчивости климата Антарктики по модельным данным и данным наблюдений для интервала 1991–2000 гг. на двух российских антарктических станциях.

Выполненные расчеты и их анализ следует считать предварительным этапом в формировании *интегрированной информационно-аналитической системы для мониторинга и прогноза изменений климата Антарктики*. Число членов ансамбля расчетов наблюдаемого климата и его будущих изменений может увеличиваться по мере увеличения доступных вычислительных ресурсов, а также в зависимости от вновь получаемых результатов исследования. Кроме того, необходимо провести аналогичные расчеты для других (более жестких, чем B2) сценариев эмиссий в XXI веке, разработанных МГЭИК.

На завершившемся этапе реализации проекта применен совершенно новый подход, который позволил получить информацию, ранее не анализировавшуюся. Сравни-

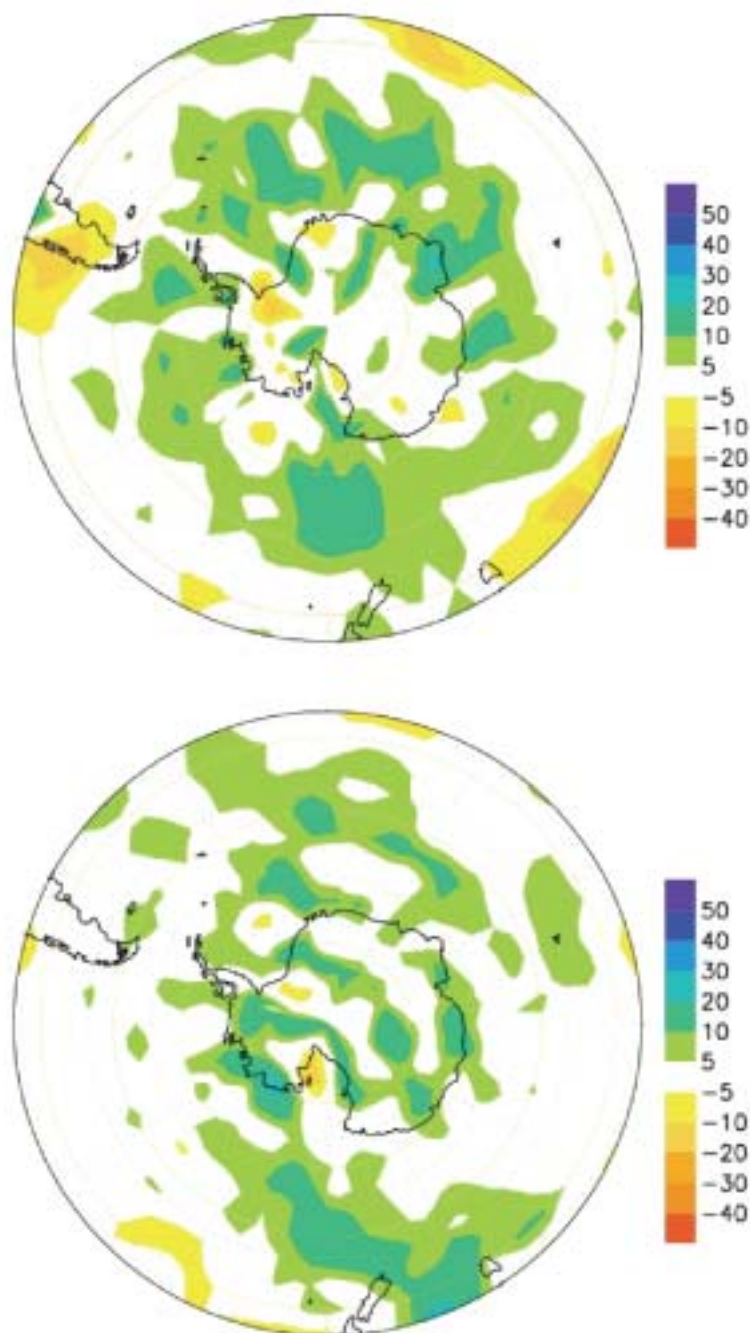


Рис. 1.2.1. Изменения осадков (%) в Антарктике к середине XXI в. по отношению к периоду 1981–2000 гг. по результатам ансамблевых расчетов с моделью ГГО: сверху – летом (декабрь – январь – февраль); внизу – зимой (июнь – июль – август)

тельный анализ вероятностных функций распределения климатических характеристик столь высокого (суточного) временного разрешения, а также анализ изменений этих функций при потеплении климата, дают новые возможности для валидации климатических моделей, в частности, оценки их способности воспроизводить наблюдаемый климат высоких широт южного полушария.

Ансамблевые расчеты климата XXI в. по разным граничным условиям с одной моделью (т.е. с одной и той же чувствительностью к изменениям концентрации парниковых газов и аэрозолей) открывают большой простор для исследований. В частности, сравнение этих расчетов с «оригинальными» (то есть проведенными с соответствующими климатическими моделями) расчетами неравновесной реакции климата на те же сценарии

эмиссий может способствовать продвижению в понимании того, в какой степени атмосферные и в какой — океанские компоненты модельных климатических систем определяют чувствительность к указанным внешним воздействиям. Дополнительным и весьма привлекательным преимуществом вышеописанного подхода является возможность формирования архива данных о большом количестве климатических характеристик суточной дискретности, включая суточные экстремумы отдельных характеристик. Получение суточных данных для других моделей по Интернету или на различных носителях даже для одного члена ансамбля вековых расчетов технически весьма затруднительно.

Эти и многие другие исследования будут проводиться на последующих этапах развития интегрированной информационно-аналитической системы для мониторинга и прогноза изменений климата Антарктики.

2) Продолжены работы по реконструкции циркуляции в Южном океане по данным поверхностных и глубоководных дрейфующих буев. Реконструированные ранее по данным буев ПГЭП поля поверхностной циркуляции и рассчитанные вдоль сглаженных траекторий компоненты скорости были использованы для расчета средней и вихревой кинетической энергии. В результате была сформирована карта пространственной изменчивости вихревой кинетической энергии с разрешением $2^\circ \times 2^\circ$. Эти оценки могут быть использованы при верификации моделей циркуляции Южного океана и уточнения карт вихревой кинетической энергии, получаемых с использованием альтиметрической информации. Также были получены распределения меридионального и зонального вихревого потока тепла в Южном океане.

3) Разработан новый теоретический подход к определению линейных масштабов фрактальной структуры толщины морского льда с помощью дискретного вейвлет-анализа. Для этого использованы сонарные наблюдения осадки морского льда вдоль различных маршрутов плавания атомных подводных лодок.

4) Проведены экспериментальные исследования радиационных и теплофизических свойств снежно-ледяного покрова в районе станции Новолазаревская и экспериментальные и теоретические исследования тепломассопереноса в антарктическом морском ледяном покрове. Количественные оценки энергообмена между океаном и атмосферой и параметры процессов тепломассопереноса в морском льду имеют важное значение для проверки климатических моделей и оценок климатических изменений в антарктической атмосфере.

5) Выполнены исследования короткопериодных вариаций климата в районе российской антарктической станции Беллинсгаузен. Станция расположена на острове Кинг-Джордж, рядом с зоной антарктической конвергенции, и наиболее чувствительна к влиянию изменения циклонической активности в субполярных районах. Рассмотрено влияние аномалий температуры поверхности Атлантического и Тихого океанов на климат о. Кинг-Джордж. Исследованы теплофизические свойства (альбеда, температурный режим) различных поверхностей, характерных для этого региона в летний период. Одним из важных результатов данных исследований явилось усовершенствование интерпретации снимков ИСЗ малого и среднего разрешения, которая невозможна без детальной информации об отражательных характеристиках различных типов поверхности.

Выполнено сравнение результатов энергобалансовых измерений, проведенных на станции в летние сезоны 2001-2002 гг. и 2002-2003 гг. Установлено, что в 2003 г. наблюдалась большая изменчивость турбулентных потоков тепла и импульса при общей нестабильной климатической ситуации. Анализ спутниковых данных о температуре поверхности океана показал, что это связано со смещением границы теплых вод в проливе Дрейка к югу. Продемонстрировано, что даже на малых временных рядах возможно проследить отклик процессов, происходящих в тропической части океана, в умеренных и полярных широтах.

б) Завершено формирование единого архива аэрологических данных ААНИИ за полный период наблюдений на российских антарктических станциях (1956–2004 гг.), имеющих длительные ряды высотных измерений. В результате впервые восстановлены на техническом носителе 200 годовых серий наблюдений за геопотенциалом, температурой и влажностью воздуха, скоростью ветра на 16 изобарических поверхностях.

На основе аэрологических массивов ААНИИ, АЭРОСТАБ, КАРДС и экспериментальной версии массива параметров вертикальной макроструктуры облачного покрова получены:

- массивы средних месячных и средних годовых значений по 20 аэрологическим станциям южной полярной области за весь период измерений. По сформированным базам данных оценены межгодовые изменения температуры воздуха в свободной атмосфере и высоты геопотенциала для различных станций за весь период наблюдений (рис. 1.2.2. и 1.2.3.);

- база данных по приземной температуре и давлению, температуре и высоте геопотенциала на основных барических поверхностях, полученная на основе КАРДС, которая использована для контроля качества базы данных ААНИИ (<http://south.aari.nw.ru>);

- проведено сравнение оценок трендов приземной температуры, полученных различными методами, а также исследование климатических изменений основных параметров вертикальной макроструктуры облачного покрова на примере станции Беллинсгаузен, которое необходимо для понимания механизмов формирования локального потепления в районе Антарктического полуострова;

- для уточнения связей между климатическими изменениями облачного покрова и приземной температуры в Восточной, Западной и Центральной частях Антарктиды проведено исследование корреляционных связей между аномалиями среднемесячных значений приземной температуры и основных параметров вертикальной макроструктуры облачного покрова;

- исследованы корреляционные связи нормированных временных рядов среднемесячных значений приземной температуры и основных параметров вертикальной макроструктуры облачного покрова.

7) Созданы архивы индексов циркуляции атмосферы для всего южного полушария (индексы Блиновой, Арктической осцилляции, циклонической активности) и для тихоокеанского сектора (индексы Каца, индексы блокирования, циклонической активности, компоненты естественные ортогональные функции (ЕОФ) разложения гидрометеорологических полей). Анализ индексов, рассчитанных на основе данных реанализа NCEP/NCAR, позволил изучить изменения общей циркуляции атмосферы южного полушария в последние полвека:

- индексы циркуляции, характеризующие интенсивность западно-восточного переноса в тропосфере (индекс Блиновой, Арктической осцилляции, индекс зональной циркуляции Каца, первые ЕОФ-разложения полей геопотенциала), имеют высокие показатели сходства (коэффициенты корреляции 0,93–0,97). В результате анализа временных изменений индексов циркуляции во второй половине XX века выявлено два различных циркуляционных периода. С середины века до начала 1970-х годов отмечалось ослабление интенсивности западно-восточного переноса на полушарии, а с середины 1970-х годов до конца века ее усиление;

- анализ временных рядов индексов циклонической активности в нижней тропосфере южного полушария позволил выявить, что во второй половине XX столетия в широтной зоне от 45 до 60° ю.ш. включительно отмечалось ослабление циклонической циркуляции во все сезоны года, в широтной зоне 62,5–75° ю.ш., наоборот, усиление, за исключением отдельных сезонов на отдельных широтах (уровень значимости 0,95). Сложившееся поведение барических объектов на уровне 1000 гПа, по всей видимости,

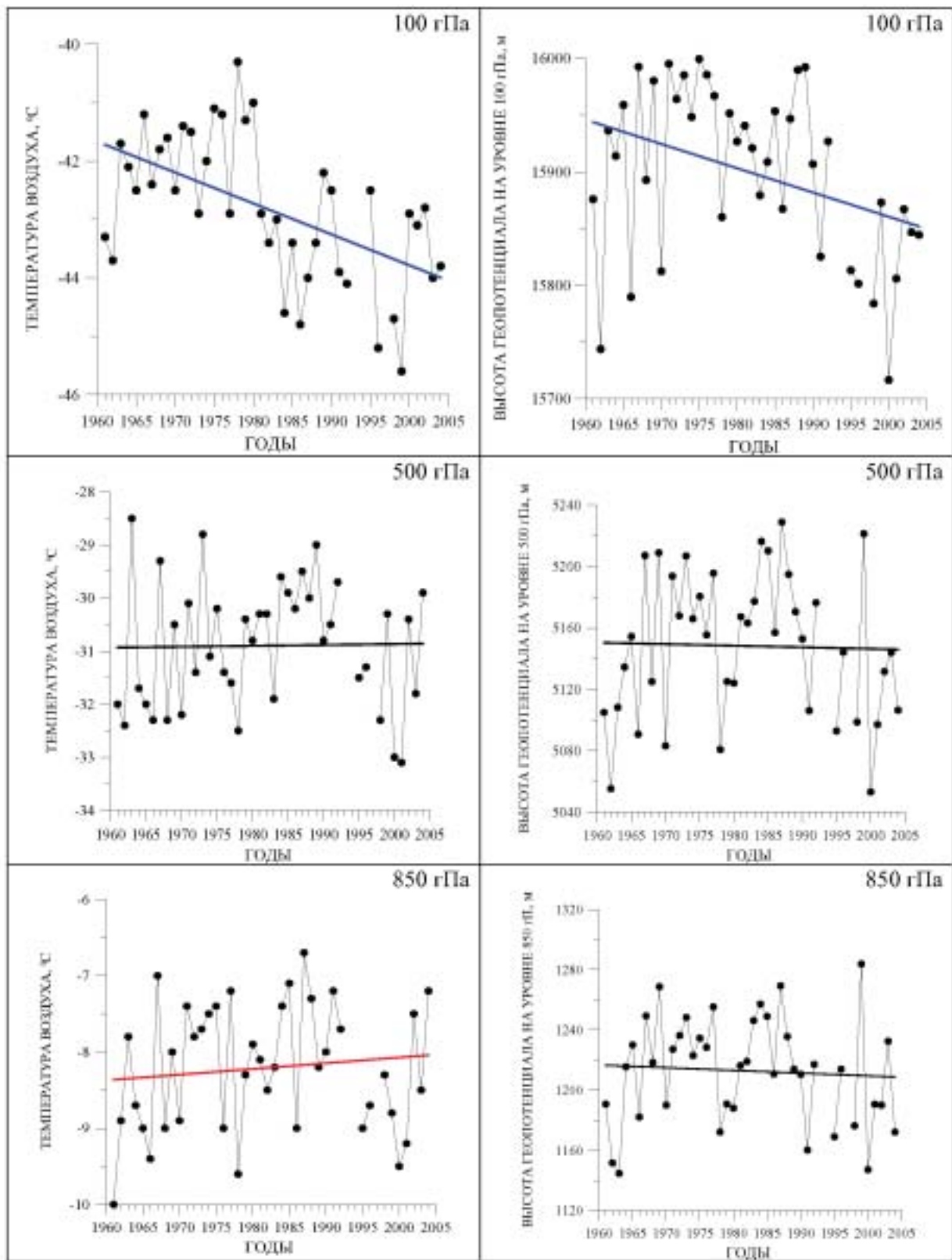


Рис. 1.2.2. Межгодовые изменения температуры воздуха (левая колонка) и геопотенциала (правая колонка) в свободной атмосфере в январе над ст. Новолазаревская за период 1961–2004 гг.

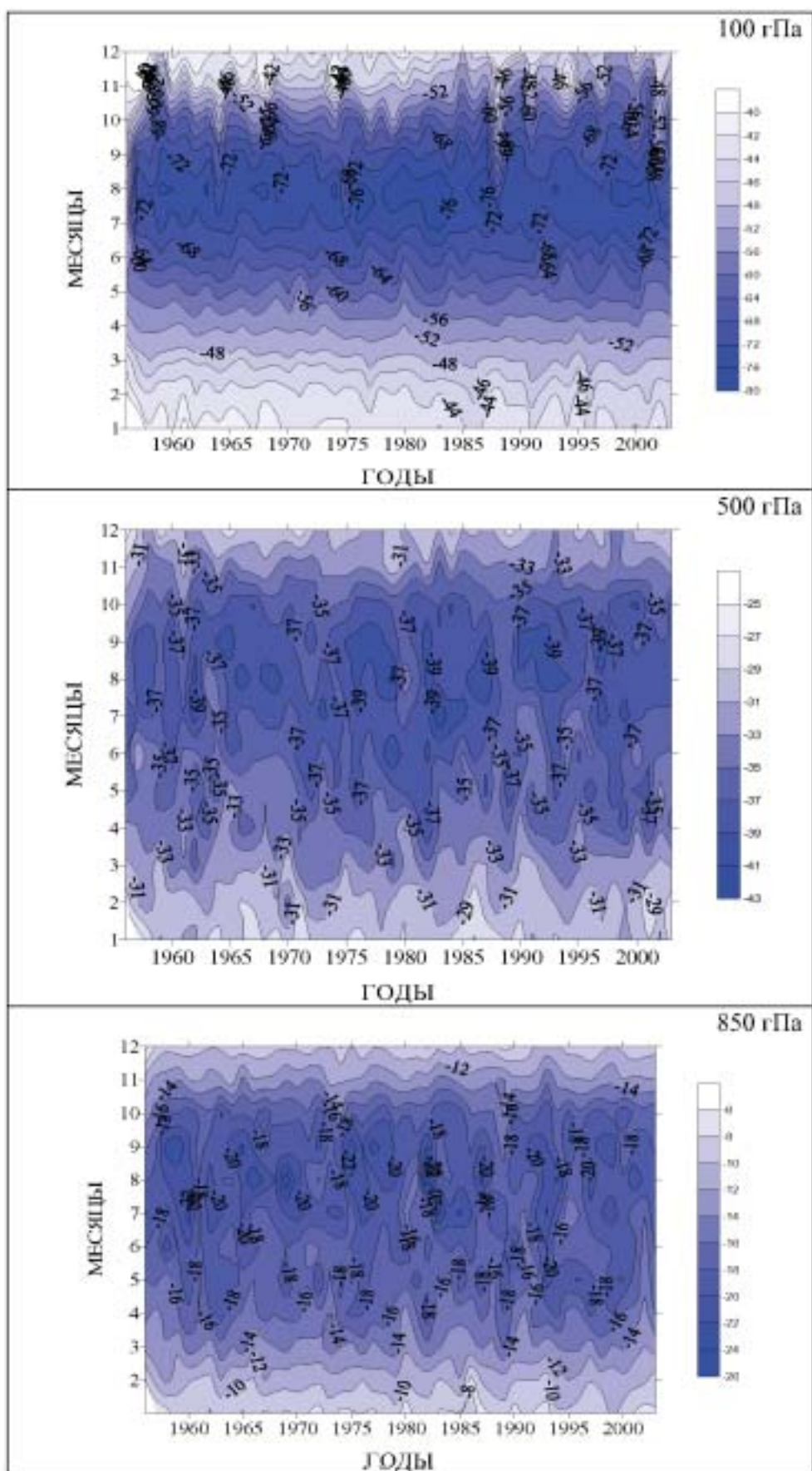


Рис. 1.2.3. Межгодовые изменения температуры воздуха в свободной атмосфере над обсерваторией Мирный за период 1956–2003 гг.

следует связывать с перераспределением термических и барических градиентов в умеренных и высоких широтах южного полушария и усилением зональных (следовательно, уменьшением меридиональных) форм циркуляции атмосферы;

— в умеренной зоне Тихого океана отмечено уменьшение циклонических образований в исследуемый период, причем, зона с отрицательными трендами в тихоокеанском секторе на $2,5^\circ$ смещена к полюсу по отношению к подобной зоне, выявленной для всего полушария;

— количество циклонов в субполярных и полярных областях Тихого океана увеличилось, однако вклад тихоокеанского сектора в этих широтах незначителен: зона с положительными сдвигами сужена по отношению ко всему полушарию и тренды не достигают выбранного уровня значимости, а в отдельные месяцы и сезоны имеют обратный знак.

— в тихоокеанском секторе умеренных и субантарктических широт южного полушария в большинстве сезонов года последние полвека отмечалось уменьшение числа случаев блокирования западно-восточного переноса. Исключением явились весна и лето в районе 140° в.д.— 160° з.д./ $40-70^\circ$ ю.ш., где временной ход индекса блокирования весной не имеет значимого тренда, а для сезона лета выявлен положительный тренд.

Показано, таким образом, что в середине 1970-х годов в южном полушарии, произошла смена циркуляционных эпох, которая заключалась в смещении циркуляционных систем к полюсам, в том числе, концентрации циклонических образований в субполярной зоне, уменьшении межширотного обмена.

На основе разработанных процедур расчета индексов циркуляции целесообразно создание оперативной системы мониторинга параметров крупномасштабной атмосферной циркуляции и оценки их связи с параметрами подстилающей поверхности и ледовыми условиями у побережья Антарктиды.

8) Анализ атмосферных макропроцессов за 2003 г. показал, что этот год в целом сохранил основные черты в повторяемости форм атмосферной циркуляции, характерные для 2002 г. Прежде всего, отмечался низкий уровень развития зональных процессов. Повторяемость процессов формы *Z* за 2003 г. оказалась ниже среднегодовой на 20 дней. В 2002 г. этот показатель был ниже нормы на 43 дня, а число месяцев с положительной и нулевой аномалией зональной формы циркуляции равнялось двум, тогда как в 2003 г. таких месяцев было четыре. Другой важной особенностью года стало сохранение высокой положительной аномальности развития процессов *Mb*-формы. Если в 2001 г. эта аномалия составила 25 дней, в 2002 г. — 24 дня, то в 2003 г. повторяемость этих процессов превысила норму на 15 дней.

9) На основе мониторинга атмосферной циркуляции южной полярной области и методики поэлементной классификации состояний циркумполярного вихря показано, что изучение изменчивости характеристик циркумполярного вихря способствует пониманию закономерностей изменчивости атмосферной циркуляции не только в южном полушарии, но и в планетарном масштабе. Они также имеют прогностическое значение с учетом того, что на основании поведения циркумполярного вихря можно прогнозировать тенденции в повторяемости форм атмосферной циркуляции в южном полушарии, используемые в долгосрочных прогнозах погоды.

10) Выполнен поддиапазонный вероятностный анализ многолетних временных рядов данных срочных гидрометеорологических измерений в Антарктике. На основе полного ряда метеорологических измерений на станции Русская проведен анализ статистической структуры приземного ветра, как векторной случайной величины. Изучен механизм формирования штормовых условий на побережье Западной Антарктиды. Полученные результаты составляют основу для проектирования размещения автоматической метеорологической станции в этом малоизученном районе Антарктиды.



Рис. 1.2.4. Межгодовой ход аномалий среднегодовой температуры воздуха на отдельных антарктических станциях за период 1957–2003 гг. На кривые нанесены линейные тренды за весь период работы станции и за последние 10 лет

11) Выполнен анализ межгодовых изменений температуры воздуха в Антарктике за 2003 и 2004 годы. В 2003 г., по сравнению с 2002 г., наблюдается уменьшение количества антарктических станций с отрицательными аномалиями среднегодовой температуры. Незначительные отрицательные аномалии среднегодовой температуры (от $-0,5$ до $-1,0\sigma$) наблюдались только в районе Южного полюса, на восточном побережье моря Уэдделла, в районах Земли Уилкса и Земли Адели ($-0,5$ °C, $-0,8\sigma$), на станциях Халли ($-1,1$ °C, $-1,0\sigma$), Кейси ($-0,4$ °C, $-0,5\sigma$) и Дюмон-д'Юрвиль ($-0,6$ °C, $-0,9\sigma$). Однако крупных положительных аномалий среднегодовой температуры в 2003 г. по сравнению с 2002 г. было меньше. Наиболее крупная положительная аномалия среднегодовой температуры, около $1,5$ °C ($1,8\sigma$), была отмечена на станции Сева. Самыми теплыми месяцами на территории Антарктиды в 2003 г. стали январь, февраль и сентябрь, а в предыдущем 2002 г. были апрель и май. В 2003 г. только на станции Оркадас был отмечен новый среднемесячный максимум температуры воздуха, который в августе составил $-3,2$ °C (аномалия $6,1$ °C, $1,8\sigma$). Новый среднемесячный минимум температуры отмечен в декабре на станции Беллинсгаузен, когда средняя месячная температура воздуха составила $-1,3$ °C ($-1,7$ °C, $-2,9\sigma$).

В 2004 г. средняя годовая температура воздуха на станции Беллинсгаузен ($-1,6$ °C) выросла на $0,4$ °C по сравнению с 2003 г. и превысила многолетнюю норму на $0,8$ °C.

Указанное потепление, в основном, явилось результатом роста температуры в первые два зимних месяца (в июне и в июле). Амплитуда годового хода температуры (разность между значениями для самого «теплого» и самого «холодного» месяцев года) составила здесь 6,0 °С, что является абсолютным рекордом за весь период инструментальных измерений (1968–2004 гг.). Положительная аномалия температуры в зимний сезон, обусловленная локальным ростом циклонической активности, как известно, является одним из признаков сигнала глобального потепления.

Межгодовые изменения температуры воздуха в Антарктике пространственно неоднородны. По виду изменений температуры для станций с наиболее длинными рядами (не менее 30 лет) выделяются несколько крупных районов, в которых при детализации можно выделить и подрайоны (рис. 1.2.4).

Таким образом, анализ термического состояния приземной атмосферы Антарктиды в 2003–2004 гг. и оценка межгодовых изменений температуры воздуха на антарктических станциях за период инструментальных наблюдений показали, что в Антарктиде продолжается устойчивое потепление.

12) Проведено исследование структуры климатической изменчивости в Антарктике и ее связи с процессами блокирования западного переноса в южном полушарии и другими особенностями крупномасштабной циркуляции. Осуществлена интерполяция сеточных данных реанализа в точки расположения станций и выполнено сопоставление одноименных временных рядов (отнесенных к станциям) по данным реанализов и данным наблюдений. Рассчитаны и проанализированы статистики сравниваемых рядов и различий между ними. Исследованы основные моды межгодовой изменчивости термобарических полей в тропосфере южного полушария средствами анализа главных компонент. Введено определение Антарктического колебания и характеризующего его индекса. Получены оценки связи этого индекса с колебаниями климата Антарктики и с изменениями параметров циркуляции в южном полушарии. Получены оценки связи колебаний климата Антарктиды с изменениями параметров циркуляции в южном полушарии и оценки тенденций текущих изменений климата Антарктики (по данным реанализа).

Полученные результаты найдут применение для диагноза современного состояния климата и прогноза эволюции климатической системы и являются вкладом в международные программы CLIVAR, CliC и другие.

1.3. ПРОЕКТ 3 (ТЕМА РОСГИДРОМЕТА 2.2.2.2).

«ОПРЕДЕЛИТЬ КЛИМАТООБРАЗУЮЩУЮ РОЛЬ ЮЖНОГО ОКЕАНА»

Цель работ по проекту состоит в оценке тенденций развития современного климатического состояния вод и льдов Южного океана, определении механизмов, формирующих термохалинную структуру и основные переносы в Южном океане.

В исследованиях 2004 г. в рамках проекта участвовали сотрудники Арктического и антарктического НИИ, Гидрометцентра России и Института океанологии РАН. Работы 2004 г. явились естественным продолжением и развитием исследований, выполнявшихся в 2003 г. и на первом этапе (1999–2002 гг.) реализации проекта.

В работе использованы материалы экспедиционных исследований в Южном океане, результаты расчетов по региональной модели циркуляции вод и льдов Южного океана ААНИИ и модели общей циркуляции океана Гидрометцентра, результаты теоретических и лабораторных исследований конвекции, материалы спутниковых наблюдений над состоянием ледяного покрова и судовых ледовых наблюдений.

Современные подходы к решению задач, стоящих перед проектом, в значительной степени базируются на использовании физически полных океанических моделей.

Такие модели при их объединении с моделями общей циркуляции атмосферы, являются также одним из основных инструментов для получения оценок возможных изменений климата вследствие его естественной изменчивости и внешних воздействий. Важной частью таких исследований являются новые теоретические подходы и использование лабораторного моделирования. Кроме этого необходимо проанализировать современные и архивные океанографические и ледовые данные для оценки современного состояния вод и льдов Южного океана и адекватного сравнения с данными модельных расчетов.

Центральной частью данного проекта в 2004 г. были экспедиционные океанографические исследования в атлантическом и индийском секторах Южного океана в период 49-й РАЭ. С помощью отрывных батитермографов на маршруте следования НЭС «Академик Федоров» из Новозеландской в Кейптаун выполнен океанографический разрез от Антарктиды до Африки. Эти работы являются российским вкладом в международный проект GoodHope, входящий в программу CLIVAR. Продолжены детальные исследования, представлена характеристика океанографического режима залива Прюдс по данным экспедиций 1997–2004 гг. Основным районом экспедиционных исследований в рамках РАЭ с 1997 по 2004 год был залив Прюдс и прилегающая акватория моря Содружества. В сезонные периоды 42, 43, 44, 46 и 49-й РАЭ с борта НЭС «Академик Федоров» здесь было выполнено в общей сложности 103 гидрологических станции. Получена уникальная информация о структуре вод региона в различные сезоны. Определены характеристики водных масс, уточнены пути распространения шельфовых и модифицированных циркумполярных глубинных вод. Установлены характеристики и ареал распространения переохлажденных вследствие взаимодействия с нижней поверхностью шельфового ледника Эймери шельфовых вод. Исследована структура Антарктического склонового фронта на различных участках материкового склона, получены данные о сезонной изменчивости его параметров. Впервые получено подтверждение данными наблюдений факта формирования в этом регионе Антарктических донных вод, определены их характеристики, локализован район формирования.

Продолжено развитие комплекса математических моделей для описания внутри- и межгодовой изменчивости гидрологического и ледового режима Южного океана и процессов в океане, являющихся современным инструментом научных исследований. Проведен численный эксперимент с новым вариантом трехмерной термодинамической численной модели Южного океана. С использованием численной модели общей циркуляции океана Гидрометцентра, в которой учтены основные физические процессы, ответственные за формирование крупномасштабной структуры динамических и гидрологических полей, проведено исследование механизмов, определяющих формирование термохалинной структуры глубинных слоев Южного океана. Разработана трехмерная гидродинамическая модель для расчета циркуляции и тепловых потоков в океане, предназначенная для корректного описания глубокой конвекции. Продолжены численные расчеты по модифицированной двумерной негидростатической конечно-разностной модели конвекции, в которой точно выполняются условия массо-, тепло-, и соленепроницаемости на твердых границах. Продолжены лабораторные исследования влияния важнейших топографических факторов, определяющих динамику и структуру течений на материковом склоне Антарктиды. Исследовано распределение, численность, происхождение и морфология айсбергов на акватории морей Дейвиса и Моусона.

Ниже кратко изложены основные результаты работ по проекту, полученные в 2004 г.

1. Исследована изменчивость положения некоторых характеристик Антарктического циркумполярного течения (АЦТ) и фронтов на разрезе от Антарктиды до Африки в диапазоне долгот 0–20° в.д. Океанографический разрез выполнен с помощью отрывных батитермографов ХВТ на маршруте следования НЭС «Академик Федоров» из Новозеландской в Кейптаун в феврале 2004 г. (рис. 1.3.1). Высокое пространственное раз-

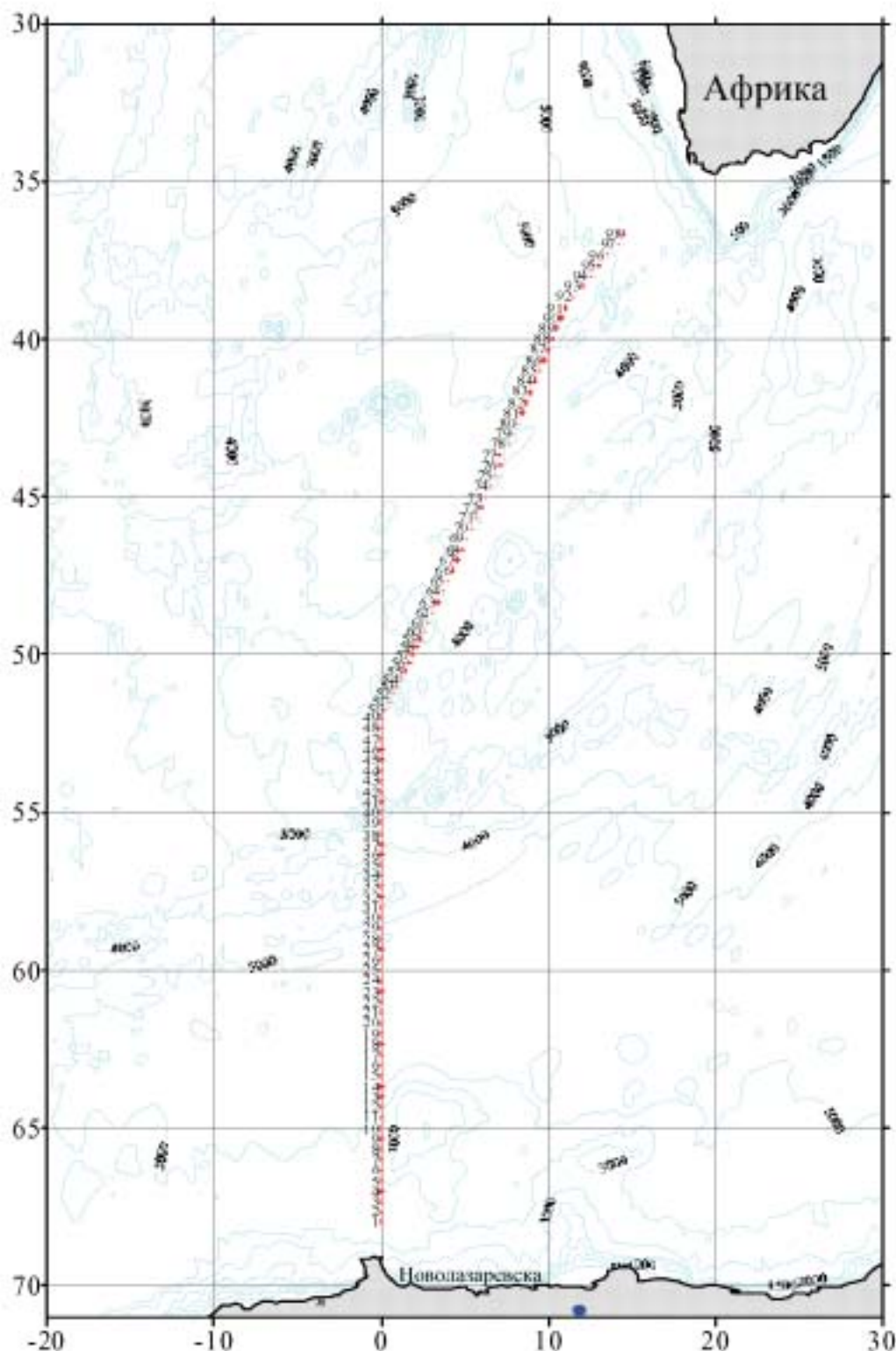


Рис. 1.3.1. Океанографический разрез, выполненный с помощью отрывных ХВТ-батитермографов на маршруте следования НЭС «Академик Федоров» из Новолазаревской в Кейптаун в январе 2004 г.

решение (15 – 20 морских миль) позволило получить подробную картину термической структуры верхнего 750-метрового слоя океана, определить положение и некоторые характеристики фронтов и границ АЦТ и примыкающих циркуляционных систем (субполярного круговорота Уэдделла и течения Агульяс). Получены оценки горизонтальных градиентов температуры в областях основных фронтов Южного океана, исследо-

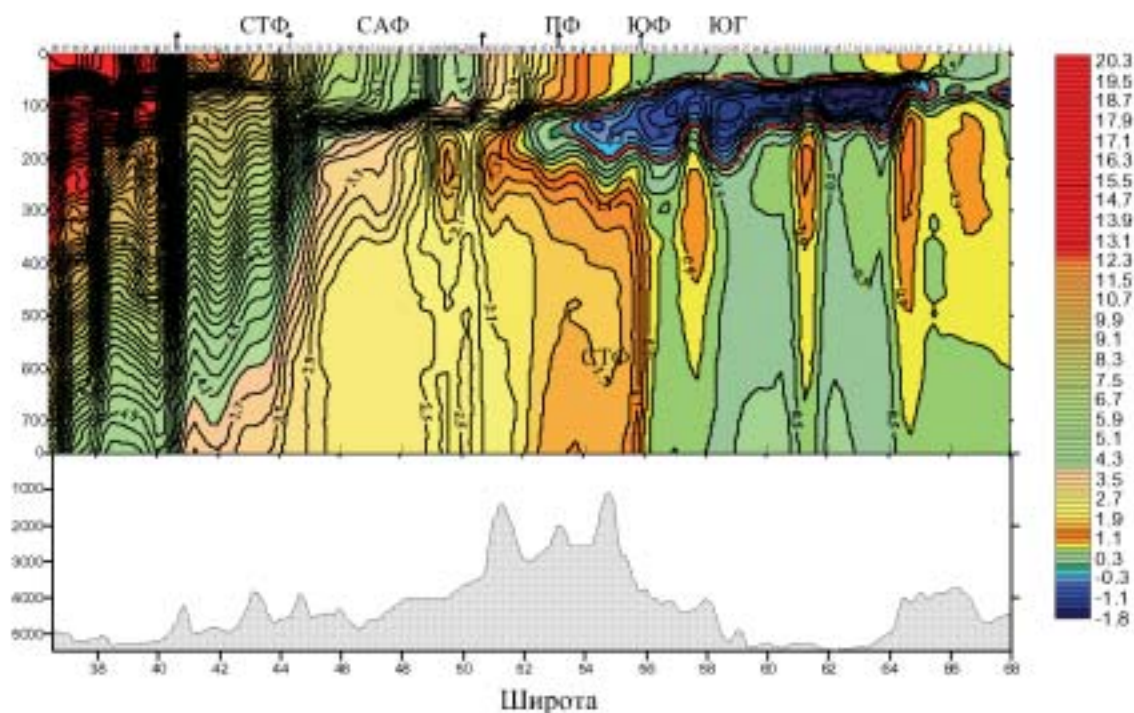


Рис. 1.3.2. Температура в верхнем 750-метровом слое воды на разрезе от Антарктиды до Африки в диапазоне долгот 0– 20° в.д.

ваны особенности их поверхностного и подповерхностного проявления (рис. 1.3.2). Определены характеристики мезомасштабных вихревых образований, обнаруженных как в области круговорота Уэдделла (вихри с теплым ядром), так и в Полярной фронтальной зоне (вихрь с холодным ядром).

2. На северо-западе залива Прюдс (море Содружества) в период с 24 по 28 января 2004 года с борта НЭС «Академик Федоров» с помощью зондирующего комплекса «SeaBird 911» выполнено 3 меридиональных разреза, пересекающих шельф и верхнюю часть материкового склона и состоящих из 28 океанографических станций. Эти исследования залива Прюдс явились продолжением работ, выполненных в 1997 – 2004 гг. в период 42–44-й, 46-й и 49-й Российских антарктических экспедиций (рис. 1.3.3). Разрезы, впервые выполненные в этом районе с таким высоким пространственным разрешением (расстояние между станциями 3–4 мили), позволили получить уникальную информацию о структуре вод в области Антарктического склонового фронта, установить параметры фронта, определить характеристики водных масс (рис. 1.3.4).

Впервые получено экспериментальное подтверждение формирования в этом регионе антарктических донных вод. Установлено, что наблюдаемые на материковом склоне западнее 72° в.д. плотные и холодные воды являются результатом смешивания модифицированной циркумполярной глубинной воды с шельфовыми водами разных модификаций, формирующихся в основном на юге залива Прюдс, вблизи шельфового ледника Эймери. Характер тонкой структуры на вертикальных профилях температуры и солености отражает активную роль этих вновь образованных плотных вод в вентиляции (обогащении кислородом) глубинных вод и пополнении слоя донных вод, распространяющихся в этот район из моря Уэдделла. Данные экспедиции не подтвердили формирование в этом районе высокосоленых шельфовых, и, как следствие, более соленых донных вод, что предполагалось ранее. Результаты наблюдений показывают, что интенсивность опускания вниз по материковому склону донных вод возрастает в западном направлении, по мере сужения шельфа и увеличения его уклона в мористую сторону.

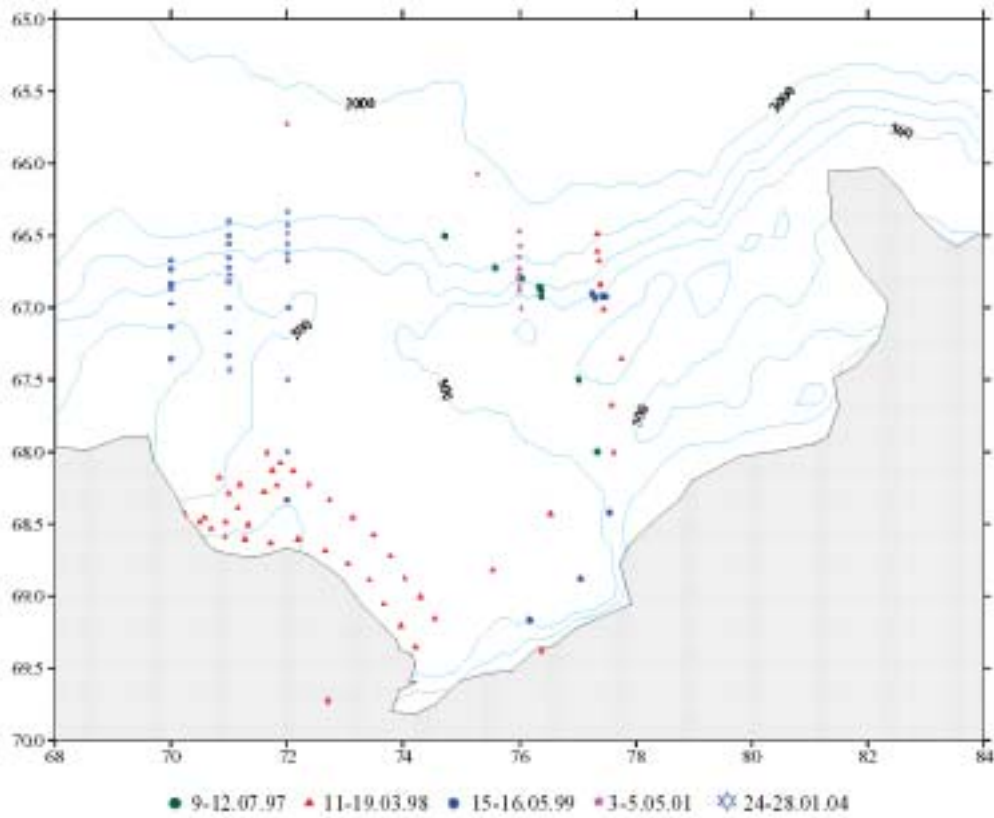


Рис. 1.3.3. Работы в заливе Прудс в период 42-44-й, 46-й и 49-й РАЭ (1997–2004 гг.).

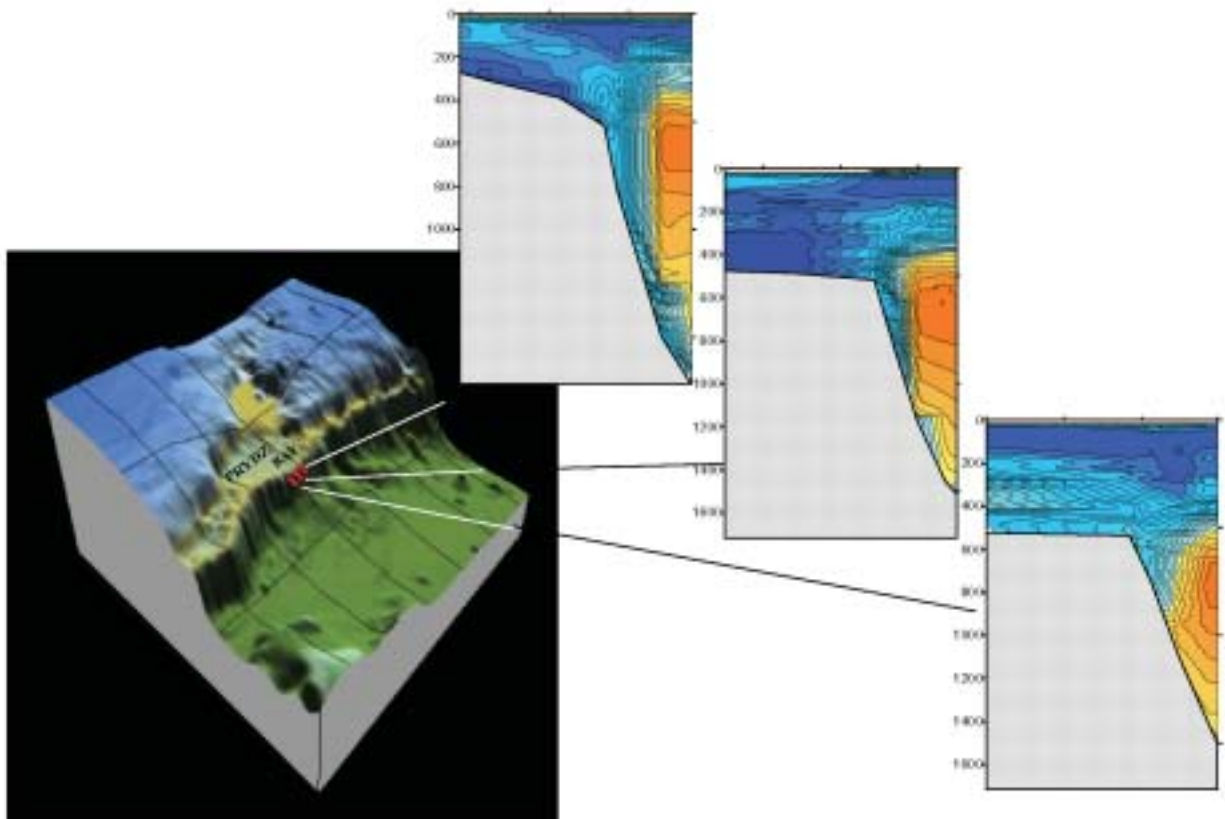


Рис. 1.3.4. Температура воды на трех меридиональных разрезах на северо-западе залива Прудс в январе 2004 г. с борта НЭС «Академик Федоров».

Антарктический склоновый фронт на выполненных разрезах выражен в аномально высоких, по сравнению с наблюдаемыми в других районах Антарктики, горизонтальных градиентах гидрологических параметров в слое 200–800 метров. Ширина фронта на выполненных разрезах оценивается в 10 км. Заметное увеличение градиентов через фронт наблюдается в западном направлении.

В целом, анализ данных наблюдений на шельфе и материковом склоне на северо-западе залива Прюдс позволяют сделать ряд заключений. Во-первых, в данном регионе происходит формирование донных вод; во-вторых, этот процесс имеет место и в летний период, что ставилось ранее под сомнение; в третьих, область формирования донных вод является область западнее 72° в.д.; в четвертых, не подтверждается факт формирования высокосоленного типа донных вод, как предполагалось в некоторых предыдущих исследованиях; в пятых, возможны разные сценарии перемешивания водных масс и опускания плотных вод вниз по склону.

3. Создан комплекс математических моделей для описания внутри- и межгодовой изменчивости гидрологического и ледового режима Южного океана и процессов в океане, являющихся современным инструментом научных исследований. Проведен численный эксперимент с новым вариантом трехмерной термодинамической численной модели Южного океана (новые граничные условия на поверхности и на северной жидкой границе; новая донная топография и новый атмосферный форсинг). Получены удовлетворительные результаты по горизонтальному распределению полей скорости течений и временной изменчивости расхода АЦТ в проливе Дрейка. Показано, что процессы эволюции ледяного покрова удовлетворительно описываются на максимальной стадии развития и не совсем адекватно в период таяния льда.

4. С использованием численной модели общей циркуляции океана Гидрометцентра, в которой учтены основные физические процессы, ответственные за формирование крупномасштабной структуры динамических и гидрологических полей, проведено исследование механизмов, определяющих формирование термохалинной структуры глубинных слоев Южного океана. При анализе результатов численных экспериментов внимание сосредотачивалось на районах развития конвекции в Южном океане, хотя численные эксперименты проводились по глобальной версии модели. В результате получены оценки зависимости получаемых в модели океанографических полей от структуры атмосферных воздействий на поверхности океана. Проанализирована изменчивость динамических переменных (средней кинетической энергии), толщины конвективного слоя, структуры термохалинных полей. Рассмотрена межгодовая изменчивость, порождаемая изменениями атмосферных условий.

5. Проведены лабораторные эксперименты по моделированию динамики и устойчивости фронтального течения вдоль материкового склона Антарктиды в условиях различной ширины и крутизны континентального склона. Установлено, что ширина зоны континентального склона оказывает значительное влияние на режим моделируемого течения. Это влияние заключается в подавлении неустойчивости течения, в уменьшении энергии волно-вихревых структур, а также интенсивности водообмена и переноса примеси в системе «шельф—глубокое море» в области широкого континентального склона. Последнее обстоятельство имеет важное значение, поскольку вентиляция вод шельфовой зоны, напрямую зависит от интенсивности водообменных процессов с глубоководной частью моря. Результаты опытов, в определенной степени, могут быть использованы для интерпретации данных натурных наблюдений структуры и динамики Антарктического прибрежного течения в морях Антарктиды с различными параметрами континентального склона.

6. Разработана трехмерная гидродинамическая модель для расчета циркуляции и тепловых потоков в океане, предназначенная для корректного описания глубокой конвекции. Продолжены численные расчеты по модифицированной двумерной негидрос-

татической конечно-разностной модели конвекции, в которой точно выполняются условия массо-, тепло-, и соленапроницаемости на твердых границах. Модель качественно правильно воспроизводит конвективные процессы, вызванные поверхностным охлаждением водной массы. В глубокой части исследуемого бассейна модель воспроизводит направленное на север течение, соответствующее по скорости и направлению картине общей циркуляции в западной части моря Уэдделла. На данный момент характер меридиональной циркуляции продолжала определять глубокая конвекция открытого океана, несмотря на значительный запас отрицательной плавучести, накопленный водной массой, находящейся над шельфом. Такое поведение циркуляционной системы обусловлено недостаточным временем интегрирования: во-первых, область повышенной солёности не успела достичь материкового склона, во-вторых, ледовый покров, экранирующий отток тепла из океана и тем самым подавляющий конвекцию, не успел распространиться на область акватории с большими глубинами.

7. Исследовано распределение, численность, происхождение и морфология айсбергов на акватории морей Дейвиса и Моусона (83–110° в.д.). Основу для их проведения составила опытная база данных отечественных наблюдений за айсбергами по маршруту следования судов САЭ-РАЭ, охватывающая почти полувековой период. Она насчитывает в указанном долготном секторе Южного океана около 7000 радиолокационных определений количества айсбергов в радиусе 15 миль от места нахождения судна и свыше 700 инструментальных измерений их размеров. Обработка и анализ этих данных произведены по разработанной ранее оригинальной методике. Суммарный объем массы глетчерного льда, заключенного в айсбергах морей Дейвиса и Моусона, оценивается в 525 км³ (в водном эквиваленте), из которых около 55 км³ приходится на долю ежегодно вытравливаемых айсбергов.

Полученные результаты найдут применение для развития исследований по диагнозу и прогнозу эволюции планетарной климатической системы. Лабораторные результаты могут быть использованы для физического описания динамики и структуры течений над континентальным склоном Антарктиды. Данные работы являются вкладом в международные проекты, проводящиеся под эгидой совместной группы CLIVAR/CliC/SCAR по Южному океану.

1.4. ПРОЕКТ 4 (ТЕМА РОСГИДРОМЕТА 2.2.3.1).

«ПРОВЕСТИ КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДЛЕДНИКОВОГО ОЗЕРА ВОСТОК, ОЦЕНИТЬ ПРОШЛЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ПО ДАННЫМ ЛЕДЯНЫХ КЕРНОВ, КОЛОНОК МОРСКИХ И ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ»

В 2004 г. изучение подледникового озера Восток осуществлялось методами дистанционных геофизических измерений и посредством лабораторных анализов образцов озерного льда, поднятых на поверхность в результате глубокого бурения антарктического ледникового покрова на станции Восток. Палеоклиматические исследования включали разработку и апробацию модели расчета возраста газовых включений во льду, спектральный анализ климатических рядов, реконструированных по данным изучения ледяных кернов, а также палеогеографическую интерпретацию результатов анализов грунтовых колонок из озера оазиса Ширмахера и Холмов Ларсеманн и верхнечетвертичных осадков моря Космонавтов.

Дистанционные геофизические исследования района озера Восток

Дистанционные геофизические исследования озера Восток осуществляются специалистами ПМГРЭ и РАЭ средствами сейсмического и радиолокационного зондирования. В их задачи входит определение морфометрических и геофизических характе-

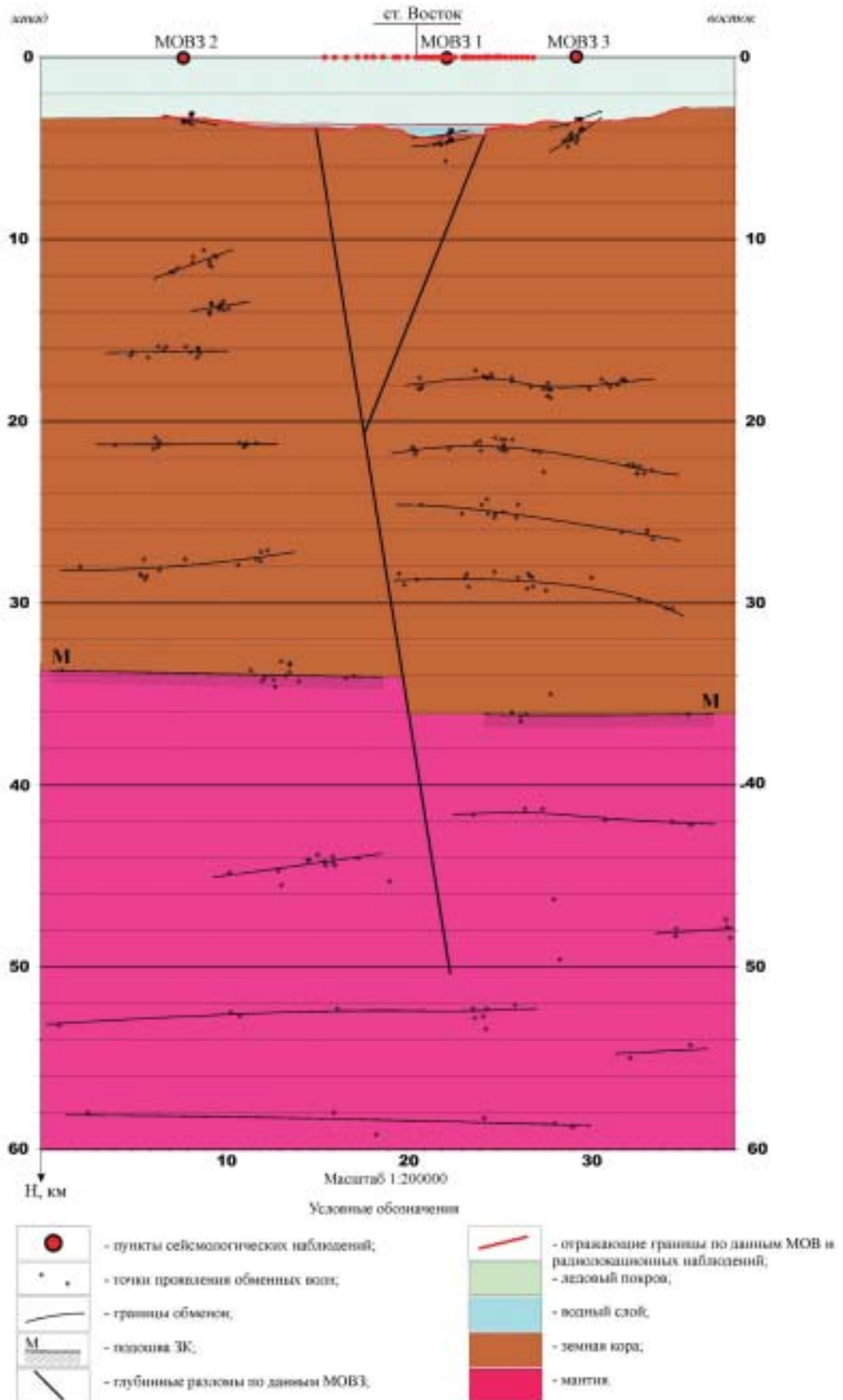


Рис. 1.4.1. Разрез земной коры в районе станции Восток по данным МОБ3

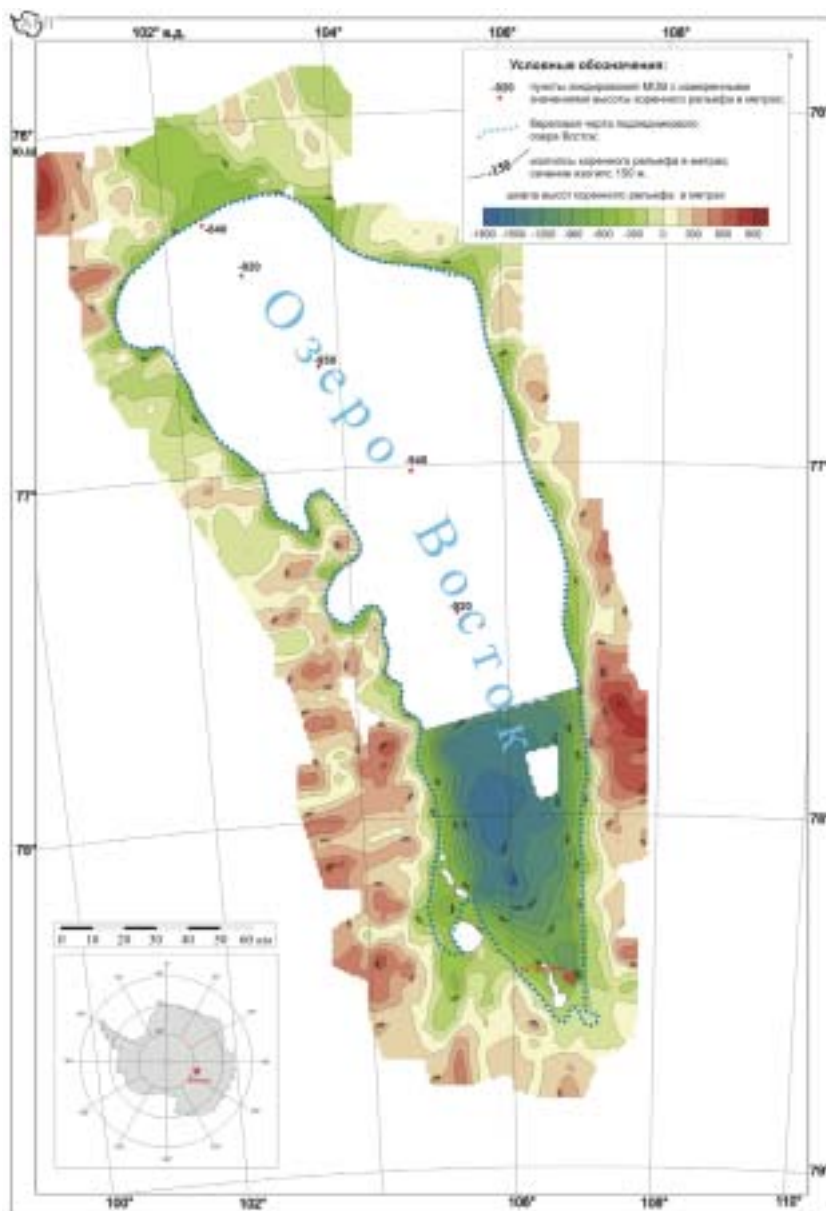


Рис. 1.4.2. Обновленная карта коренного рельефа в районе озера Восток

ристик ледникового покрова, водного слоя, осадочных пород, геоморфологических особенностей подледного ландшафта, а также картирование береговой черты озера. Практическое использование результатов работ заключается в построении геофизических карт района озера Восток на основе материалов сейсмического и радиолокационного зондирования, полученных за период 42–49-й РАЭ. В ходе работ было выполнено около 200 сейсмозондирований и получено около 3000 км профилей радиолокационного зондирования.

Одной из задач, поставленных перед сейсмическими исследованиями, являлось выявление наличия донных осадков, их строения и предполагаемого состава в районе станции Восток. В силу объективных причин сейсмические работы МОВ (метод отраженных волн) пришлось заменить сейсмологическими МОВЗ (метод обменных волн от землетрясений). В ходе работ была показана принципиальная возможность проведения в суровых условиях высоких широт Антарктиды сейсмологических наблюдений в непрерывном режиме в летний период. За время наблюдений зарегистрировано более 300 землетрясений различных эпицентральных расстояний (от 29 до 154°) и различных

азимутов подхода (от 4 до 252°). По 50-ти землетрясениям выполнен анализ волновых полей и построены глубинный и динамический разрезы. На разрезах отлично выделяются два крупных, различающихся по обменоспособности среды блока, раздвинутые в верхней части разреза клиновидным, более мелким блоком, в котором и расположено озеро Восток (рис. 1.4.1). Тектонические зоны, выделенные в рисунках гравимагнитных полей, подтверждают рисунок блоков, определенный по данным МОВЗ. Уровень микросейсмического фона низкий (1–4 мкв), что позволяет проводить регистрацию волн от землетрясений в большом динамическом диапазоне.

С помощью трехкомпонентных наблюдений впервые получены прямые геофизические данные (обменные волны) о мощности земной коры в районе исследований. В западной части профиля граница Махоровича расположена на глубине 33,5–34 км, а в восточной, за зоной разлома, она опускается до 36 км. Хорошо прослеживается граница на глубине 28–30 км.

По данным сейсмических и радиолокационных исследований была построена морфоструктурная схема района подледникового озера Восток. Основной морфоструктурой района является котловина Восток субмеридионального простирания, к которой приурочено подледниковое озеро Восток. Ее внешняя граница маркируется бровкой горных массивов и других положительных форм, ее обрамляющих. По радиолокационным данным размер котловины составляет приблизительно 310×100 км. В ее пределах выделяются глубоководная впадина, озерная равнина и внешний нерасчлененный склон. В юго-западной части котловина разделяется полуостровом на два отдельных бассейна: менее глубокий западный и более глубокий восточный.

Радиолокационные и сейсмические исследования показывают, что мощность ледникового покрова изученной территории изменяется от 2550 до 4350 м. Высотное положение береговой черты озера Восток непостоянно. Положение зеркала озера относительно уровня моря изменяется от –100 м в южной части до –700 м в северной. Максимальная толщина ледника над озером равна 4350 м, максимальная толщина водного слоя составляет около 1200 метров. По результатам проведенных исследований были построены карты толщин ледникового покрова и водного слоя, карта коренного рельефа (рис. 1.4.2), а также геофизические и радиолокационные разрезы по маршрутам исследований.

Подготовительные работы перед возобновлением бурения глубокой скважины 5Г-1 на станции Восток

Скважина 5Г-1, глубина которой составляет 3623 м, находится в законсервированном состоянии уже в течение 6 лет. Планом работ на ближайшие два года предусматривается продолжение проходки скважины с отбором керна до глубины 3700 м с целью изучения озерного льда, намерзшего на нижнюю поверхность ледника, и подготовки скважины к осуществлению проникновения в озеро Восток по разработанной технологии. До возобновления буровых работ в скважине необходимо провести полный комплекс геофизических измерений (термометрия, кавернометрия, инклинометрия, измерение давления заливочной жидкости), анализ результатов которых позволит оценить состояние скважины и определить план мероприятий, необходимых для приведения ее в рабочее состояние. Для выполнения этой работы в сезонный период 50-й РАЭ на станцию Восток направлена группа буровиков СПГГИ (ТУ).

В течение зимовочного периода 49-й РАЭ на станции работала гляцио-геофизическая группа из двух человек, в задачу которой входило восстановление и подготовка приборной базы скважинных измерений, а также выполнение комплекса геофизических наблюдений в скважине 3Г-1. Планом работ группы предусматривалось параллельное измерение температуры в скважине 3Г-1 по методике, использовавшейся до 1994 г.,

и скважинными приборами нового поколения с целью оценки точности и достоверности результатов, полученных в разные годы.

Выполнен анализ причин аварийных ситуаций, возникавших при бурении глубоких скважин в полярных ледниках отечественными и зарубежными специалистами. С учетом результатов проведенного анализа в конструкцию отдельных узлов бурового снаряда КЭМС внесены изменения. В частности, разработан дополнительный центробежный насос с приводом от основного двигателя бурового снаряда, разработан и изготовлен шиберный насос с приводом от независимого электродвигателя через промежуточный редуктор. Производительность нового насоса примерно в 2 раза выше, чем у ранее использовавшегося. Изменена форма резцов коронки, что должно обеспечить эффективность процесса резания льда и удаления шлама из забойной зоны скважины.

Результаты изучения вертикального строения ледникового покрова в районе станции Восток

Количественный петроструктурный анализ ледяных шлифов, выполненный специалистами ААНИИ по керну скважины 5Г-1, показал, что вариации структурных характеристик антарктического льда по глубине связаны с климатическими колебаниями, происходившими на поверхности ледника в прошлом.

Установлено, что в пластах льда, которые формировались в ледниковые периоды и поэтому характеризуются высокими концентрациями примесей атмосферного происхождения, размер зерен льда меньше, чем в пластах льда с ультранизкой концентрацией примесей, сформировавшихся в межледниковые периоды. Существенные различия, с точки зрения механических свойств льда, наблюдаются и в текстуре ледяных слоев, образовавшихся в разные климатические эпохи. Петротектонический анализ позволил выявить два типа ориентировок главных осей (0001) кристаллов льда: поясную (характерна для пластов «межледникового», относительно крупнозернистого льда) и одномаксимумную (типична для «ледникового» мелкозернистого льда). Первый из указанных типов строения льда соответствует деформации одноосного растяжения, происходящей при конвергенции линий тока в ледниковом покрове, второй — деформации простого сдвига. Различие между двумя типами ледяных тектонитов, весьма незначительное в верхней части разреза, постепенно развивается с глубиной по мере роста сдвиговых напряжений в леднике. Это приводит к тому, что на глубинах свыше 2700 м «межледниковые» и «ледниковые» пласты льда существенно отличаются по своему строению и механическим свойствам — первые оказываются значительно более жесткими, чем вторые. Показано, что неоднородная деформация ледникового покрова является следствием вертикальной изменчивости структурных и геохимических характеристик льда, которая, в свою очередь, отражает изменения климатических условий на поверхности ледника. Полученные данные будут использованы при моделировании реакции ледникового покрова Антарктиды на изменение климатических условий его существования.

Климатически обусловленные вариации структуры и текстуры ледяной породы прослеживаются вплоть до глубины 3450 м, т.е. на 140 м глубже, чем ненарушенный климатический сигнал в изотопном профиле керна (рис. 1.4.3). Строение льда в подошве ледникового покрова вблизи его контакта с намерзшим озерным льдом указывает на возможное развитие микроскладчатости, приводящей к перемешиванию слоев в масштабе первых десятков сантиметров в интервале глубин 3460–3538 м. Наличие более крупномасштабных нарушений не подтверждается данными исследований гидратов воздуха, которые показывают непрерывное увеличение с глубиной (возрастом) размеров кристаллических включений газовых гидратов вследствие их быстрого роста (коалесценции) в условиях высокой температуры льда (6 °С ниже точки плавления) (см. рис. 1.4.3). Указанные особенности строения придонной части ледника говорят о воз-

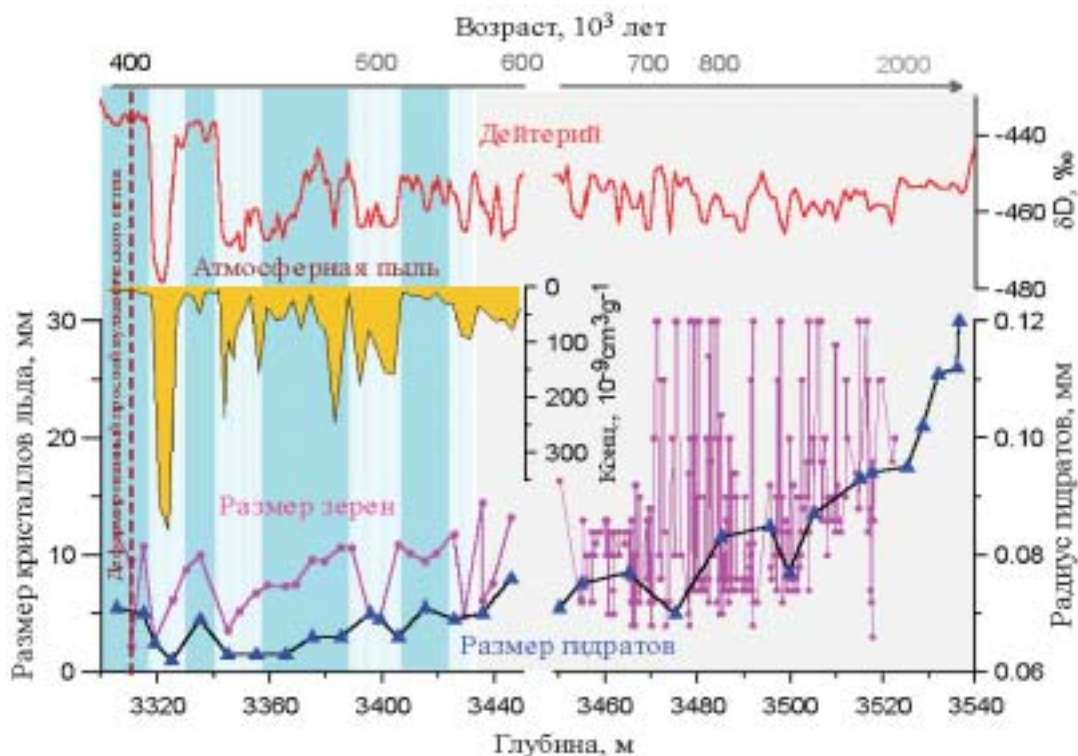


Рис. 1.4.3. Состав и строение льда в придонной части ледникового покрова в районе станции Восток.

Светлые и темные (голубые) полосы в левой части графика обозначают пласты «ледникового» (мелкозернистого, более текучего) и «межледникового» (крупнозернистого, более жесткого) льда, соответственно. Скачкообразные изменения размера зерен глубже 3460 м (правая часть графика) отражают перемешивание двух указанных типов льда в подошве ледникового покрова. Предполагается, что климатическая информация, содержащаяся в характеристиках состава и строения льда, может быть восстановлена по керну до глубины 3450 м, на которой возраст льда составляет примерно 600 тыс. лет

возможности получения ценной палеоклиматической информации по результатам изучения керна со станции Восток в интервале глубин 3310–3450 м и продления палеоклиматического ряда в прошлое еще на 200 тыс. лет.

Исследования изотопного режима озера Восток и минерального состава его донных осадков по данным керна озерного льда из скважины 5Г-1

Одной из важнейших характеристик гидрологической системы подледникового озера Восток является изотопный состав озерной воды, который служит комплексным индикатором процессов, формирующих водный баланс озера. В 2004 г. специалистами АНИИ были продолжены теоретические и экспериментальные (по керну озерного льда) исследования изотопного ($\delta^{18}\text{O}$, δD) режима озера.

Создана модель эволюции изотопного состава озерной воды и конжеляционного льда, намерзающего на нижнюю поверхность ледникового покрова, которая допускает нестационарность изотопного режима и учитывает перемешивание талой ледниковой и резидентной озерной воды, а также наличие дополнительного (кроме донного таяния ледника) источника воды в озере Восток. Для построения модели на данном этапе исследований использовалась упрощенная полутораслойная схема циркуляции, приведенная на рис. 1.4.4.

Экспериментальные исследования включали определение содержания ^{18}O и D в керне озерного льда, поднятого из призабойной зоны скважины 5Г-1 (3611–3623 м) (рис. 1.4.5). Измерения осуществлялись в Центре изотопных исследований (ЦИИ) ВСЕГЕИ на масс-спектрометре DELTA Plus XL[®], оснащенный универсальной системой подготовки и ввода проб газов GasBench[®].

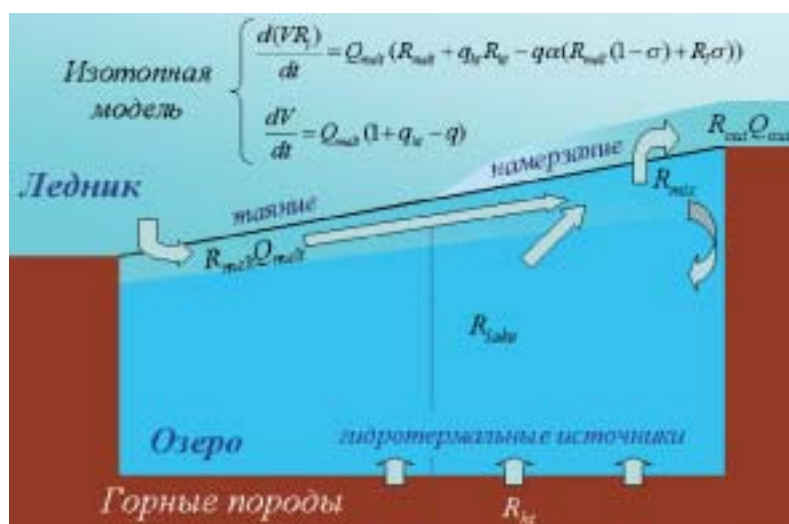


Рис. 1.4.4. Схема, иллюстрирующая изотопный режим озера Восток.

Основной источник воды в озере – талая ледниковая вода (Q_{melt}) с изотопным составом R_{melt} . Поднимаясь вверх вдоль нижней поверхности ледника, она смешивается с резидентной водой озера (R_o). Изотопный состав воды в смешанном слое, R_{mix} , зависит от объемной доли s ($s = 0 \dots 1$) талой воды в смеси: $R_{mix} = (1-s)R_{melt} + sR_o$. Смешанная вода участвует в образовании озерного льда, изотопный состав которого равен $R_{out} = \alpha R_{mix}$, где α – эффективный коэффициент фракционирования. Объем образующегося в единицу времени озерного льда определен как $Q_{out} = qQ_{melt}$. Другой источник воды в озере – гидротермальные (пластовые) воды (R_{ht}), обогащенные кислородом 18 по сравнению с резидентной озерной водой. Объем поступающих в озеро гидротермальных вод равен $Q_{ht} = q_{ht}Q_{melt}$. Уравнения эволюции изотопного состава и объема озера даны в верхней части рисунка.

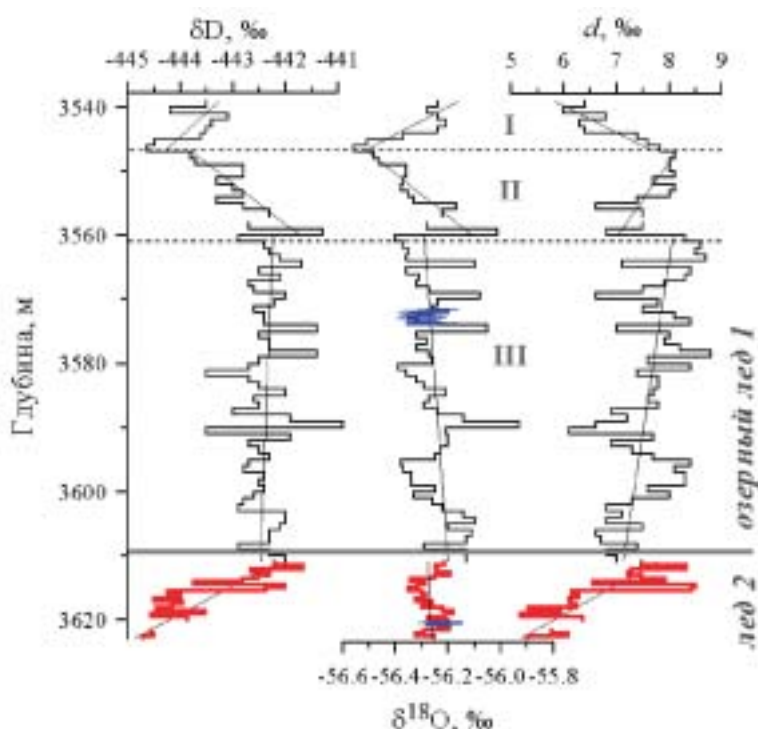


Рис. 1.4.5. Результаты измерений изотопного состава керна озерного льда из скважины 5Г-1 (3539–3623 м): δD , $\delta^{18}O$ и эксцесс дейтерия d (где $d = \delta D - 8\delta^{18}O$).

Жирные (красные) линии – результаты измерений, выполненных в ЦИИ ВСЕГЕИ в 2004 г., тонкие (синие) линии – детальные профили $\delta^{18}O$, измеренные с разрешением по глубине 1,5 см. Тонкими прямыми линиями показаны тренды изменения по глубине δD , $\delta^{18}O$ и d в зонах I–III озерного льда 1 и в изученном слое озерного льда 2.

Теоретически показано, что изначальная неоднородность изотопного состава озерного льда, обусловленная его сложным генезисом, почти полностью нивелируется в течение нескольких тысяч лет за счет диффузионного изотопного сглаживания. Этот вывод подтвержден результатами детальных измерений $\delta^{18}\text{O}$, выполненных непрерывно с разрешением по глубине 1,5 см. (см. рис. 1.4.5). Реконструированный с помощью разработанной модели изотопный состав талой ледниковой воды ($\delta\text{D} = -444,25 \text{‰}$, $\delta^{18}\text{O} = -57,17 \text{‰}$) заметно отличается от среднего состава озерного льда ($\delta\text{D} = -442,7 \text{‰}$, $\delta^{18}\text{O} = -56,27 \text{‰}$). Последнее указывает на то, что озеро Восток еще не достигло изотопного равновесия, которое необоснованно постулируется в предшествующих работах, и (или) свидетельствует о наличии дополнительного источника воды в озере. Таким источником могут быть геотермальные (пластовые) воды, поступающие в озеро по разломам земной коры. Получены оценки изотопного состава резидентной озерной воды для ряда сценариев с разными параметрами гидрологического режима и процесса конжеляционного льдообразования в озере Восток.

Новые данные об изотопном составе наиболее молодого озерного льда (3611–3623 м) говорят о возможном различии гидрологического и, следовательно, изотопного режимов озера в периоды (или в районах озера), когда (где) происходило формирование толщ озерного льда 1 и 2. Окончательный вывод об этом можно будет сделать только после измерения изотопного состава и общего газосодержания нового ледяного керна, который предполагается получить с глубины более 3623 м в ходе планируемого углубления скважины 5Г-1 до отметки 3700 м.

Исследования минеральных включений донных осадков озера Восток, которые были захвачены в процессе формирования озерного льда, проводились специалистами ВНИИОкеангеология в ЦИИ ВСЕГЕИ с использованием сканирующего электронного микроскопа SEM CamScan MX 2500, оснащенного рентгеновским микроанализатором для определения элементного состава минералов, и ионного микрозонда высокого разрешения SHRIMP-II (рис. 1.4.6) для определения их возраста.

Объектами исследований были минеральные включения, обнаруженные в образцах керна с глубин 3548, 3559 и 3607 м. В результате выполненной работы установлено, что включения представляют собой агрегаты, образованные в результате коагуляции глинистых минералов, размером от 0,3 до 0,5 микрон; обломков слюд, размером до 25 мкм; кварца, размером до 150 мкм (наиболее распространенный минерал включений) и акцессориев, размером от 5–8 мкм до 30–40 мкм, из которых идентифицированы: монацит, апатит, рутил, циркон, гранат (альмандин), бариевая полевая шпат, пироксен (рис. 1.4.7). Обнаружены также мелкие (5–8 мкм) округлые стяжения окислов (гидроокислов?) железа (см. рис. 1.4.7), один обломок железо-никелевого сплава (20 мкм), представляющего собой метеоритное вещество, и мелкие кристаллы (5–10 мкм) сульфидных минералов (включение с глубины 3559 м): молибденита (MoS_2), сфалерита (ZnFeS) и пирита (FeS_2). Почти для всех изученных зерен кварца и акцессорных минералов характерна угловатая форма с низкой степенью окатанности, типичная для гляциальной обстановки осадконакопления.

Сульфидные минералы являются продуктами гидротермальной деятельности и встречаются как в метаморфических породах, так и в современных осадках (например, в рифтовых зонах океана или в активных рифтовых зонах континентов), а следовательно, могли оказаться в донных отложениях либо за счет экзарации коренного основания, либо в результате эндогенных процессов, т.е. за счет поступления флюидов (горячих растворов, насыщенных газами) из глубинных слоев земной коры озера Восток. На данном этапе исследований эта проблема еще не имеет однозначного решения, однако в пользу местного происхождения сульфидов свидетельствует хорошо сохранившаяся первичная (изначально кубическая) форма кристалла замещенного пирита с ортогональным расположением граней.



Рис. 1.4.6. Ионный микрозонд высокого разрешения SHRIMP-II (Центр изотопных исследований ВСЕГЕИ),

с помощью которого было выполнено определение возраста кристалла циркона, обнаруженного в керне озерного льда с глубины 3548 м.

Возраст обломка кристалла циркона (см. рис. 1.4.7, 3548 м) и, соответственно, возраст горных пород коренного ложа, подвергшихся экзарации, составил 1,75 млрд лет.

Обнаружение обломка кристалла циркона (см. рис. 1.4.7, 3548 м) дало возможность выполнить определение возраста его образования (и, соответственно, возраста горных пород коренного ложа, подвергшихся экзарации), который был оценен в 1741 ± 41 млн. лет. Набор аксессуарных минералов, обнаруженных в минеральных включениях, и абсолютный возраст циркона ближе всего соответствуют метаморфическим комплексам протерозойского подвижного пояса, занимающим обширные площади на побережье Восточной Антарктиды. По результатам анализа минеральных включений в кернах озерного льда построена предварительная схема геологического строения озера Восток (рис. 1.4.8).

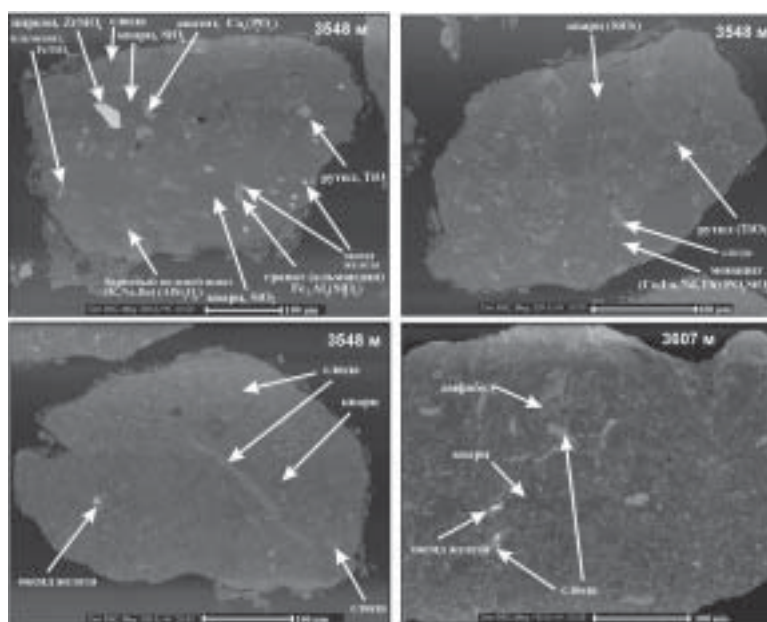


Рис. 1.4.7. Минеральный состав исследованных фрагментов твердых включений (изображение в отраженных рассеянных электронах на сканирующем электронном микроскопе CamScan MX 2500).

Определение минералов произведено на основе их химического состава, полученного с помощью рентгеновского анализатора.

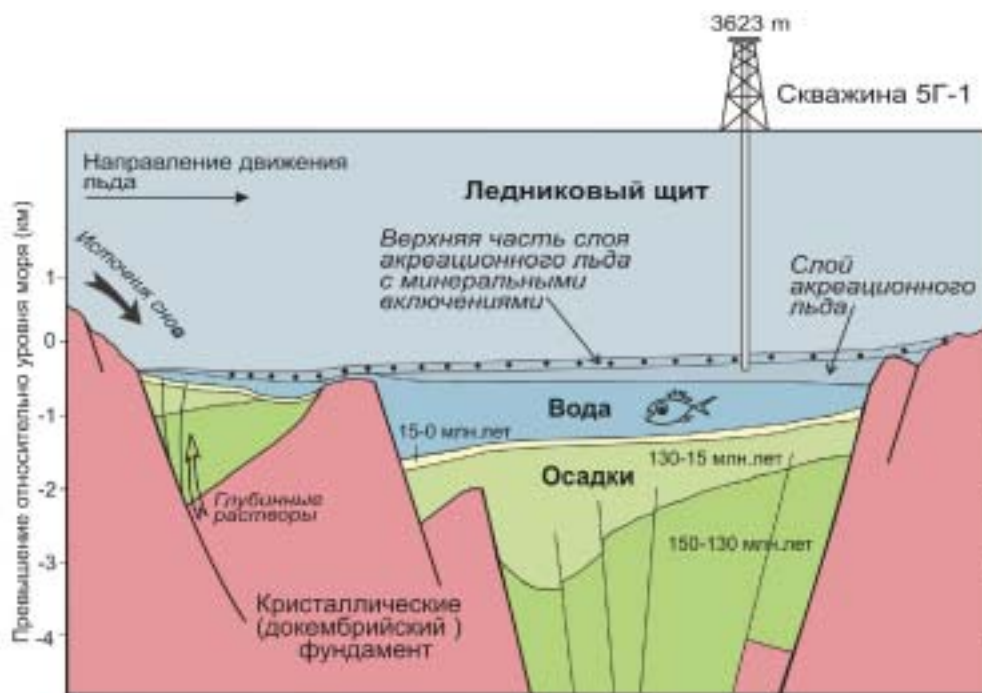


Рис. 1.4.8. Схематический разрез верхней части земной коры рифтового грабена озера Восток по линии тока ледника, проходящей через буровую скважину 5Г-1

Разработка трехмерной термогидродинамической модели циркуляции озера Восток

В АНИИ разработана трехмерная термогидродинамическая модель циркуляции и распределения тепловых потоков в озере Восток, не использующая гидростатическое приближение. Расчеты по такой модели позволят корректно воспроизвести динамические и физические явления (такие как таяние и намерзание льда, распределение взвешенных частиц и т.д.), имеющие место в озере, с учетом его реальной формы.

В процессе разработки модели выведены дифференциальные уравнения и граничные условия, описывающие протекающие в озере процессы, в переменных завихренность — векторный потенциал. Уравнения и граничные условия были дискретизированы центральными разностями на конечно-разностной сетке с разнесенными узлами, обеспечивающей абсолютную консервативность конечно-разностной схемы. Интегрирование по времени конечно-разностных уравнений осуществляется как с помощью метода Кранка—Николсона (адвективные члены и члены, описывающие эффект растяжения вихревых нитей), так и полностью неявным методом (диссипативные и кориолисовы члены). Эллиптические уравнения решаются методом верхней релаксации. Таким образом, обеспечивается безусловная устойчивость численной схемы. В качестве уравнения состояния используется уравнение ЮНЕСКО.

Составлена программа на языке ФОРТРАН, предназначенная для решения конечно-разностного аналога уравнений модели. В настоящее время программа находится в стадии отладки и проведения тестовых расчетов циркуляции в бассейне, имеющем форму параллелепипеда.

Биологические исследования ледяного керна из скважины 5Г-1 и проб воды из озера Радок

В 2004 г. учеными ИНМИ РАН проводились исследования по определению оптимальных температурных условий для размножения микроорганизмов, реактивированных после длительного анабиоза в леднике Антарктиды. Объектом исследования служили микроорганизмы, которые были выделены из образцов ледяного керна, поднято-

го с глубин 1899–2450 м. В результате экспериментов с использованием широкого спектра температур показано, что среди микроорганизмов, сохранивших жизнеспособность после длительного холодового анабиоза в антарктическом леднике, имеются как мезофильные, так и психрофильные бактерии. Наиболее значительное увеличение численности психрофильных бактерий, реактивированных после анабиоза, наблюдалось при +10 °С, а мезофильных – при +30 °С. Интенсивность размножения клеток в пробах с различных горизонтов была неодинаковой, что могло зависеть не только от температуры, но и от других факторов, в том числе и от содержания органического субстрата. Изучение отношения микроорганизмов, сохранившихся в древних горизонтах ледника Антарктиды, к температурному фактору способствует получению данных, которые позволяют косвенно судить об источниках привнесения микрофлоры на поверхность ледникового щита в различные геологические периоды, а также о характере климатических условий, существовавших на Земле в те эпохи.

Специалистами ПИЯФ РАН в 2004 г. были продолжены молекулярно-биологические исследования ледяного ядра 5Г-1 методом ПЦР. Полученные данные указывают, что древний атмосферный и озерный лед исключительно чисты в отношении микробов. Этот факт делает процесс деконтаминации образцов критической стадией биологических исследований льда.

На базе программы StartBlaster Manager и серверного обеспечения StartBlaster Server создан собственный мини «GeneBank», состоящий из последовательностей различных контаминантов, которые могут встретиться при работе со льдом (рис. 1.4.9). На сегодняшний день банк содержит более 2160 ДНК последовательностей контаминантов и позволяет оперативно проверять новые последовательности на «статус» контаминанта и определять источник контаминации. Начат эксперимент по характеристике микробного состава «чистой» комнаты класса 10000 и «чистого» ламинарного бокса класса 100 в Лаборатории гляциологии и геофизики окружающей среды (г. Гренобль), где выполняются работы по деконтаминации ядра льда, его плавлению, концентрированию воды и выделению ДНК.

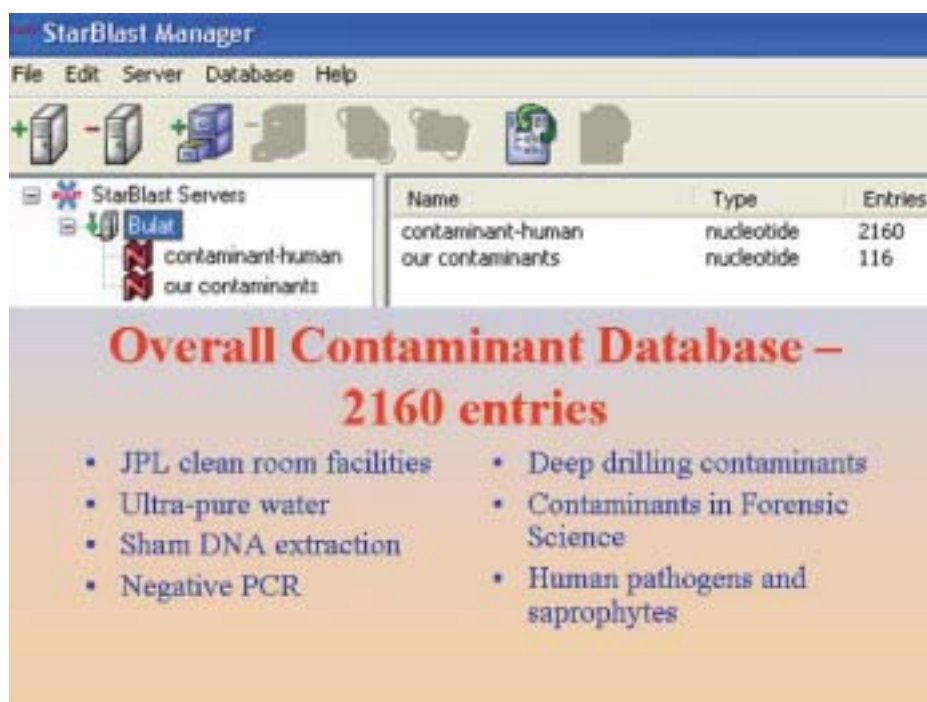


Рис. 1.4.9. Общий вид интерфейса программы StarBlast и некоторые составляющие банка биологических контаминантов

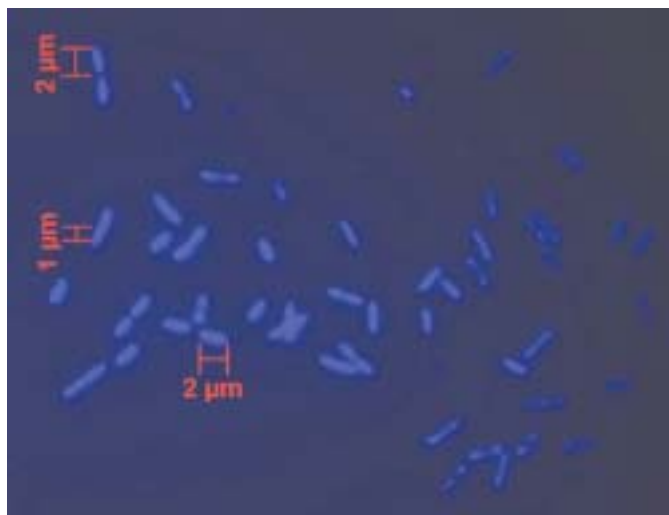


Рис. 1.4.10. Клетки бактерий, окрашенные красителем DAPI (проба озера Радок с глубины 30 м)

Методами молекулярной биологии установлено, что лед, образовавшийся из воды подледникового озера Восток, а также древний (старше 140 тыс. лет) атмосферный лед, слагающий антарктический ледник, практически не содержит микробных клеток, в частности, бактерий и археобактерий. Только в слоях озерного льда с видимыми минеральными включениями (озерный лед 1) были обнаружены несколько бактериальных филоотипов, которые успешно прошли множественные биологические проверки на контаминацию. Изучение более молодого озерного льда 2 (без видимых минеральных включений) пока не дало ни одной достоверной находки.

Предварительные результаты микроскопии и цитометрии по содержанию микробных клеток в ледяном керне со станции Восток, полученные по двум строго деконтаминированным образцам, подтверждают молекулярно-биологические данные. Так, согласно результатам цитофлюорометрии, скорректированным на присутствие контаминантов (данные молекулярно-биологического анализа), истинное микробное содержание как озерного, так и древнего атмосферного льда составляет единичные клетки на 1 мл воды, что практически означает стерильную среду. Последнее свидетельствует в пользу изоляции озерной биоты от поверхностной по крайней мере в течение 15 млн лет, а также говорит о том, что древний антарктический лед не может служить архивом прошлой жизни. Именно поэтому лед и, по всей видимости, верхний слой воды озера Восток характеризуются ультранизким содержанием биомассы и практически не содержат микробов. Если этот вывод подтвердится дальнейшими исследованиями, то подледниковое озеро Восток может стать первым примером огромного безжизненного водоема на Земле, на котором идеально отрабатывать методические и технические приемы для поиска и доказательства внеземной жизни на планетах и лунах, покрытых льдом.

Для проверки методик, используемых при работе со льдом озера Восток, начаты пилотные исследования микробного разнообразия воды поверхностного озера Радок, покрытого многолетним ледовым покровом. Предварительный анализ проб воды методом микроскопии показал достаточно высокий титр (10^7 – 10^8 клеток на мл пробы), свидетельствующий о том, что это озеро густо населено бактериями и, следовательно, может служить хорошим методическим полигоном для контроля результатов исследований подледникового озера Восток.

Результаты палеоклиматических исследований по ледяным кернам

Исследование процесса уплотнения снежно-фирновых отложений на поверхности полярных ледниковых покровов – важнейшее и до сих пор наиболее слабое зве-

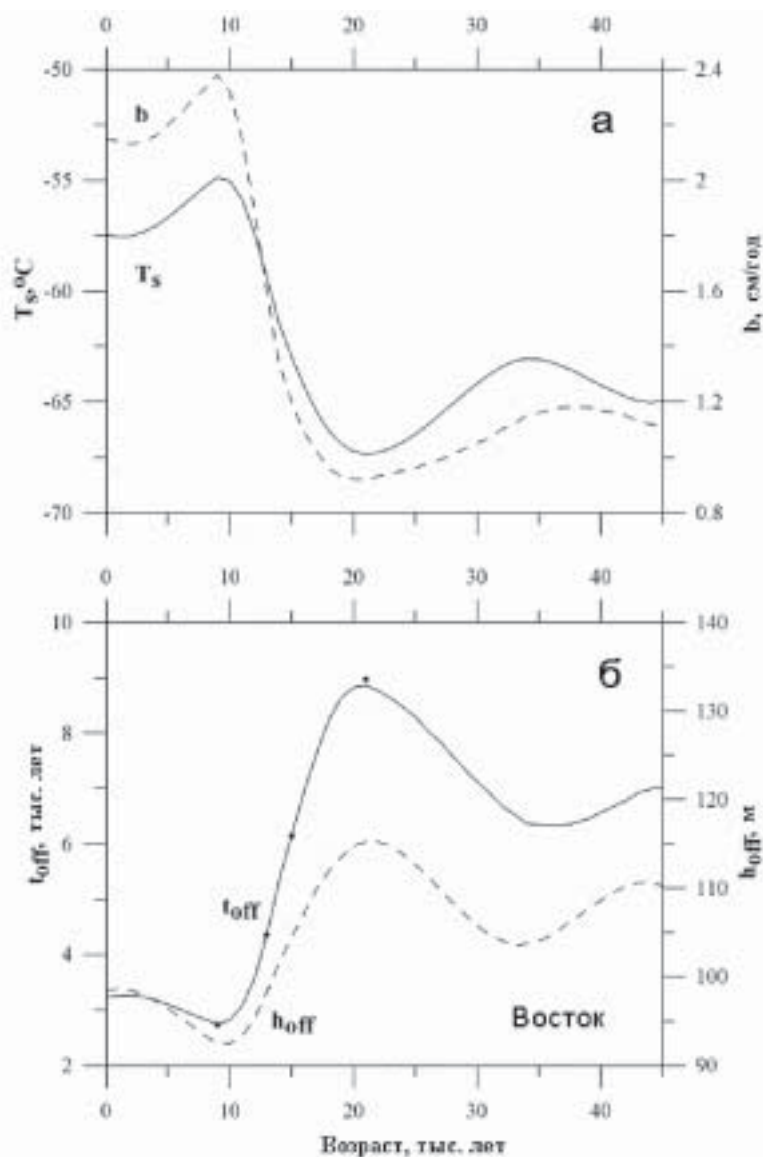


Рис. 1.4.11. Влияние климата на характеристики границы замыкания пор в районе станции Восток за последние 45 тыс. лет.

a – палеорекострукции температуры (T_s) на поверхности ледника и скорости аккумуляции снега (*b*); *б* – результаты расчета характеристик границы замыкания пор (t_{off} – возраст льда на глубине замыкания пор h_{off}) по упрощенным уравнениям (линии) и по общей модели (точки)

но в разработке методов датирования атмосферных газов, захваченных ледниковым льдом. В 2004 г. учеными КГУ завершено создание физической модели уплотнения снега и фирна в холодной рекристаллизационной зоне льдообразования. Проведена идентификация и апробация модели на основе репрезентативного банка данных по ледяным кернам, охватывающего широкий диапазон температур (от -57 до -20 °C) и скоростей аккумуляции льда (от 2,2 до 54 см·год⁻¹). Определены реологические параметры модели. Показано, что по значениям микроструктурных параметров наилучшего приближения, можно выделить три группы снежно-фирновых отложений, которые соответствуют различным типам климатических и погодных условий, контролирующих начальную дисперсию размеров зерен в ансамбле ледяных частиц. На этой основе выведены простые уравнения для расчета глубины замыкания пор и соответствующего возраста льда, использованные наряду с общей моделью уплотнения для исследования влияния изменений климата на профиль плотности и характеристики границы замыкания пор в районе станции Восток (рис. 1.4.11).

Специалистами ИГ РАН проведен уточненный анализ эволюции содержания в атмосфере радиационно-активных компонентов и климатических характеристик за последние 420 тыс. лет с временным разрешением 500 лет по данным ледяного керна со станции Восток. Согласно результатам взаимного корреляционного анализа изменения содержания в атмосфере углекислого газа (CO_2) и метана (CH_4) для всего анализируемого периода на временных масштабах от тысячелетий до сотен тысяч лет запаздывают относительно изменений температурного режима на величины Δt порядка 1000 и 500 лет, соответственно. В то же время для отдельных 100-тысячелетних интервалов величина Δt достигала 1500 для CO_2 и 1000 лет для CH_4 , а для самого древнего 100-тысячелетнего интервала (300–400 тыс. лет назад) получено отставание температурных изменений от вариаций содержания парниковых газов в атмосфере. Это может быть связано с качеством датировки данных для наиболее глубоких участков кернов. Результаты кросс-спектрального анализа свидетельствуют об общем запаздывании изменений содержания углекислого газа и метана относительно температурных вариаций на периодах от примерно 20 тыс. лет и более, за исключением периодов около 20 тыс. лет для метана.

Результаты исследований донных осадков поверхностных озер, эпিশельфовых водоемов и окраинных морей Восточной Антарктиды

В 2004 г. специалистами ААНИИ проведено исследование колонок донных осадков, отобранных в прошлые годы из озер на территории Холмов Ларсеманн и в оазисе Ширмахера. В частности, завершен диатомовый анализ отложений, сделаны радиоуглеродные датировки их возраста и получены данные геохимических исследований осадков, которые проводились в Институте Альфреда Вегенера (г. Потсдам, Германия).

Коллекция коротких колонок (до 40–50 см длиной), поднятых из озер территории Холмов Ларсеманн, характеризует природные условия позднего голоцена. Наиболее информативными в палеоэкологическом отношении оказались осадки озер Степпед и Дискусионное (колонок ЛХ1-99 и ЛХ3-99), расположенных на абсолютной высоте 5 м над уровнем моря на побережье полуострова Брокнес. Радиоуглеродное датирование осадков позволило установить, что понижение уровня моря на побережье Холмов Ларсеманн с отметки 5 м до современного уреза началось 2,0–1,5 тыс. лет назад. В течение последних 1500 лет климатические условия в районе были относительно стабильными, что подтверждается очень незначительными флуктуациями содержания пресноводного вида (доминанта) диатомей *Fragilaria exiqua* в верхней части разрезов донных осадков.

Длина колонок, поднятых из водоемов оазиса Ширмахера, составляет от 0,6 до почти 2,5 м. Как показали результаты радиоуглеродного датирования, освобождение местных озер и, соответственно, поверхности оазиса от ледникового покрова, и накопление в озерах органического материала началось всего около 4–5 тыс. лет назад. Особенности изменения диатомовых комплексов (с доминирующим пресноводным видом *Diadesmic contenta*) по разрезам отложений этих озер позволили выявить периоды существования благоприятных (относительно теплых) и неблагоприятных (относительно холодных) условий развития местной флоры. Установлено, что периоды 4–2,5 тыс. лет назад, 0,9–0,6 тыс. лет назад и около 0,2 тыс. лет назад характеризовались относительно теплыми условиями, а около 2,0, 0,5 и начиная с 0,2 тыс. лет назад – относительно холодными. Изменения уровня моря не оказывали какого-либо влияния на развитие озер оазиса, расположенных выше 50 м относительно уровня моря.

Для выявления закономерностей формирования донных верхнечетвертичных осадков моря Космонавтов специалистами ВНИИОкеангеология были проведены гранулометрический, минералогический, диатомовый и фораминиферовый анализы. В результате выполненных исследований в донных осадках изученной части моря Космонавтов (заливы Амундсена и Алашеева) идентифицировано 3 комплекса (I, II, III), от-

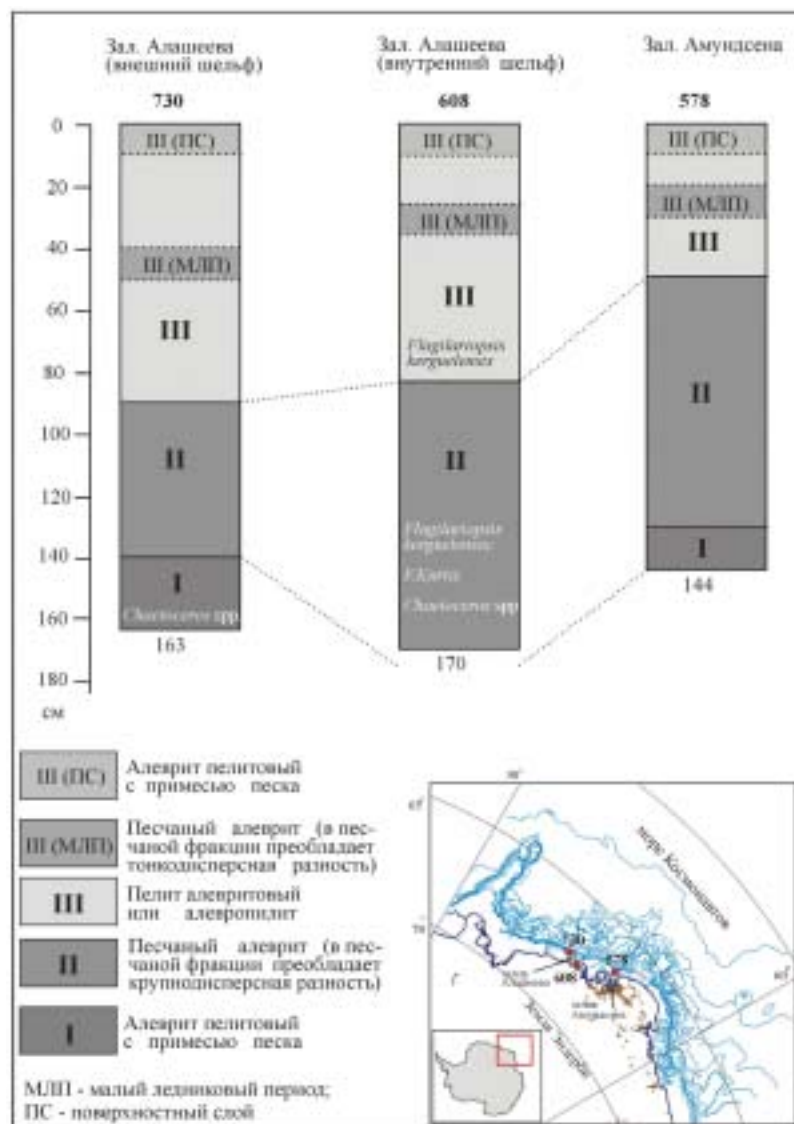


Рис. 1.4.12. Корреляционная схема донных осадков шельфа моря Космонавтов (заливы Амундсена и Алашеева)

личающихся по доминирующим видам микрофоссилий и вещественному составу. В верхнем комплексе выделено два выдержанных по мощности (8–10 см) слоя (подкомплекса); один из них занимает верхнюю, самую молодую, часть разреза (поверхностный слой – ПС), а другой залегает на глубине от 20 до 50 см. Образование последнего связывается с локальным похолоданием, имевшим место в Антарктике около 1000–2000 лет назад и известным в литературе как «Малый ледниковый период» (МЛП).

На рис. 1.4.12 показана корреляция донных отложений на изученной части шельфа моря Космонавтов. В диатомовых комплексах донных осадков преобладает эндемичный океанический вид *Fragilariopsis kerguelensis*, который развивается в пелагической области от края морского льда до субтропического фронта. Комплекс I отличается преобладанием неритического вида диатомовых водорослей *Chaetoceros* spp., что свидетельствует о достаточно «суровой» обстановке его формирования в относительно холодных условиях раннего голоцена. В комплексе II доминирует диатомовый вид *F. kerguelensis*, ареалы распространения которого приурочены к шельфовой зоне Южного океана. Формирование этого комплекса, вероятно, происходило в условиях повышенной гидрологической циркуляции среднего голоцена, что позволило привнесённому океаническому виду развиваться в прибрежных условиях. Комплекс III также характери-

зуются преобладанием диатомового вида *F. kerguelensis*, определяющего условия с высокой гидрологической активностью. Формирование комплекса III предположительно происходило в позднем голоцене, в относительно холодноводных (т.е. близких к современным) условиях. Подкомплекс III МЛП, образованный во время «Малого ледникового периода», представлен песчаными алевритами с доминированием в диатомовых комплексах *Chaetoceros* spp.

1.5. ПРОЕКТ 5 (ТЕМА РОСГИДРОМЕТА 2.2.3.2).

«ДАТЬ ОЦЕНКУ СТРОЕНИЯ, РЕЖИМА И ЭВОЛЮЦИИ ЛЕДНИКОВ КРАЕВОЙ ЗОНЫ АНТАРКТИДЫ И СУБАНТАРКТИКИ»

Целью работы является определение современного материкового стока и баланса массы антарктического ледникового покрова и его вклада в изменение уровня моря на основе оценки строения и режима шельфовых и выводных ледников краевой зоны Антарктиды и Субантарктики и создание основы для дистанционного мониторинга их эволюции. В работе планируется оценить айсберговый сток шельфовых и выводных ледников Антарктического ледникового покрова, оценить изменчивость береговой линии Антарктиды и дать прогноз реакции ледникового покрова Антарктиды при различных сценариях изменения климата.

В исследованиях 2004 года по проекту участвовали сотрудники Института географии РАН.

В работе использованы материалы экспедиционных исследований в Антарктике и материалы спутниковых наблюдений над состоянием антарктического ледникового щита.

Оценка динамики стока материкового льда Антарктиды за последние 50 лет выполняется на основе систематизации и анализа данных по толщине и скоростям движения льда в районе линии налегания основных выводных ледников и изменений береговой линии материка.

Оценка параметров поверхности и скоростей течения льда в районе линии налегания выводных ледников проводится на основе анализа временных серий космических изображений оптического и радарного диапазона и наземных измерений методами спутниковой геодезии. Подспутниковое дешифрирование современного положения основных зон льдообразования и гидротермического состояния ледниковых куполов выполняется на основе сопряженного анализа космических изображений оптического и радарного диапазона и наземного радиозондирования.

Ниже кратко изложены основные результаты работ по проекту, полученные в 2004 г.

1. Проведен анализ динамики фронтов, скоростей движения, определение величин материкового стока, аккумуляции и оценка баланса массы ледосборных бассейнов II и VI Восточной Антарктиды, относящихся к бассейнам дивергентного типа. Сток восточной части материкового льда бассейна II, происходит через основные дренажные системы: выводные ледники Райнера и Ширазе. Большая часть стока материкового льда бассейна VI осуществляется через основные дренажные системы – выводные ледники Мерца и Нинниса. В пределах краевой части этих ледников в районе линии налегания выделены тестовые участки для оценки стока материкового льда.

2. На основе сравнительного анализа положения фронтов по картам, космическим съемкам и данных проектов по определению толщины материкового льда, высоты ложа, положению линии налегания (BEDMAP) и скоростей движения льда (VELMAP), получены количественные характеристики динамики материкового стока для основных выводных ледников ледосборных бассейнов II и VI с конца 1960-х по 2001 г. Результаты свидетельствуют об общей тенденции увеличению расходной составляющей бассейнов во второй половине прошлого века на фоне отсутствия или незначительного

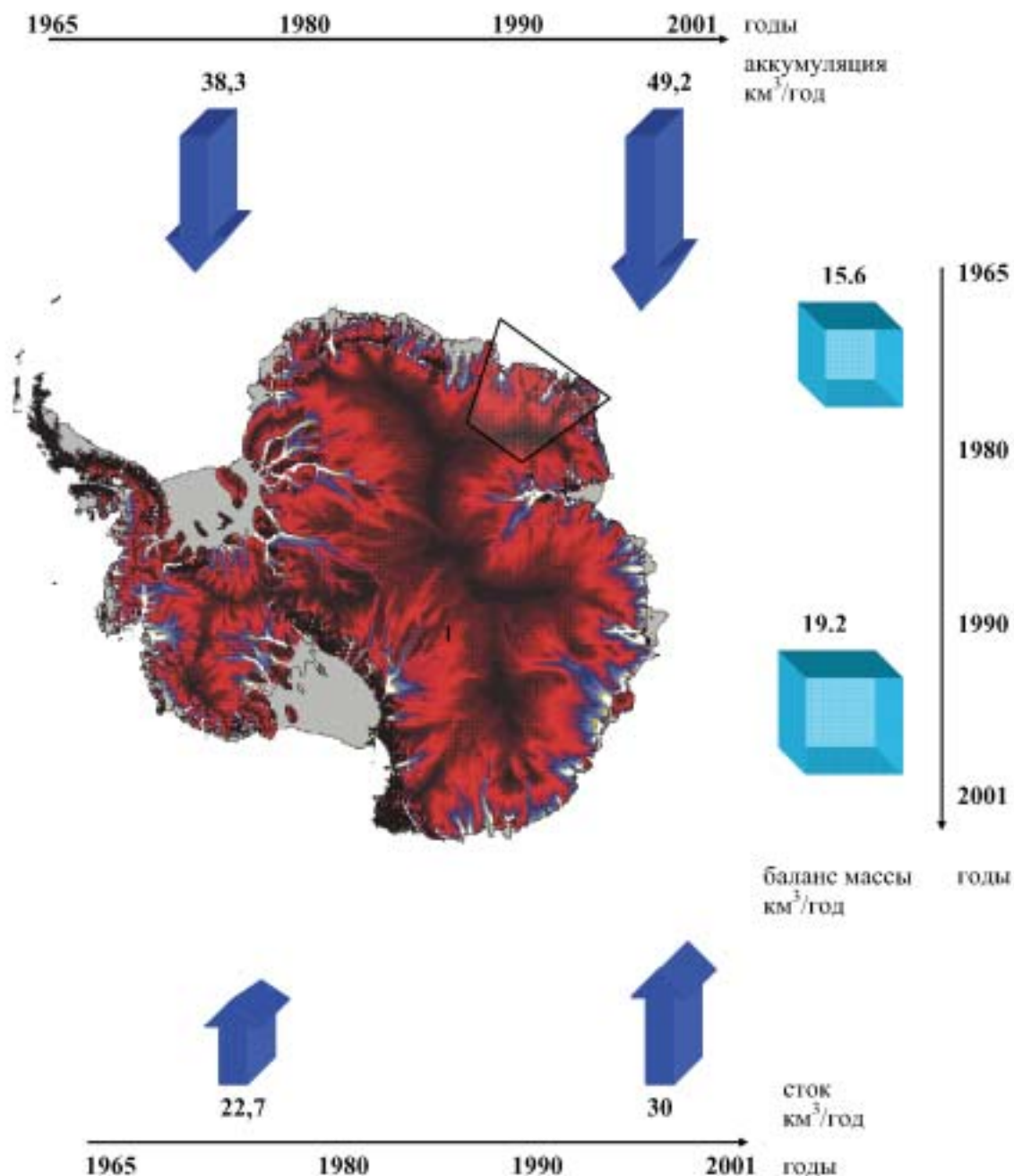


Рис. 1.5.1. Динамика аккумуляции, материкового стока и баланса массы восточной части ледосборного бассейна II во второй половине XX века

отрицательного температурного тренда и общей тенденции увеличения осадков. Так, среднегодовой сток восточной части ледосборного бассейна II, составлявший во второй половине 1960-х – начале 1980-х годов прошлого столетия 22,7 км³, достиг к началу XXI века величины в 30 км³ (рис. 1.5.1). Среднегодовой материковый сток ледосборного бассейна VI, определенный в конце 1950-х – середине 1960-х годов прошлого столетия как 29,7 км³, вырос к середине 1980-х годов до 35,2 км³ и достиг к концу XX века величины в 41,7 км³ (рис. 1.5.2).

3. Динамика аккумуляции в пределах ледосборных бассейнов II и VI во второй половине прошлого столетия была выведена на основе проведенных оценок площадей бассейнов и синтеза натуральных и расчетных данных по аккумуляции в этих районах Антарктиды. Среднегодовая аккумуляция в пределах восточной части ледосборного бас-

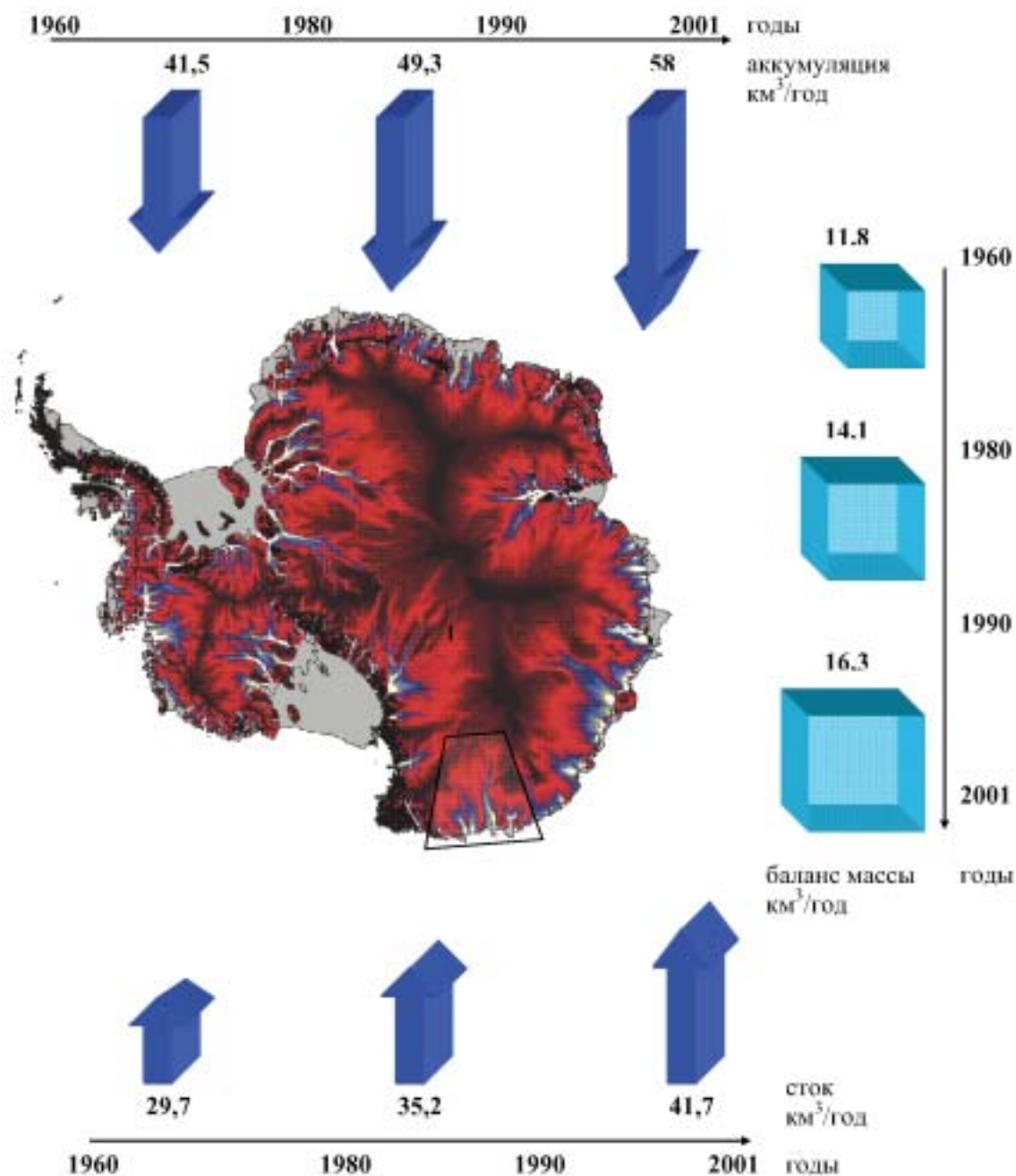


Рис. 1.5.2. Динамика аккумуляции, материкового стока и баланса массы ледосборного бассейна VI во второй половине XX века

сейна II, оцененная во второй 1960-х – начале 1980-х годов прошлого столетия в 38,3 км³, к началу XXI века достигла величины 49,2 км³ (рис. 1.5.1). Среднегодовая аккумуляция в ледосборном бассейне VI, составлявшая в конце 1950-х – середине 1960-х гг. 41,5 км³, выросла к середине 1980-х годов до 49,3 км³ и достигла к началу XXI века величины 58 км³ (рис. 1.5.2).

4. По результатам определения материкового стока и расчетным величинам аккумуляции, выведенных на основе синтеза данных, полученных для этого региона Антарктиды и приведенных к площади ледосборных бассейнов II и VI, установлено, что их баланс массы является положительным за весь период инструментальных наблюдений. Положительная составляющая баланса массы возрастала с середины 1960-х годов (для



Рис. 1.5.3. Динамика баланса массы восточной части ледосборного бассейна II и ледосборных бассейнов III, IV, V и VI Восточной Антарктиды во второй половине XX века

ледосборного бассейна II) и с конца 50-х годов прошлого столетия (для ледосборного бассейна VI) и достигла максимума к началу XXI в. Эта тенденция совпадает с оценками динамики баланса массы ледосборного бассейна V и отличается с оценками динамики баланса массы, полученными нами по ледосборному бассейну IV, где положительная составляющая непрерывно убывала с середины 1950-х годов вплоть до настоящего времени, и ледосборному бассейну III – положительная составляющая баланса массы возрастала с середины 1960-х годов, достигнув максимума в первой половине 1990-х годов прошлого столетия и несколько снизилась к началу XXI в.

Обобщая данные по динамике годового баланса массы большей части Восточной Антарктиды можно заключить, что он был близок к постоянному на протяжении последних 50 лет, т.е. не реагировал на климатические изменения (рис. 1.5.3).

Общая для всех исследованных ледосборных бассейнов тенденция увеличения аккумуляции, материкового стока и положительный баланс массы, на наш взгляд, связа-

на с климатическими изменениями. Вместе с тем, учитывая размеры Антарктического ледникового покрова, массу льда и температурный режим, было бы некорректным связывать наблюдаемую тенденцию с текущим потеплением климата.

Вероятнее всего это сигнал более древних изменений. Выбранный нами по соображениям точности период оценок – II половина прошлого века, чрезвычайно короток для оценок подобного рода. Неясно также, в какой части какого климатического тренда лежат полученные нами результаты. Безусловно, получение аналогичных данных по другим ледосборным бассейнам и дренажным системам Антарктического ледникового покрова, декларированное в качестве цели настоящего проекта, позволит обобщить картину динамики его баланса массы и приступить к объяснению этого феномена на основе сравнения с результатами климатической интерпретации данных глубокого бурения в Антарктиде.

5. Поисковый каталог карт и космических съемок оптического и радарного диапазона по трапециям масштаба 1:1 000 000 и информационные каталоги по тестовым участкам в пределах отдельных бассейнов дополнены информацией по краевой части ледосборных бассейнов II и VI. Результаты работ помещены в соответствующие разделы базы данных проекта.

Результаты будут использованы для оценки изменений береговой линии Антарктического материка, выявления признаков образования айсбергов, оценки вклада айсбергового стока Антарктики в повышение уровня Мирового океана. Эти результаты могут быть использованы для решения вопросов, касающихся современного состояния и изменений в системе «океан-атмосфера-оледенение Антарктиды» и являются вкладом в международные проекты ISMASS, BEDMAP и VELMAP, выполняющиеся под эгидой СКАР.

1.6. ПРОЕКТ 6 (ТЕМА РОСГИДРОМЕТА 2.2.4.1).

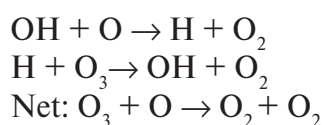
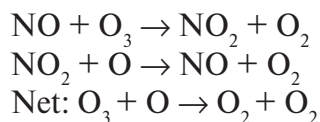
«ИССЛЕДОВАТЬ ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГИЧНЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ И ДИНАМИЧЕСКИХ ВАРИАЦИЙ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА НА СТРАТОСФЕРУ И ТРОПОСФЕРУ ПОЛЯРНЫХ ОБЛАСТЕЙ ЗЕМЛИ. ИЗУЧИТЬ МЕХАНИЗМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВАРИАЦИЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ НА РИТМИКУ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ АНТАРКТИКИ»

Основной целью исследований в 2003 г. являлось изучение динамики долговременного тренда озонового слоя в Антарктике в зависимости от соответствующих вариаций гелиофизических факторов. В исследованиях 2004 г. в рамках проекта участвовали сотрудники Арктического и антарктического НИИ и Центральной аэрологической обсерватории Росгидромета.

Исследование динамики долговременного тренда озонового слоя в Антарктике выполнялось с помощью численного моделирования содержания озона и других малых газовых составляющих в высоких широтах после сильных протонных вспышек 23-го цикла активности Солнца. Информация о протонной активности Солнца была основана на измерениях потоков солнечных протонов в различных энергетических каналах со спутников серии GOES и отечественного спутника (Солнечной Лаборатории) КОРОНАС-Ф. По данным о временном ходе потоков протонов выбирались периоды резкого усиления протонной активности Солнца (периоды солнечных протонных вспышек).

В фотохимической области атмосферы, расположенной выше 35 км, содержание атмосферного озона испытывает сильные изменения под влиянием диссоциирующего и ионизирующего УФ-излучения, а также под воздействием корпускулярной радиации (солнечных и галактических космических лучей, высыпания релятивистских частиц и

электронов полярных сияний). Действие этих (внеатмосферных) факторов изменчивости озона сводится, во-первых, к прямому разрушению озона УФ-радиацией с длинами волн, меньшими 306 нм, и, во-вторых, к образованию химических веществ, влияющих на глобальный баланс озона: атомарного кислорода при диссоциации O_2 , окислов азота и водорода, образованных после ионизации атмосферы энергичными частицами. Показано, что на каждую пару ионов, образованных энергичными протонами, в результате цепочки ионно-молекулярных реакций в атмосфере образуется 1,25 молекул NO и 2 молекулы OH. Далее интенсифицируются химические каталитические циклы, приводящие к разрушению озона:



Химическое время жизни «семейства» нечетного азота в атмосфере Земли в полярной области может составить более года, поэтому соответствующие эффекты в озоне могут длиться от недели до нескольких лет. Соответствующее «семейство» нечетного водорода имеет гораздо меньшее время жизни, а его роль существенна в мезосфере. С появлением фотохимических моделей и спутниковых наблюдений появилась возможность сравнить теоретические представления с результатами наблюдений.

В настоящем отчете представлены результаты анализа протонной активности Солнца в 23-м цикле, позволившие выделить периоды резкого возрастания потоков солнечных протонов (SPE), результаты расчетов, проводившихся в ЦАО, ионизации высокоширотной атмосферы (основанные на данных о потоках солнечных протонов с ИСЗ GOES и КОРОНАС-Ф) после наиболее мощных SPE 23-го цикла активности Солнца, а также результаты численного фотохимического моделирования, демонстрирующие структуру и эволюцию изменений озона и других малых газовых составляющих земной высокоширотной атмосферы. Были рассчитаны временные ряды двух новых индексов: плотности потока энергии солнечных протонов в интервале 1 – 100 МэВ и средней энергии протонов в этом же интервале. Первая характеристика свидетельствует о мощности события, вторая – о жесткости энергетического спектра. Анализ спутниковых данных позволил выделить пять наиболее значительных протонных вспышек 23 цикла (по состоянию на середину 2003 г.), характеристики которых приводятся в таблице. Именно

Таблица

Наиболее мощные протонные события 23-го цикла солнечной активности

Начало (День/UT)	Максимум	Интенсивность ($E > 10$ МэВ)
2000 год		
Июль 14/1045	Июль 15/1230	24000
Ноя 08/2350	Ноя 09/1555	14800
2001 год		
Сен 24/1215	Сен 25/2235	12900
Ноя 04/1705	Ноя 06/0215	31700
Ноя 22/2320	Ноя 24/0555	18900

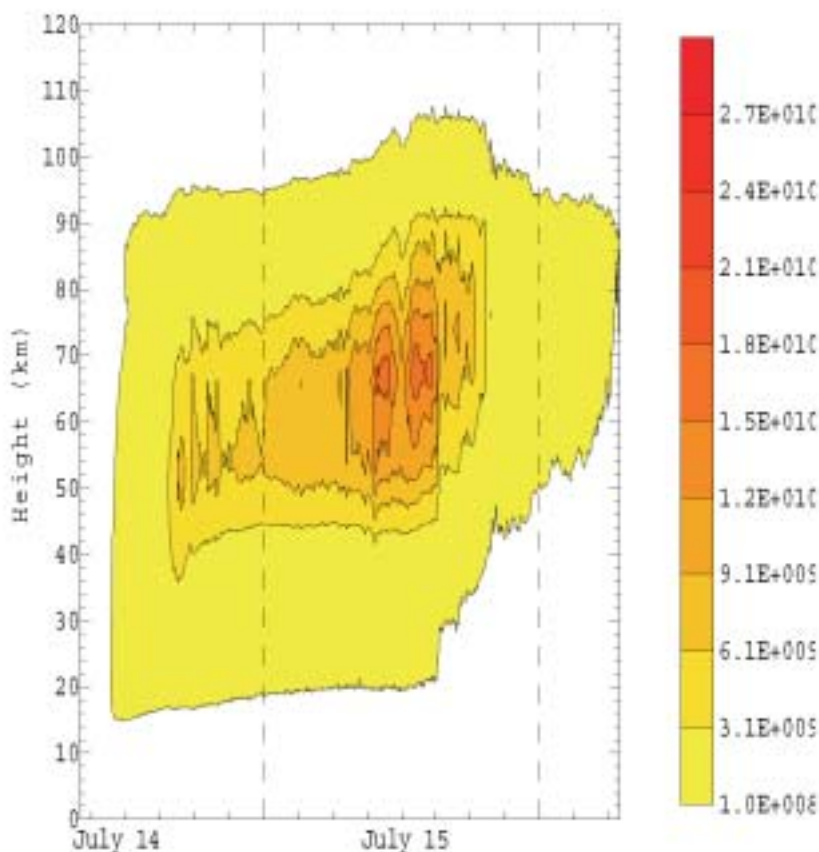


Рис. 1.6.1. Скорости ионизации атмосферы солнечными протонами для 70° широты после вспышки 14 июля 2000 г. (расчеты по данным спутника GOES)

для этих протонных событий проводились расчеты высотно-временных (с разрешением 5 минут) разрезов скоростей ионизации полярной средней атмосферы.

В начале была рассчитана ионизация высокоширотной атмосферы наиболее сильными SPE, представленными в таблице. В качестве примера на рис 1.6.1 показаны рассчитанные высотно-временные разрезы скоростей ионизации северной полярной средней атмосферы в периоды SPE после протонной вспышки 14 июля 2000 г., которая обусловила наибольшую скорость ионизации. Время (в часах) отсчитывается от начала тех суток, когда произошла оптическая вспышка.

Из рис. 1.6.1 видно, что ионизирующее воздействие на атмосферу солнечными протонами представляет собой во времени достаточно короткий импульс, локализованный в стратосфере и мезосфере. Приведенный временной ход профилей ионизации был использован для расчета дополнительных источников окислов азота и водорода, с использованием одномерной фотохимической модели, разработанной в ЦАО.

При интегрировании системы уравнений, описывающей поведение малых газовых составляющих атмосферы, был использован метод «химических семейств», учитывающий большой диапазон значений характерных «времен жизни» химических компонент (от долей секунды до сотен лет). Объединение в одно семейство компонент с соответствующими временами жизни позволяет в значительной степени увеличить шаг интегрирования по времени. Фотохимический блок модели описывает взаимодействие между 60-ю химическими составляющими, участвующими в 164 фотохимических реакциях. Шаги интегрирования по времени менялись от 100 до 500 с. На каждом шаге по времени рассчитывались вертикальные распределения компонент (с включением турбулентной диффузии). Уравнения модели решались для диапазона высот 0–90 км. При

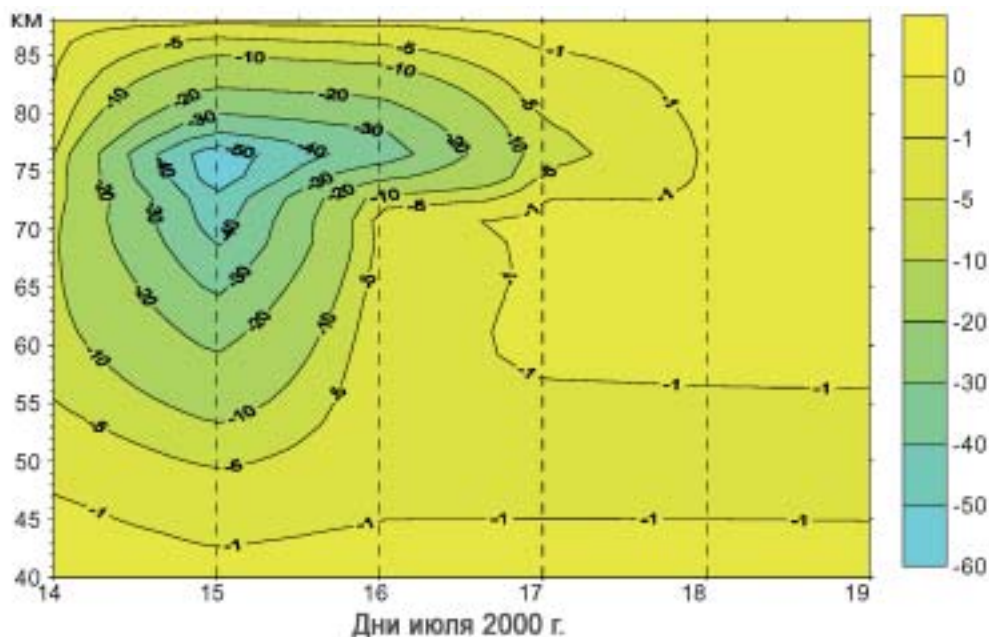


Рис. 1.6.2. Изменение озона (%) после протонной вспышки на Солнце 14 июля 2000 г. для 70° широты (расчет по фотохимической модели)

описании химии тропосферы были учтены процессы «вымывания» в облаках для некоторых компонент. Разрешение модели по вертикали составляло 2 км. Скорости фотодиссоциации пересчитывались через каждый час модельного времени. Учитывались сезонные изменения зенитного угла Солнца для данной широты и его зависимость от высоты над поверхностью Земли. Как оказалось, фотохимическая модель хорошо воспроизводит вертикальные распределения малых газовых составляющих, а также их суточные вариации.

Как было сказано выше, ионизация атмосферы солнечными протонами во время вспышек на Солнце приводит к дополнительному образованию окислов азота и водорода, приводящих к гибели молекул озона. На рис. 1.6.2 представлены результаты фотохимических расчетов, демонстрирующих отклик в содержании озона для 70° широты после протонной вспышки 14 июля 2000 года. На рисунке видно, что озон в мезосфере сильно разрушен (на 60 % в области максимума ионизации), при этом более слабые (в процентном отношении) изменения произошли и в стратосфере.

Основным методом проверки правильности теоретических представлений, заложенных в компьютерную модель, и ее работоспособности является сопоставление результатов моделирования с данными наблюдений исследуемого процесса. В нашем случае имеется уникальная возможность провести такое сопоставление для солнечного протонного события (SPE) после одной из самых интересных вспышек текущего цикла солнечной активности – солнечной вспышки, начавшейся, по данным оптических наблюдений, в 1024 UT 14 июля 2000 года. В период с 10 по 18 июля проводились ежедневные наблюдения химического состава средней атмосферы с помощью прибора HALOE на ИСЗ UARS, причем для северного полушария имеются данные в широтной полосе 62–69°, то есть в полярной шапке, для которой были проведены расчеты скорости ионизации солнечными энергичными протонами в рамках численной модели. На рис. 1.6.3 показаны изменения озона (%) после солнечной протонной вспышки 14 июля 2000 года. Приведенный рисунок наглядно демонстрирует эффект сильного понижения содержания озона в мезосфере после вспышки. Таким образом, результаты анализа данных и результаты численного моделирования находятся в достаточно хорошем согласии.

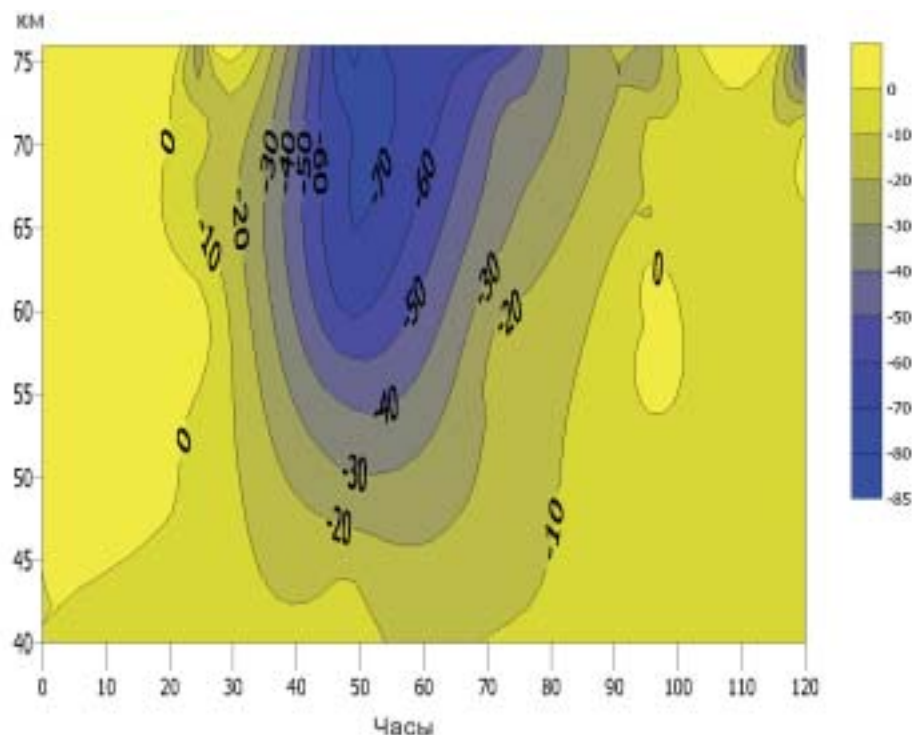


Рис. 1.6.3 Изменение озона (%) по данным прибора HALOE (UARS) после вспышки на Солнце 14 июля 2000 г. для 67° широты

На рис. 1.6.4 представлены результаты фотохимических расчетов, демонстрирующих изменение содержания окиси азота (NO) после вспышки 28 октября 2003 года. Видно, что максимальный эффект (рост) составляет около 40 %, а возмущение существует значительно дольше, чем в ОН. При этом положение максимума эффекта по вертикали также близко к распределению скорости ионизации, но имеет большую задержку по времени, чем для ОН. Здесь следует отметить, что «семейство нечетного азота», к которому относится NO, имеет гораздо большее время жизни, что и демонстрируют приведенные расчеты.

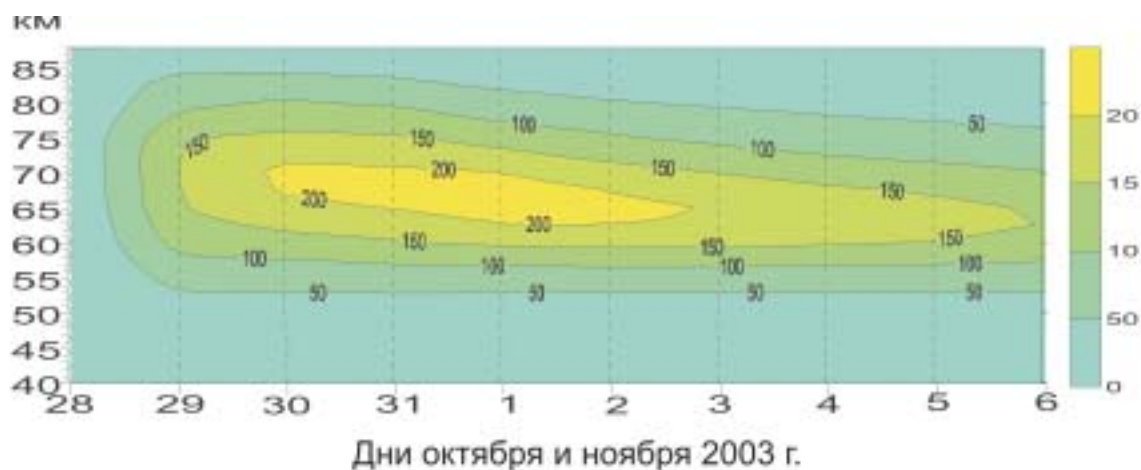


Рис. 1.6.4. Изменение содержания окиси азота (%) после протонной вспышки на Солнце 28 октября 2003 г. для 70° широты (расчет по фотохимической модели)

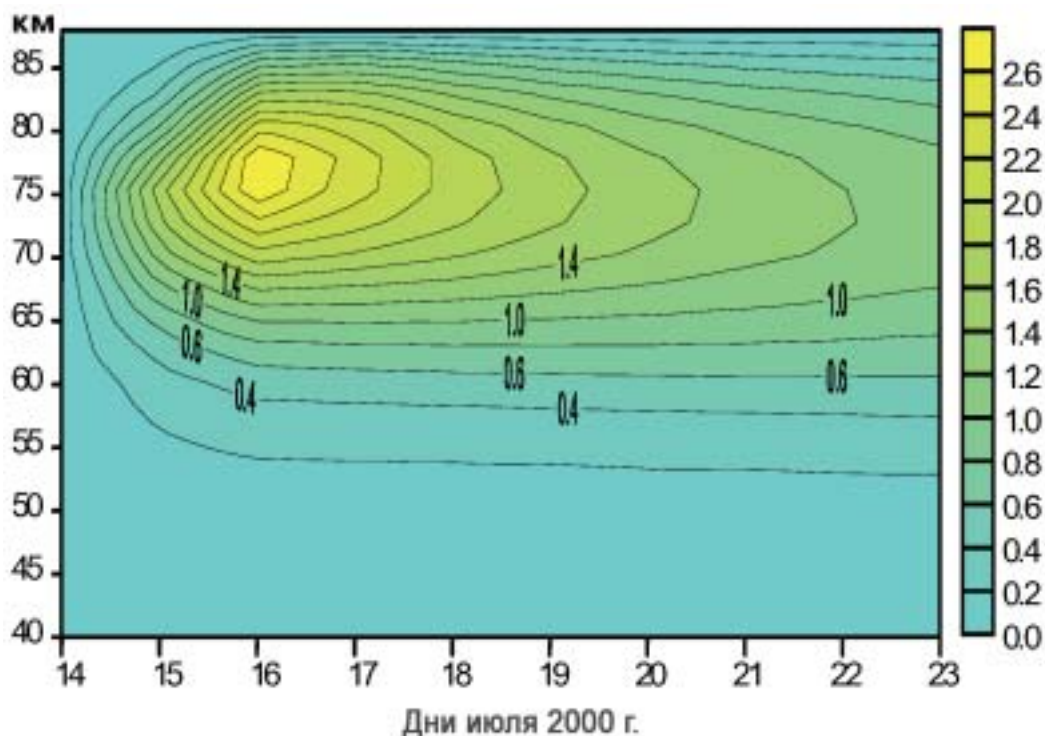


Рис. 1.6.5. Увеличение содержания водяного пара (%) после вспышки 14.07. 2000 г. (расчет по фотохимической модели)

На рис. 1.6.5 представлены результаты фотохимических расчетов, демонстрирующих изменение содержания водяного пара после вспышки 14 июля 2000 года. Видно, что эти изменения достаточно небольшие (около 1 % в максимуме), однако эффект обладает большим последствием и существует значительно дольше, чем в ОН, кратковременное увеличение которого и является источником изменений в содержании водяного пара.

Представленные результаты, основанные на расчетах ионизации атмосферы солнечными протонами по данным измерений на ИСЗ GOES и КОРОНАС-Ф потоков протонов с энергиями от 1 до 90 МэВ, вызванных наиболее мощными вспышками на Солнце в 23-м цикле, и фотохимическом моделировании отклика озона и некоторых других газовых составляющих, показывают, что в средней атмосфере после рассмотренных вспышек имеют место заметные изменения в содержании газовых составляющих. Общим в структуре отклика озона для всех случаев является область сильного его разрушения в мезосфере, которая существует в течение 1-2 суток и обусловлена увеличением содержания водородных окислов, а также более долговременные отрицательные изменения в нижней мезосфере и верхней стратосфере, обусловленные дополнительной генерацией окислов азота, также каталитически разрушающих озон. Проведенный анализ спутниковой информации (спутник UARS) также обнаружил сильное уменьшение озона (близкое к расчетным) после протонной вспышки 14 июля 2000 года, а также увеличение окиси азота.

Таким образом, на основе проведенного исследования можно утверждать, что озоносфера Земли (в высоких широтах) в периоды усиления протонной активности Солнца испытывает сильные изменения, обусловленные дополнительным образованием окислов азота и водорода, разрушающих озоновый слой. Подобные воздействия могут давать накапливающийся эффект вследствие большого времени жизни окислов азота на этих высотах. Изменения озона должны привести к заметным изменениям температуры и ветра и могут вносить вклад в глобальные изменения природной среды и климата.

В целом, проведенные исследования 2004 г. показывают сильное влияние факторов солнечной активности на структуру атмосферной циркуляции и содержание озона в южной полярной области. Интенсивные потоки высокоэнергичных солнечных протонов, генерируемые мощными солнечными вспышками, вызывают сильную ионизацию в средней атмосфере, что приводит к заметным изменениям в содержании газовых составляющих. Дополнительная генерация водородных окислов и окислов азота разрушает озон. Воздействие носит накопительный эффект и может существенно влиять на озоновый слой и приводить, соответственно, к изменениям температуры и ветровых полей в полярной атмосфере.

Экстремальные возмущения солнечного ветра, связанные с интенсивными выбросами солнечной массы, и характеризующиеся длительным и сильным обращением межпланетного магнитного поля к югу, сопровождаются в зимний сезон резкими потеплениями приземной атмосферы в южной околополюсной области и соответствующими возмущениями во всей структуре регулярных стоковых (катабатических) ветров, типичных для южной полярной шапки. По-видимому, наибольшее влияние на атмосферные процессы в южном полушарии оказывают аномальные по силе и направлению ветра, наблюдаемые на береговых станциях Русская и Ленинградская в западном секторе Тихого океана. Характерно, что аномальные ветры достигают максимальной интенсивности за один-два месяца до начала событий Эль-Ниньо, на основании чего можно предположить связь между метеорежимом в южной полярной области и развитием Эль-Ниньо, и, соответственно, возможное влияние возмущенного солнечного ветра на атмосферные процессы в южном полушарии.

1.7. ПРОЕКТ 7 (ТЕМА РОСГИДРОМЕТА 2.2.4.2).

«ИССЛЕДОВАТЬ СТРУКТУРУ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РАЗЛИЧНОГО МАСШТАБА И ДИНАМИКУ ИОНОСФЕРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ПОЛЯРНЫХ ШАПКАХ»

Цель работы – детальный анализ эффектов, создаваемых высыпающимися энергичными частицами солнечного и магнитосферного происхождения в ионосфере высоких и умеренных широт южного и северного полушарий Земли с особым акцентом на результаты наземных ионосферных наблюдений.

Объектом настоящего исследования являются потоки высыпающихся в ионосферу Земли энергичных частиц (электронов и протонов) и их роль в энергетическом балансе земной ионосферы, определяющим ее состояние.

В исследованиях 2004 года в рамках проекта участвовали сотрудники Арктического и антарктического НИИ Росгидромета.

Основные результаты настоящей работы могут быть сформулированы в таком виде:

1. Вариации потоков высыпающихся магнитосферных электронов – ВРЭ (включая частицы релятивистских энергий) являются фактически единственной причиной крупномасштабных ионосферных возмущений, связанных с магнитными бурями и наблюдающихся на инвариантных широтах от $\sim 70^\circ$ до $\sim 40\text{--}30^\circ$ в обоих полушариях Земли.

2. По своей величине и длительности эффекты ВРЭ сравнимы с эффектами СПС.

3. Потоки ВРЭ даже в условиях минимального высыпания создают на высотах $\sim 55\text{--}75$ км источник ионизации, доминирующий на инвариантных широтах $\sim 55\text{--}60^\circ$; при усилении высыпания ВРЭ этот источник может стать доминирующим и на меньших (до ~ 40 км) высотах.

4. Наиболее интенсивные ионосферные возмущения вызываются случаями одновременного высыпания потоков солнечных протонов и энергичных электронов. В на-

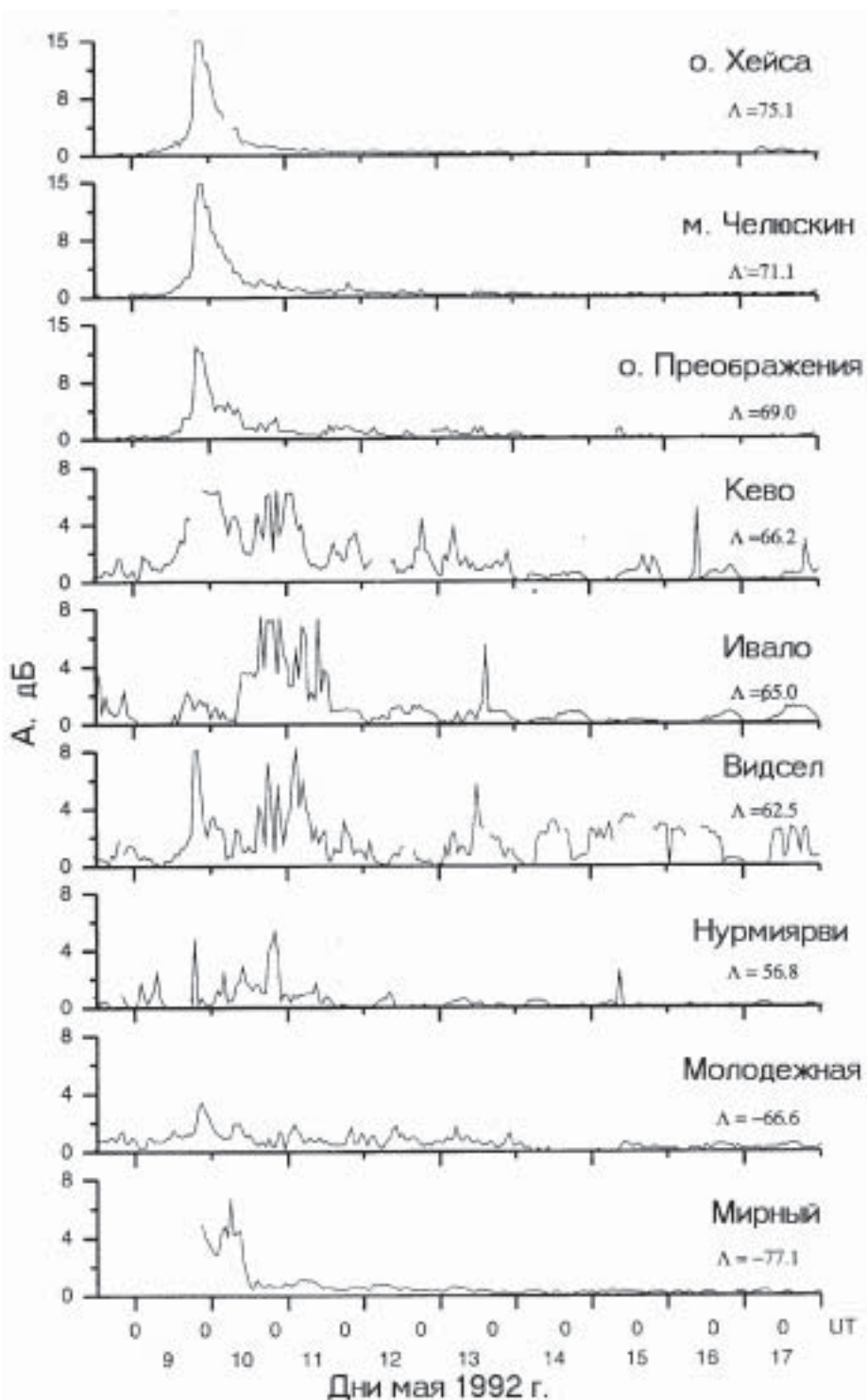


Рис. 1.7.1. Изменения риометрического поглощения во время солнечного протонного события и магнитной бури в мае 1992 г. на станциях северного и южного полушарий

стоящей работе детально проанализированы условия возникновения и развития таких возмущений.

5) Отличительной особенностью глобального распределения области высыпания энергичных электронов магнитосферного происхождения (преимущественно релятивистских и субрелятивистских энергий) является долготная асимметрия, выражающаяся в более интенсивной и географически протяженной зоне высыпаний в западном полушарии.

6. Традиционные виды наземных ионосферных наблюдений (риометры и фазовые измерения на сверхдлинноволновых радиополосах) являются высокоэффективным и весьма низкочастотным методом исследования и ранней диагностики ионосферных возмущений в периоды мировых геомагнитных бурь, интенсивных суббурь и солнечных протонных событий. В некоторых отношениях эти виды наблюдений оказываются более эффективными, нежели дорогостоящие специализированные спутниковые эксперименты.

На рис. 1.7.1. показаны изменения риометрического поглощения во время солнечного протонного события и магнитной бури в мае 1992 г. на нескольких станциях северного и южного полушарий (инвариантные широты приведены рядом с аббревиатурами пунктов). Станции о-ва Хейса (HEI) и Мирный (MIR) расположены в полярных шапках, станции м. Челюскин (CHE), о-ва Преображения (PRE), Молодежная (MOL), Kevo (KEV), Ivalo (IVA), Vidsel (VID) – на авроральных широтах; станция Nurmijarvi – субавроральная.

Из рис. 1.7.1. видно, что эффекты солнечных протонных событий (СПС) и высыпания релятивистских электронов (ВРЭ) проявились в поглощении по-разному в зависимости от широты.

В полярных шапках (HEI, MIR) и на крае северной шапки (CHE) виден один максимум, по времени совпадающий с пиком протонного потока. Рассчитанная величина поглощения в пике СПС в HEI и CHE (14,3 дБ) близка к наблюдаемой (~15 дБ), а изменение поглощения в ходе СПС тесно ($r = 0,97$) коррелирует с изменением протонного потока.

На более низких широтах ход поглощения становится иррегулярным и пространственно неоднородным. Однако в целом его ход соответствует изменению потока ВРЭ. Очевидно на широтах полярных шапок – в данном случае на $\Phi > 69^\circ$ – ВРЭ не происходило. Приполюсная граница ВРЭ располагалась на $\Phi = 69-70^\circ$ и, по-видимому, соответствовала границе замкнутых геомагнитных силовых линий, вне которых поток РЭ падает практически до нуля. В области ВРЭ на авроральных широтах южного полушария, например, в MOL и в Syowa ($\Phi = 66,2^\circ$) вариации поглощения в целом подобны его вариациям в северном (с учетом сезонных различий). В северном полушарии максимальные по величине эффекты ВРЭ наблюдались в VID ($\Phi = 65^\circ$), то есть, на низкоширотной границе авроральной зоны. В данной работе проанализированы и систематизированы ионосферные эффекты, создаваемые потоками энергичных электронов магнитосферного и солнечного происхождения. Основой для настоящего исследования послужили данные наземных ионосферных наблюдений (риометры и фазовые измерения на сверхдлинноволновых радиополосах) с широким использованием результатов, полученных отечественными исследователями. Подобное детальное исследование для ионосферы Южного полушария проведено впервые.

1.8. ПРОЕКТ 8 (ТЕМА РОСГИДРОМЕТА 2.2.5.1).

«ИССЛЕДОВАТЬ МАЛЫЕ ГАЗОВЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ АТМОСФЕРЫ АНТАРКТИКИ»

Экспериментальные и модельные исследования изменчивости содержания малых газовых составляющих атмосферы в первую очередь озона (O_3) и парниковых газов (водяного пара – H_2O , углекислого газа – CO_2 , метана – CH_4 , окиси углерода – CO и закиси азота – N_2O) необходимы для мониторинга радиационного режима Антарктики и оценки антропогенного воздействия на газовый состав атмосферы. Наблюдаемые изменения содержания МГС и, в частности, уменьшение в атмосфере общего содержания озона (ОСО) обуславливают необходимость проведения комплексных исследований этих составляющих атмосферы.

В 2004 г. в рамках проекта проводились измерения ОСО и содержания в атмосфере Антарктиды H_2O , CO_2 , CH_4 , CO и N_2O . В работе по проекту участвуют специалисты из НПО «Тайфун» (головная организация), ААНИИ, ГГО, ЦАО, ИФА РАН и РГГМУ. Организация измерений в Антарктиде и на пути к ней на НЭС «Академик Федоров» осуществляется совместно с постоянно действующей Российской антарктической экспедицией.

Результаты измерений общего содержания озона в Антарктиде

В 2004 г. продолжены регулярные измерения ОСО на станциях Мирный и Новолазаревская и после годовичного перерыва на ст. Восток. Перерыв в измерениях на ст. Восток связан с ее консервацией в феврале 2003 года. Результаты измерений приведены на рис. 1.8.1.

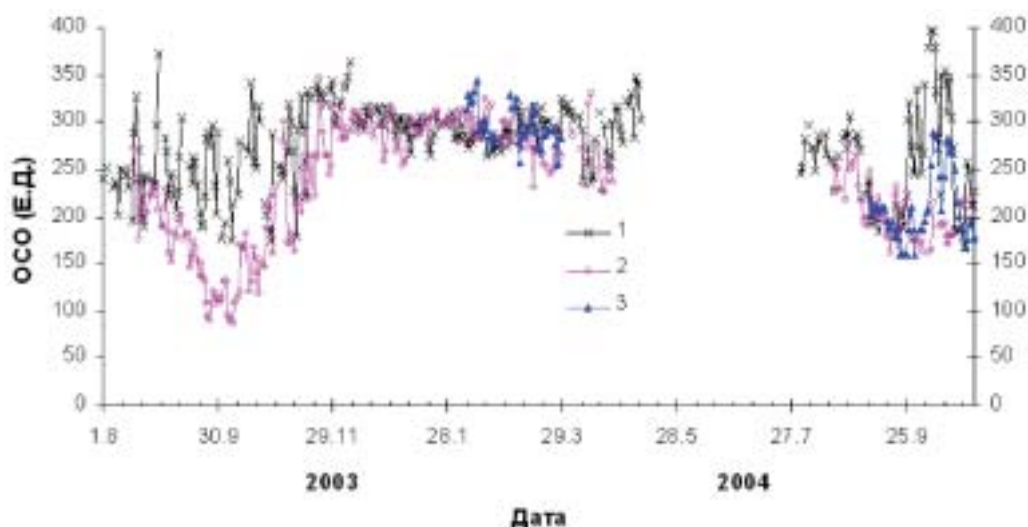


Рис. 1.8.1. Среднесуточные величины ОСО на российских антарктических станциях в 2003 – 2004 гг. 1 – Мирный, 2 – Новолазаревская, 3 – Восток.

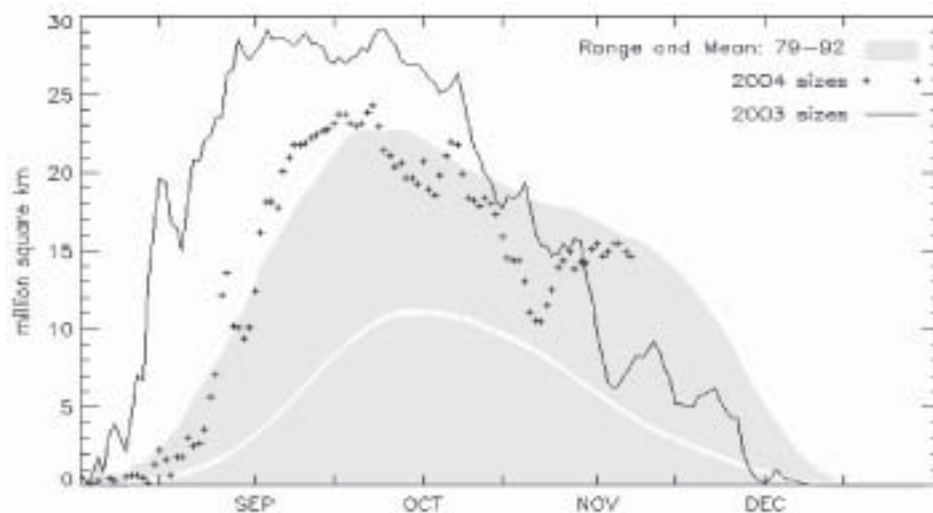


Рис. 1.8.2. Ежедневные величины площади весенней озоновой антарктической аномалии в 2003 и 2004 гг. по данным НОАА

Как видно из приведенных данных на ст. Новолазаревская в конце сентября и начале октября отмечены минимальные за всю историю наблюдений на этой станции значения ОСО, которые подтверждаются и спутниковыми измерениями. Значения ОСО

ниже 100 единиц Добсона (е.Д.) зарегистрированы в период с 20 сентября по 10 октября 2003 года. В это же время на ст. Мирный, расположенной на периферии весенней озоновой антарктической аномалии (ВОАА), величины ОСО были существенно выше и составляли 170–180 е.Д.

Согласно спутниковым данным (рис. 1.8.2) площадь ВОАА составила 11 сентября 2003 г. 10,9 млн кв. миль, а 24 сентября площадь ВОАА была второй по величине за всю историю наблюдений – 11,1 млн кв. миль (максимальная по площади наблюдалась 10 сентября 2000 г. – 11,5 млн кв. миль). Весной 2004 года площадь ВОАА была меньше, чем в предыдущем году. Самые низкие среднесуточные величины ОСО над Антарктидой составляли в начале октября около 100 е.Д. Из российских станций только на ст. Восток среднесуточные величины ОСО опускались ниже 160 е.Д. (период с 22 по 30 сентября).

Результаты измерений общего содержания парниковых газов в Антарктиде

Накопленная к настоящему времени информация по результатам измерений содержания парниковых газов, позволила выявить ряд недостатков инструментального и методического характера.

Анализ данных о содержании парниковых газов в столбе атмосферы показал, что наибольшая погрешность в результатах измерений связана с изменением светового потока из-за колебаний основного и поворотного зеркал системы слежения, вызванных ветровыми нагрузками. В связи с этим была разработана, изготовлена и отправлена в Антарктиду новая система слежения, принципиально отличающаяся от работающей на ст. Новолазаревская и выдерживающая скорости ветра до 20 м/с. Следящая система состоит из следящего зеркала и блока согласования. Следящее зеркало устанавливается на крыше наблюдательного пункта, обеспечивает вертикальный ввод светового потока в помещение и позволяет круглосуточное слежение за Солнцем. Блок согласования располагается в помещении и состоит из поворотного зеркала, объектива и фотодатчиков. Электронный блок управления следящей системы обеспечивает фотоэлектронное и часовое слежение за Солнцем.

Проведена модернизация процедуры обработки экспериментальных спектрограмм и определения содержания парниковых газов в столбе атмосферы. Внесенные в программное обеспечение изменения позволяют более корректно учесть влияние водяного пара на ослабление излучения в каждой спектрограмме и исключить связанную с этим систематическую погрешность. На данный момент процедура обработки включает расчет монохроматических функций пропускания атмосферы для условий измерений каждого спектра и использовании их при обработке единичной спектрограммы. Внесенные в методику изменения требуют значительных затрат машинного времени, поэтому к настоящему времени вновь обработаны экспериментальные спектры поглощения водяного пара и окиси углерода.

Результаты измерений содержания H_2O на ст. Новолазаревская в дневной период времени приведены на рис. 1.8.3. Содержание водяного пара имеет сезонные колебания, причем максимальные величины составляют $\sim 0,6$ г/см² и зарегистрированы в январе – феврале, минимальные содержания наблюдаются в сентябре и равны $\sim 0,07$ г/см².

Сезонные изменения содержания H_2O определяются приходом более влажных океанических воздушных масс после разрушения Антарктического циркумполярного вихря (сентябрь – февраль) и вымораживанием атмосферного водяного пара при уменьшении температуры воздуха к концу антарктического лета.

Среди фотохимически активных газовых составляющих атмосферы одной из основных является окись углерода. Взаимодействие окиси углерода с гидроксидом и окислами азота приводит как к образованию O_3 и CO_2 , так и к их разрушению и характеризует ее как важнейшую газовую компоненту, регулирующую окислительную способность

тропосферы. Особый интерес представляют результаты измерений CO в Антарктиде, где отсутствуют антропогенные источники, а все вариации этой газовой составляющей атмосферы определяются фотохимическими процессами в верхней тропосфере.

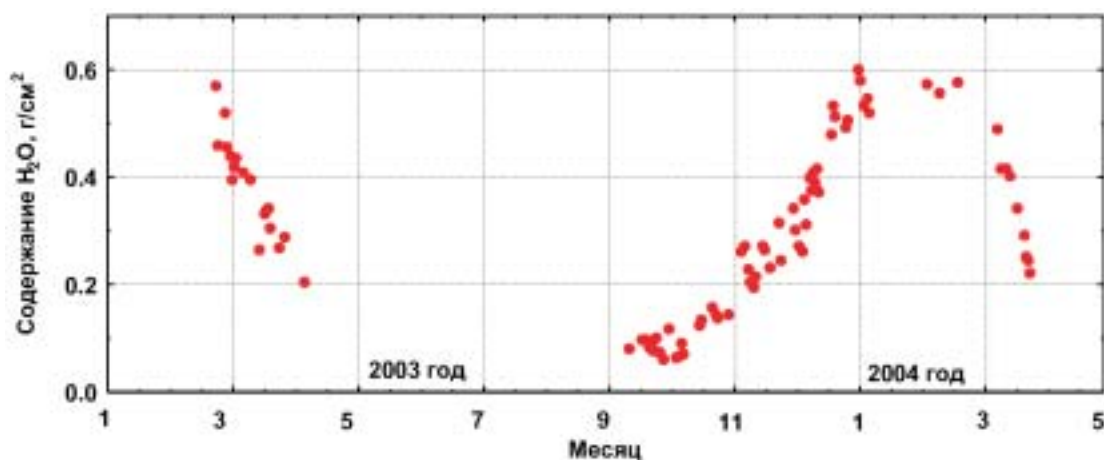


Рис. 1.8.3. Содержание водяного пара в столбе атмосферы

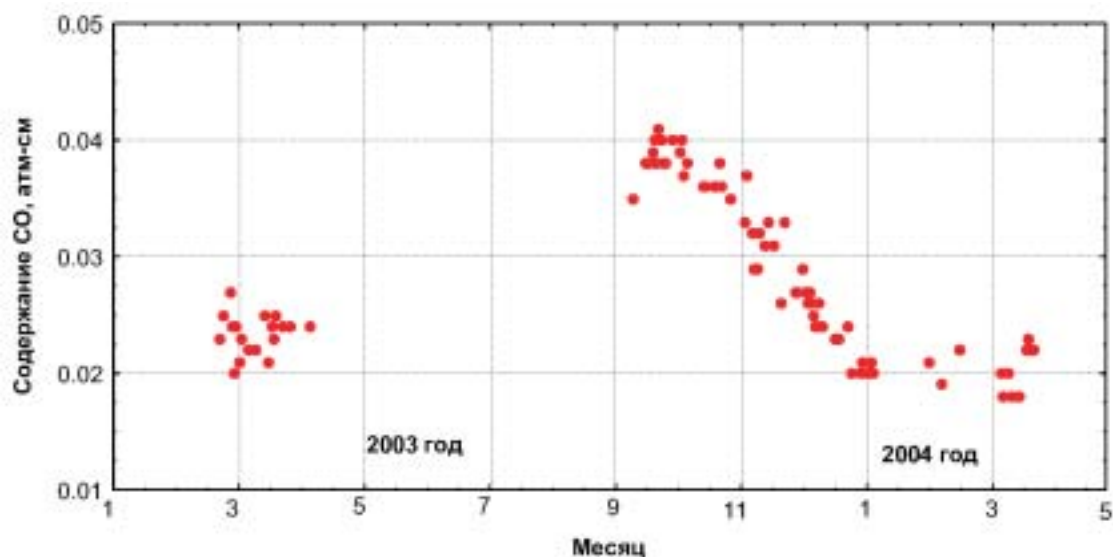


Рис. 1.8.4. Содержание окиси углерода (CO) в столбе атмосферы

На рис. 1.8.4 приведены результаты измерений содержания CO в столбе атмосферы на ст. Новолазаревская. Эти данные показывают, что в период полярной ночи содержания CO максимальны и составляют $\sim 0,04$ атм-см. С наступлением полярного дня усиливаются фотохимические атмосферные процессы, в которых происходит взаимодействие молекул окиси углерода и других газовых компонент атмосферы, в результате чего наблюдается уменьшение содержания CO в столбе атмосферы. Падение содержания CO происходит до января, далее оно практически не изменяется и составляет $\sim 0,02$ атм-см.

Результаты измерений концентрации парниковых газов в акватории океана

Измерения концентрации CO_2 и CH_4 в приземном/приводном слое воздуха проводились по пути следования НЭС «Академик Федоров» из Санкт-Петербурга в Антарктиду и при плавании судна вдоль побережья Антарктиды. Такие же измерения были проведены на ст. Новолазаревская ($70^{\circ}46'$ ю.ш., $11^{\circ}50'$ в.д., 119 м над уровнем моря). Результаты измерений в 2003–2004 гг. приведены в табл. 1.8.1.

Результаты анализа проб воздуха

Год	Месяц	День	Широта, град.	Долгота, град.	CH ₄ , млрд ⁻¹	CO ₂ , млн ⁻¹
2003	11	17	56,63	-7,40	1830,6	376,54
2003	11	19	49,50	-5,60	1837,6	377,18
2003	11	21	39,85	-11,75	1822,2	376,51
2003	11	23	29,08	-15,53	1830,7	377,34
2003	11	25	18,18	-18,53	1828,6	—
2003	11	29	-0,30	-12,33	1736,5	376,11
2003	12	2	-11,92	-2,50	1699,9	375,43
2003	12	4	-20,18	4,75	1710,6	373,92
2003	12	7	-31,93	15,77	1704,9	374,24
2003	12	15	-40,05	18,17	1705,7	373,89
2003	12	17	-49,50	28,33	1710,6	373,05
2003	12	21	-60,05	61,03	1715,2	372,77
2003	12	25	-66,55	93,02	1712,3	373,38
2004	3	26	-65,28	54,85	1693,6	373,62
2004	3	27	-66,95	40,28	1694,9	373,47
2004	3	28	-68,52	25,35	1692,8	373,34
2004	3	29	-70,05	11,60	1700,6	374,69
2004	4	3	-58,55	7,37	1693,3	373,21
2004	4	5	-46,60	10,48	1699,5	373,25

Для определения широтного распределения концентрации CO₂ и CH₄ использованы данные, полученные при движении НЭС из Санкт-Петербурга в Антарктиду в ноябре–декабре 2003 г. На рис. 1.8.5 приведен широтный ход концентрации CO₂, который является характерным для этой газовой составляющей атмосферы и показывает отличие в содержаниях углекислого газа в атмосфере северного и южного полушарий.

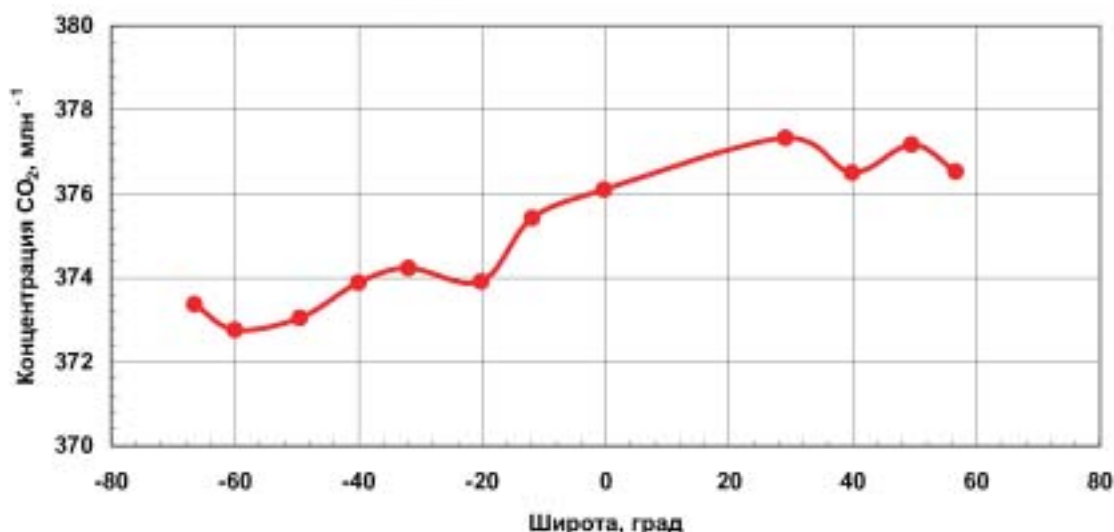


Рис. 1.8.5. Широтное распределение концентрации CO₂ над акваторией Атлантического океана

Изменение концентрации CH₄ в зависимости от широты приведено на рис. 1.8.6. Как видно этих данных в южном полушарии величины концентрации CH₄ в атмосфере меньше, чем в северном. Это является следствием того, что основные источники метана находятся в северном полушарии.

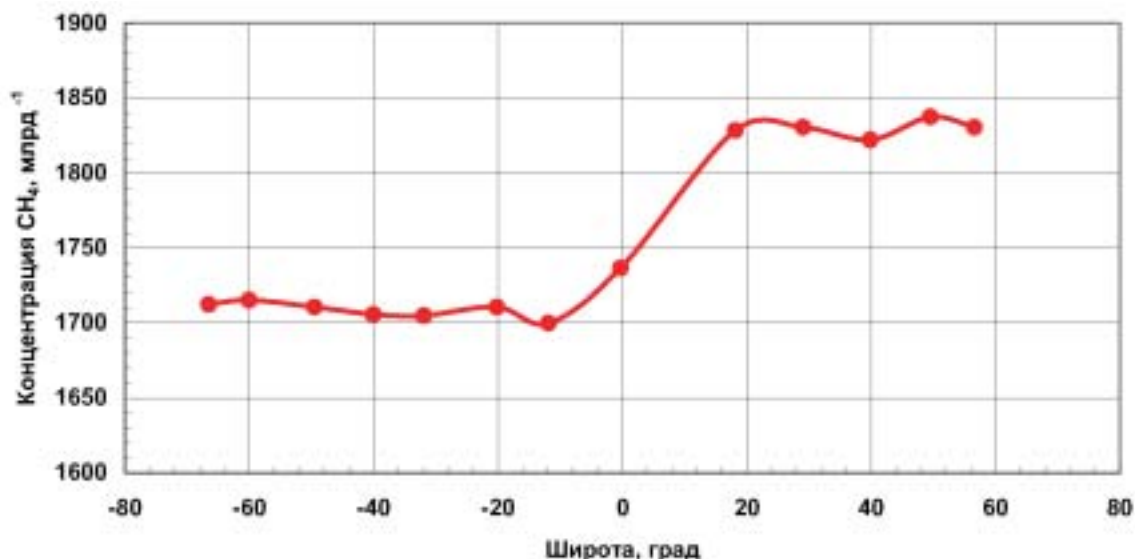


Рис. 1.8.6. Широтное распределение концентрации CH_4 над акваторией Атлантического океана

Впервые в практике российских исследований изменчивости парниковых газов в антарктическом регионе были получены данные о пространственном распределении концентрации CO_2 и CH_4 в акватории океана вдоль побережья Антарктиды. Результаты измерений примерно на одной широте и на долготах от 7 до 55° в.д. представлены на рис. 1.8.7 и 1.8.8. Здесь же приведены данные, полученные на станции Новолазаревская.

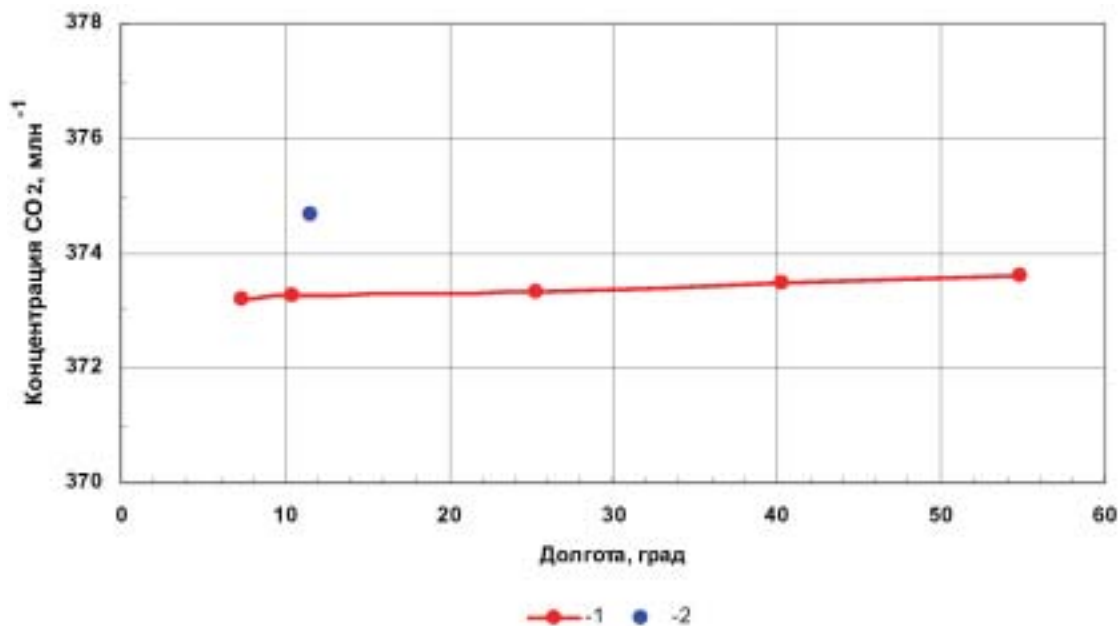


Рис. 1.8.7. Концентрации CO_2 в акватории океана вдоль побережья Антарктиды – 1, на станции Новолазаревская – 2

Как видно из этих данных, концентрации CO_2 и CH_4 в акватории океана вдоль побережья Антарктиды меняются в незначительных пределах, но на ст. Новолазаревская зарегистрированы более высокие значения концентраций. Превышение составляет 1,2 млн⁻¹ и 8 млрд⁻¹ для CO_2 и CH_4 соответственно. Аналогичный результат отмечается при сравнении данных, полученных на ст. Новолазаревская по измерениям концентрации CO_2 и CH_4 в столбе атмосферы и в приземном слое и на станциях мониторинга Глобальной службы атмосферы. Предполагается, что это превышение может быть свя-

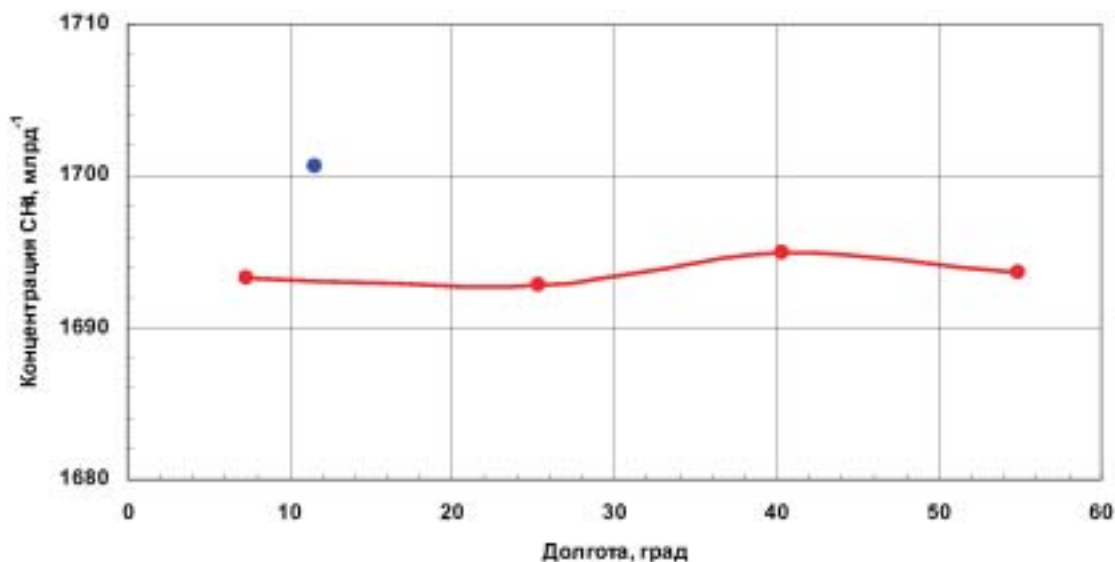


Рис. 1.8.8. Концентрации CH₄ в акватории океана вдоль побережья Антарктиды – 1, на станции Новолазаревская – 2

зано с расположением ст. Новолазаревской на открытом грунте, являющемся потенциальным источником углекислого газа и метана.

Вариации общего содержания озона в южной и северной полярных областях

Результаты измерений содержания озона в южной и северной полярных областях выявили тенденцию к его уменьшению с начала восьмидесятых годов, особенно значительную весной в Антарктиде. Различия между величиной общего содержания озона в Антарктике и Арктике связаны со спецификой циркуляционных процессов над каждым из полюсов.

На рис. 1.8.9 приведена межгодовая изменчивость ОСО на Антарктических станциях и станциях, расположенных на побережье и островах Северного Ледовитого океана. Из рисунков следует, что разброс экстремальных значений ОСО на арктических станциях существенно меньше, чем в Антарктике. Если по данным арктических станций он не превышает 104 е.Д (рис. 1.8.9), то в Антарктиде – 209 е.Д. Если рассматривать изменения ОСО за весь период наблюдений, то можно свидетельствовать о наличии отрицательного тренда ОСО, проявившегося как в Арктике, так и в Антарктике. Однако в

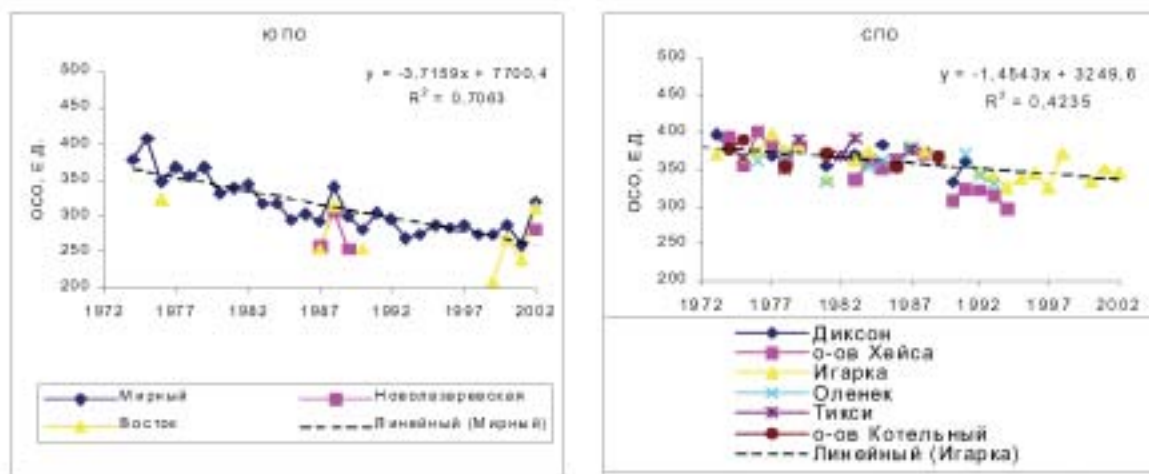


Рис. 1.8.9. Межгодовая изменчивость общего содержания озона на российских станциях в Антарктиде и Северном Ледовитом океане

Антарктике падение ОСО проявляется гораздо более резко и тренд более значим (величина параметра $R^2 = 0,71$) по сравнению с Арктикой, где величина параметра R^2 составляет 0,42–0,44.

В силу больших топографических различий в северном полушарии существует большой контраст в температурах над сушей и морем, в результате повышается активность и повторяемость планетарных волн. В поле ветра преобладает меридиональная составляющая, что способствует перемешиванию тропического и полярного воздуха. В Арктической стратосфере не образуются экстремально низкие температуры, характерные для Антарктической стратосферы весной. Богатые озоном воздушные массы верхней стратосферы над тропиками опускаются и движутся к полюсу зимой. Озон аккумулируется в полярных районах. Кроме того, в дополнение к более высоким температурам, большее перемешивание воздуха полярных и средних широт приводит к меньшей химической изоляции воздуха внутри циркумполярного вихря.

В южном полушарии, наоборот, отсутствие значительных различий в топографии и слабый контраст в температурах над сушей и морем приводят к значительно меньшей активности планетарных волн. Преобладает зональное (с запада на восток) направление ветра и значительно меньшее перемешивание воздуха с севера на юг. Антарктическая стратосфера к середине зимы очень сильно изолирована от внешних влияний, поэтому Антарктический циркумполярный вихрь охлаждается до экстремально низких температур. Такие низкие температуры способствуют формированию полярных стратосферных облаков, на которых весной с появлением Солнца происходят химические реакции, приводящие к разрушению озона и образованию ВОАА.

Трехмерные поля озона в южной полярной области по результатам спутниковых измерений в период, предшествующий образованию весенней озоновой антарктической аномалии

Исследование изменчивости поля озона проведено по результатам спутниковых измерений аппаратурой CRISTA, установленной на платформе ASTRO-SPAS, которая выводится на орбиту с помощью космического челнока Space Shuttle. Данные, полученные аппаратурой CRISTA, включают пространственно-временное распределение содержания малых газовых составляющих атмосферы, в том числе и озона, температуры и давления. Измерения относятся к периоду с 4 по 12 ноября 1994 г. и с 8 по 16 августа 1997 г. и по времени следуют за и предшествуют возникновению ВОАА.

Результаты анализа пространственно-временного распределения озона показали, что только в Антарктиде во время ВОАА наблюдается провал в максимуме (двумодаль-

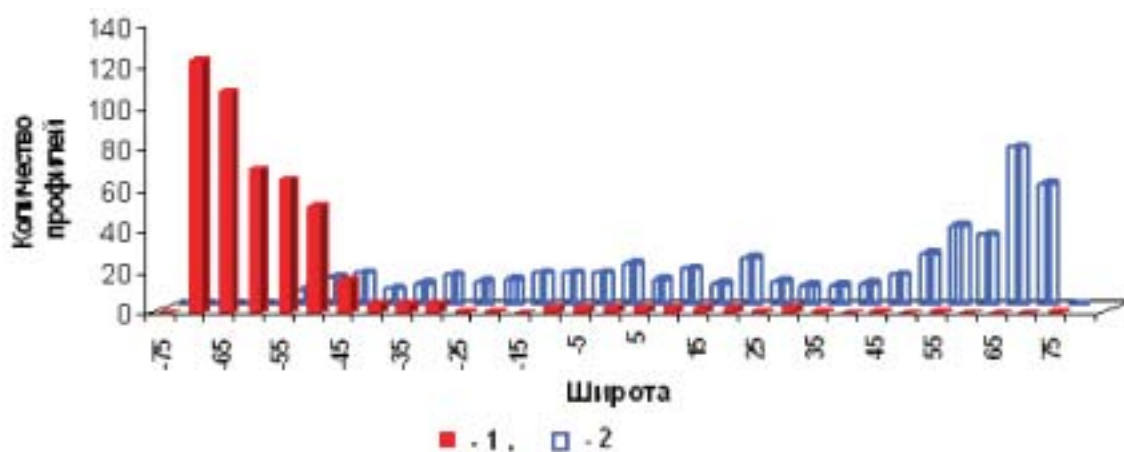


Рис. 1.8.10. Повторяемость двумодальных профилей по широте. 1 – 1997 г., 2 – 1994 г.

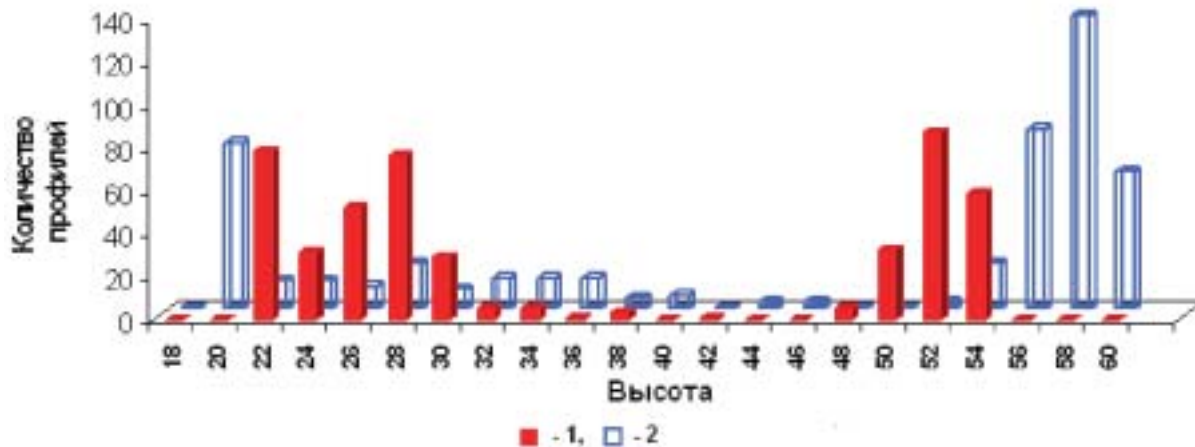


Рис. 1.8.11. Повторяемость высоты двумодальных профилей.
1 – 1997 г., 2 – 1994 г.

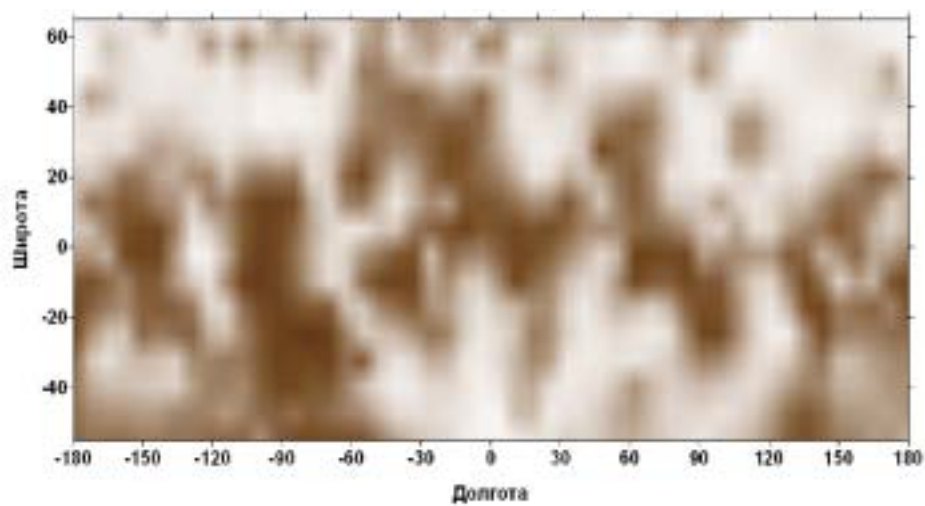


Рис. 1.8.12. Географическое распределение высот профилей в 1994 г.

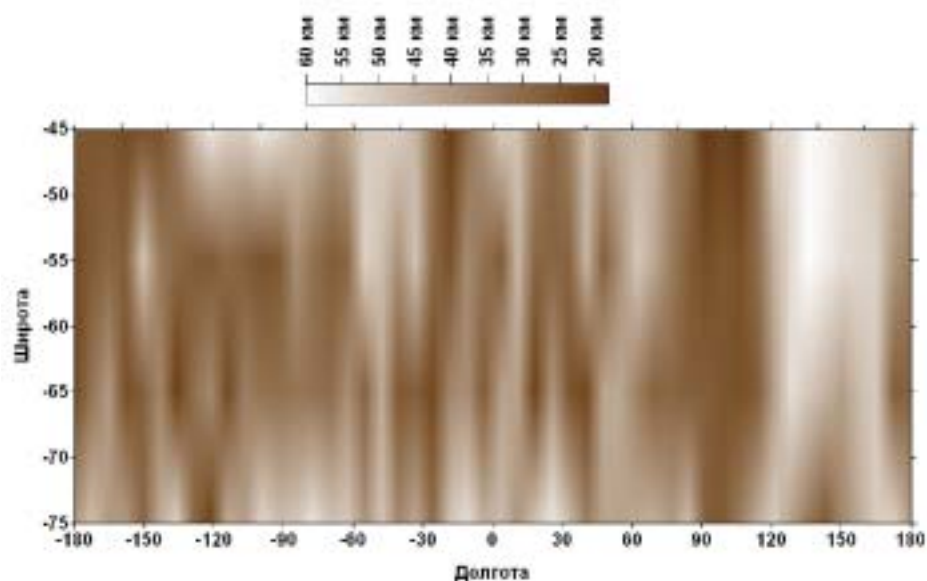


Рис. 1.8.13. Географическое распределение высот профилей в 1997 г.

ность) вертикального распределения отношения смеси озона. Для изучения возможной связи возникновения двумодальных вертикальных распределений отношения смеси озона и возникновения ВОАА были проанализированы все профили, полученные до начала ВОАА (1997 год) и после окончания ВОАА (1994 г.). Географическая повторяемость двумодальных профилей иллюстрируется рис. 1.8.10. Видно, что подавляющее большинство профилей в 1997 г. (до наступления ВОАА) расположены во внетропических широтах южного полушария, в то время как распределение профилей в 1994 г. (после ВОАА) существенно ближе к равномерному с провалом в южной полярной области и выбросом в северной.

Повторяемость высоты двумодальных профилей (под высотой профиля понимается высота, на которой расположен минимум отношения смеси, разделяющий два максимума) имеет две особенности. Во-первых, в обоих случаях оно является двухмодовым (рис. 1.8.11), во-вторых, если географическое распределение высоты в 1994 г. является квазислучайным (рис. 1.8.12), то в 1997 г. оно сильно упорядочено вдоль меридианов (рис. 1.8.13). Таким образом, результаты свидетельствуют, что начало ВОАА возникает примерно на месяц раньше, чем это предполагалось и на гораздо больших высотах, чем оно традиционно наблюдалась.

Из рис. 1.8.10 также видно, что начальная фаза образования ВОАА затрагивает гораздо большую широтную зону, чем его основная фаза. Очевидно, дальнейшее развитие ВОАА может осуществляться только в специфических условиях изолированной воздушной массы циркумполярного вихря. Важное обстоятельство начальной фазы развития ВОАА состоит в том, что она имеет место и в тех широтных зонах, где в это время наблюдается полярная ночь.

Для выяснения возможности обусловленности наличия двумодальных профилей прямым разрушением озона на поверхности аэрозольных частиц различной природы рассмотрены широтно-высотные распределения аномалий температуры воздуха (рис. 1.8.14).

Почти во всем широтно-высотном диапазоне аномалии невелики и могут быть объяснены естественными вариациями температуры, а также тем обстоятельством, что дан-

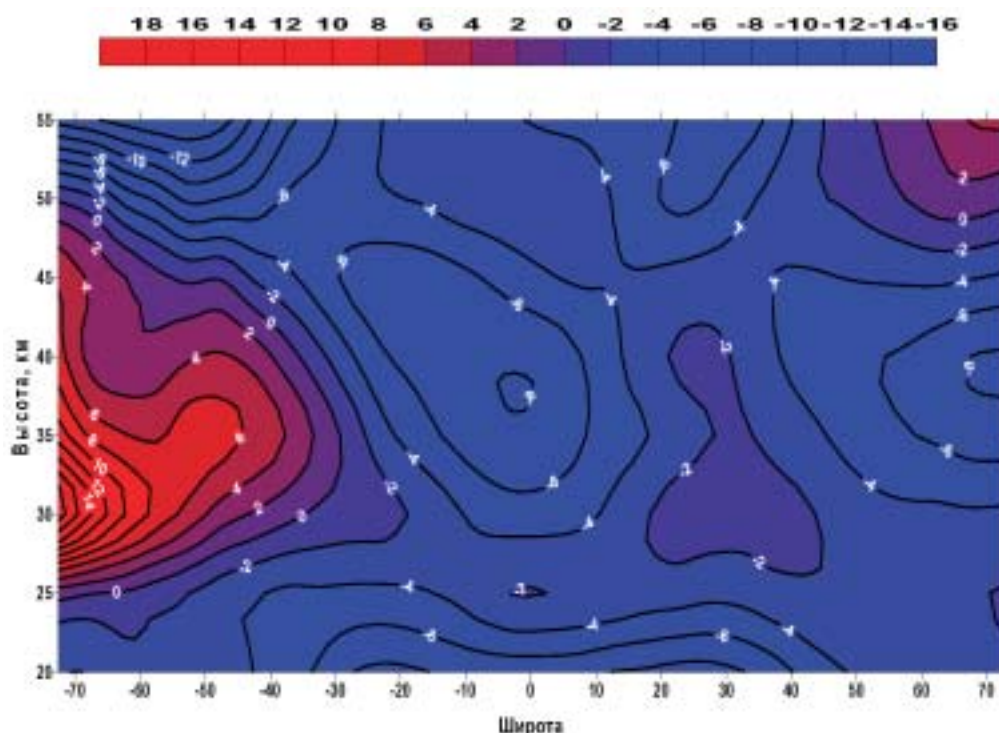


Рис. 1.8.14. Широтно-высотный разрез аномалий температуры воздуха в 1997 г.

ные осреднены за 8 суток. Исключение составляют только два диапазона высот около 30–35 и 50–55 км в полярных и приполярных широтах южного и северного полушарий. Видно, что наибольшая плотность двумодальных профилей расположена именно под областью сильных аномалий температуры, а знак аномалий указывает на существование нисходящих гиперстратосферных движений на протяжении анализируемого периода.

Модельная ассимиляция результатов измерений газового состава в атмосфере Антарктики

Модельная ассимиляция осуществлялась с использованием разработанной трехмерной модели газового состава нижней и средней атмосферы (0–90 км). Процесс ассимиляции данных измерений заключался в пошаговой инициализации модели на основании данных спутниковых измерений, путем объективного сравнения результатов моделирования и данных наблюдений. Для создания новых начальных значений для каждого последующего временного шага модели методом оптимальной интерполяции осуществлялось «смешивание» результатов расчетов и измерений на основании оценивания относительных ошибок моделирования и наблюдений и, на основании этих оценок, вычисления весов для каждого измерения и модельного расчета.

По результатам сравнения результатов моделирования и спутниковых наблюдений оценивались ассоциативные ошибки измерений, а также результатов модельных расчетов, откорректированных путем ассимиляции данных измерений, в соответствии с методикой, разработанной в рамках выполнения настоящего проекта. Для вычисления ассоциативных ошибок результаты каждого измерения сравнивались с результатами анализа, представляющего собой смесь моделирования и измерений с весами, определяющимися точностью измерений и моделирования.

На базе использования ассоциативных ошибок и результатов моделирования для 19 лет измерений (1985–2003 гг.), для каждого месяца, высоты и широты были вычислены относительные веса измерений и моделирования, которые использовались для получения композиционного распределения содержания антарктического озона. Сравнение изменчивости содержания озона от года к году позволило оценить степень влияния естественных и антропогенных факторов на образование ВОАА. По результатам проведенного исследования получены следующие результаты:

- выделены квазидвухлетние осцилляции в среднегодовом содержании озона в атмосфере Антарктики и предположено, что наблюдаемые периодически годы со слабо-выраженной ВОАА являются результатом квазидвухлетней цикличности динамических и радиационных факторов;
- одиннадцатилетний цикл солнечной активности может оказать существенное влияние на формирование и интенсивность образования ВОАА в Антарктиде;
- вулканические выбросы сульфатного аэрозоля, являющиеся существенным фактором сокращения среднеширотного содержания озона, в антарктической атмосфере играют меньшую роль на фоне доминирования динамических и радиационных факторов;
- регулирование антропогенных выбросов хлорфторуглеводородов (фреонов и галлонов) пока не оказывает существенного влияния на антарктический озон;
- на основании модельных экспериментов выдвинута гипотеза об определяющем влиянии динамики атмосферы и времени весеннего потепления стратосферы на разрушение циркумполярного вихря и содержание антарктического озона.

Гидродинамические факторы формирования весенней озоновой антарктической аномалии

Продолжено изучение особенностей макротурбулентного меридионального переноса в стратосферном циркумполярном вихре как возможного механизма формирова-

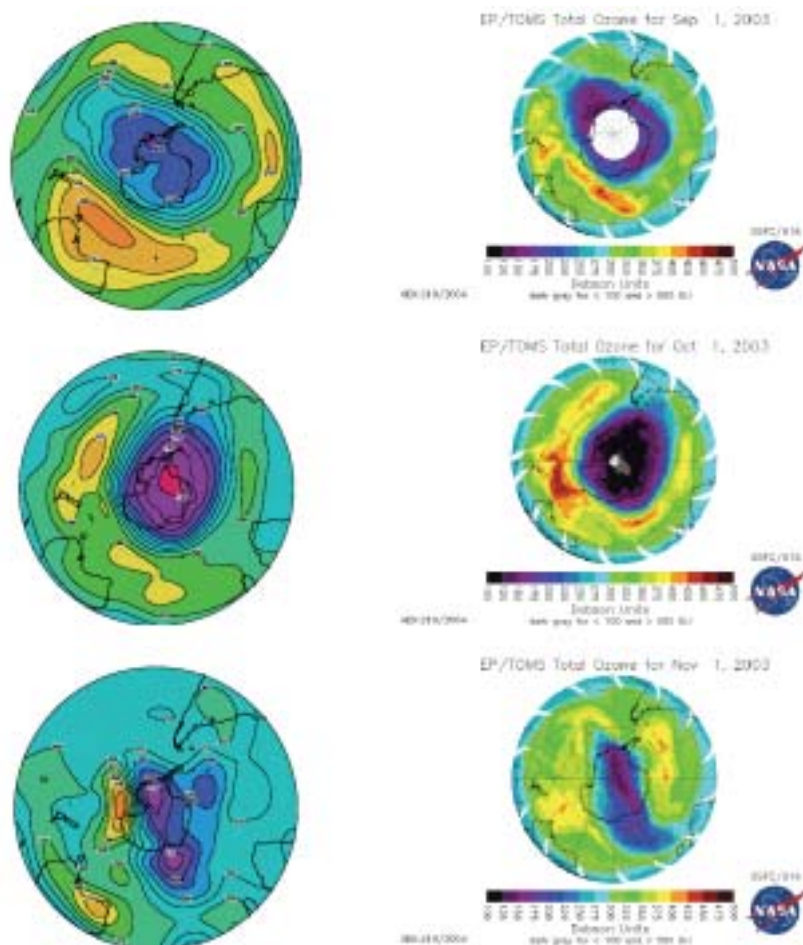


Рис. 1.8.15 Результаты расчетов в сравнении с данными измерениями TOMS эволюции контуров «озоновой дыры» и ОСО

ния ВОАА над Антарктикой. Получены оценки корреляционной связи между коэффициентами макротурбулентного меридионального переноса K^T и изменением концентрации озона и площадью ВОАА в южной полярной области. Коэффициент корреляции между значением K^T_y и минимумом озона над Антарктидой за период 1978–2004 гг. составил $0,6 \pm 0,1$, соответственно с площадью ВОАА $\sim 0,7 \pm 0,1$.

Результаты моделирования изменчивости ОСО в антарктической атмосфере в весенний период 1992–2002 гг. показали возможности разработанной в ГГО траекторной фотохимической модели, входными параметрами которой являлись данные Метеорологической Службы Великобритании (UKMO Assimilation Data). Модель использована для анализа результатов измерений вертикального профиля озона на отдельных станциях и получения широтно–долготных распределений газов в слое стратосферы 15–27 км.

Сравнение результатов расчетов содержания озона в слое 15–27 км со спутниковыми измерениями TOMS показало достаточно хорошее совпадение модельных контуров ВОАА и полученных их измерений. Менее удачно воспроизводятся в модели локальные максимумы озона в районе границы циркумполярного вихря. Связано это с тем, что использование траекторной фотохимической модели ограничено сравнительно небольшим промежутком времени существования устойчивого циркумполярного вихря, поскольку в основе ее лежит предположение об изолированности переносимых воздушных масс. Такое условие со временем нарушается, так как происходит их перемешивание.

В связи с этим в дополнение к траекторной фотохимической модели разрабатывается глобальная трехмерная транспортно–фотохимическая модель. Их сочетание улуч-

шает качество результатов расчетов, поскольку используются трехмерные распределения малых газовых составляющих атмосферы.

На рис. 1.8.15 приведены результаты расчетов в сравнении с данными измерениями TOMS для сентября–ноября 2003 г. В целом видно неплохое совпадение контуров ВОАА и изменения ОСО в этот период. Совпадение мелкомасштабных максимумов выражено слабее, что может быть связано как с довольно грубым разрешением модели, так и с погрешностями определения вертикальных скоростей в данных реанализа UKMO.

Ниже суммированы основные результаты работ по перечисленным направлениям исследований, полученные в 2004 г.

Подготовлены и отправлены в Антарктиду модернизированные озонметры М-124 и следящая система к комплексу аппаратуры для измерений парниковых газов в столбе атмосферы. Получены новые экспериментальные данные о содержании в атмосфере Антарктики озона, водяного пара, углекислого газа, метана и окиси углерода.

Результаты измерений общего содержания озона на Российских антарктических станциях подтверждают наличие в Антарктиде в 2003 и 2004 годах ВОАА. Весной 2003 г. наблюдалась ВОАА большой площади и интенсивности, содержание озона в конце сентября – начале октября опускалось в Антарктиде ниже 100 е.Д., а площадь 24 сентября была второй по величине за всю историю наблюдений. Весной 2004 года площадь ВОАА была существенно меньше, чем в предыдущем году, а величины ОСО близкие к 100 е.Д. отмечались только короткое время в начале октября.

Результаты измерений на ст. Новолазаревская содержания парниковых газов в столбе атмосферы подтверждают полученную ранее сезонную изменчивость водяного пара и окиси углерода. По результатам измерений в акватории океана получен широтный ход концентрации CO_2 и CH_4 . Сравнение с данными сети станций наблюдения показало стабильность роста концентрации CO_2 ($1,5 \text{ млн}^{-1}/\text{год}$) и практически неизменность концентрации CH_4 . Результаты измерений, полученные при плавании судна вдоль побережья Антарктиды, указывают на слабую зависимость концентраций CO_2 и CH_4 от долготы. В это же время на ст. Новолазаревская зарегистрированы более высокие концентрации. Превышение составляет $\sim 1,2 \text{ млн}^{-1}$ и $\sim 8 \text{ млрд}^{-1}$ для CO_2 и CH_4 соответственно.

Сравнительный анализ фактических данных о содержании озона в северной и южной полярных областях показал уменьшение общего содержания озона в этих районах с семидесятых годов прошлого века, наиболее значимое в Антарктиде. В весенний период 1992–1997 гг. над Арктикой также было отмечено уменьшение содержания озона, которое, однако, не сравнимо с уменьшением содержания озона весной в Антарктиде.

Образование двумодальных профилей отношения смеси озона, характерных для ВОАА имеет место в небольших количествах за несколько недель до начала ВОАА на высотах, значительно превышающих те, на которых наблюдается минимум отношения смеси во время ВОАА. Примерно на этих же высотах формируются и сильные нисходящие токи, способные доставить за 3–4 недели на уровень максимума парциального давления озона. Ввиду существования на высотах 20–30 и 50–55 км значительных аэрозольных образований предположение о прямом разрушении озона на поверхности аэрозольных частиц представляется более правдоподобным, чем гетерофазный вариант фреоновой версии, т.к. последний не может реализоваться в условиях полярной ночи.

Разработана глобальная трехмерная транспортно-фотохимическая модель, которая учитывает основные процессы, формирующие газовый и аэрозольный состав атмосферы: атмосферные фотохимические реакции (как газофазные, так и гетерогенные), радиационные процессы, перенос воздушных масс, гравитационное оседание, вымывание примесей облаками и осадками. На ее основе проведено моделирование формирования ВОАА весной 2003 г. Сопоставление расчетов с данными TOMS показало достаточно хорошее совпадение формы ВОАА в модели и в измерениях, особенно в сен-

тябре-октябре. При этом модель несколько завышает значения ОСО в минимуме (на 25–50 е.Д.). Максимумы ОСО совпадают не всегда, особенно если они мелкомасштабные. В ноябре, при разрушении циркумполярного вихря, совпадение модельных результатов с данными измерений ухудшается.

1.9. ПРОЕКТ 9 (ТЕМА РОСГИДРОМЕТА 2.2.5.2).

«ИССЛЕДОВАТЬ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ АЭРОЗОЛЬНО-ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АТМОСФЕРЫ И СОСТАВЛЯЮЩИХ РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА НАД АНТАРКТИКОЙ»

Одной из главных проблем современной метеорологии является изучение естественных и антропогенных изменений климата Земли. При этом одним из важнейших климатообразующих факторов является радиационный режим полярных областей. Отсюда вытекает большое практическое значение изучения этого режима. Кроме того, следует учитывать тот факт, что радиационный климат Антарктики в значительно меньшей степени подвержен антропогенным воздействиям, чем климат любого другого региона Земли, поэтому очень актуально его изучение для анализа естественных изменений климата.

Регулярные актинометрические наблюдения на Антарктическом континенте были начаты еще в конце пятидесятых годов, но только в последние годы в рамках темы был создан на техническом носителе архив актинометрических данных российских антарктических станций, в который вошла вся имеющаяся в фондах ААНИИ информация о параметрах радиационного режима Антарктиды. Этот архив в 2004 г. был пополнен данными измерений на российских станциях в 2001–2002 гг.

Выполнен статистический анализ радиационного режима и характеристик рассеяния света в атмосфере.

Для анализа параметров радиационного режима мы использовали собранные в созданном нами архиве данные о суточных суммах параметров радиационного баланса. Все более ранние исследования характеристик радиационного режима на российских антарктических станциях базировались, в основном, на месячных суммах соответствующих характеристик, либо на коротких рядах измерений. Мы же исследовали ряды суточных сумм прямой, рассеянной, суммарной радиации и радиационного баланса за весь имеющийся к настоящему времени период наблюдений, начиная с пятидесятых годов прошлого века. Кроме того, нами был использован математический аппарат определения характеристик непрерывной продолжительности (характеристик выбросов случайных процессов). Эти характеристики позволяют провести более полный анализ исследуемых рядов и могут быть использованы в гелиоэнергетике, при оценке воздействия на здания и механизмы при их проектировании.

При разработке методов определения характеристик непрерывной продолжительности метеоэлементов мы использовали подход, в основе которого лежит интерпретация временных метеорологических рядов как случайных функций от временного параметра t . Впервые математическая постановка задачи об определении характеристик непрерывной продолжительности (характеристик выбросов случайных процессов) была осуществлена в области статистической радиотехники, где и было сформулировано исходное понятие «выброс».

Фактически мы обычно располагаем дискретными данными о метеоэлементе, поэтому мы рассматривали характеристики выбросов для случайных последовательностей (случайных функций от временного параметра, принимающего дискретное множество значений).

Под выбросом вверх через заданный уровень C понимается пересечение последовательностью этого уровня снизу вверх. При этом будем считать, что выброс последовательности X вверх через уровень C происходит в момент времени $(k+1/2)$, если выполняется условие

$$x(k) < C, x(k+1) > C.$$

При теоретических оценках этого условия достаточно. При практической реализации не является нулевой вероятностью касания уровня двумя или большим числом соседних членов. Нами для таких случаев задавалось условие вида

$$x(k) < C, x(k+1) = C, \dots, x(k+l) = C, x(k+l+1) > C,$$

причем выброс в таких случаях относился к моменту времени $(k+1)$.

Аналогично будем считать, что выброс последовательности сверху вниз (выброс вниз) происходит в момент $(k+1/2)$, если

$$x(k) > C, x(k+1) < C,$$

и в момент времени $(k+1)$, если

$$x(k) > C, x(k+1) = C, \dots, x(k+l) = C, x(k+l+1) < C.$$

Под продолжительностью выброса вверх через уровень понимается интервал времени между моментом выброса вверх через этот уровень и последующим выбросом вниз. Аналогично под продолжительностью выброса вниз понимается интервал времени между моментом выброса вниз через уровень и ближайшим выбросом вверх.

На рис. 1.9.1 для примера представлена зависимость от уровня числа выбросов вверх суточных сумм суммарной радиации в январе.

В большинстве случаев число выбросов вверх и вниз через уровень не совпадает между собой. В месяцы, когда имеет место рост радиации от начала к концу месяца, число выбросов вверх больше, чем вниз. В месяцы, характеризующиеся падением радиации соотношение обратное. В весенние и летние месяцы разница между числом выбросов вверх и вниз не велика. Это говорит о заметном нарушении стационарности ря-

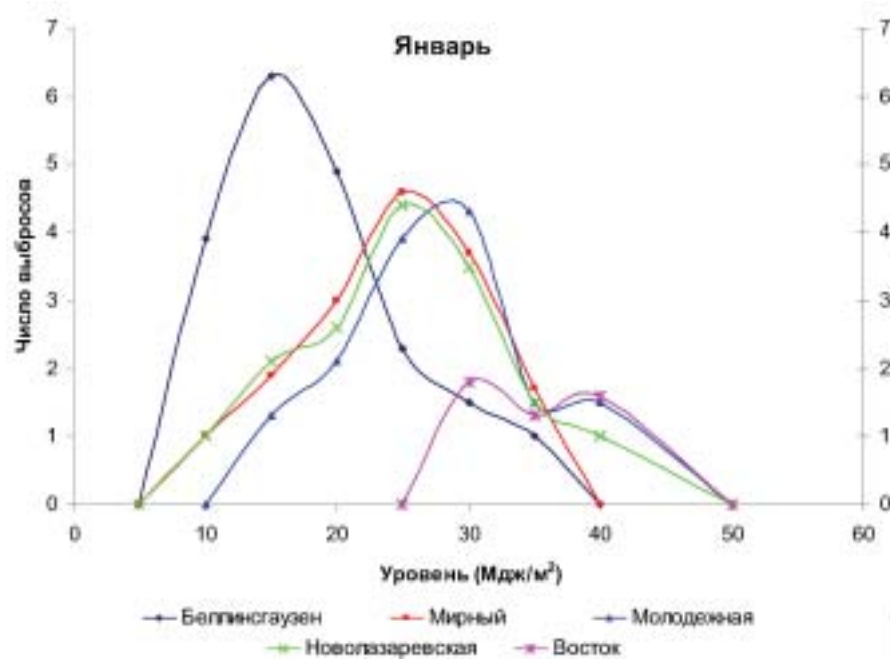


Рис. 1.9.1. Число выбросов суточных сумм суммарной радиации вверх через абсолютные уровни

дов суммарной радиации в холодное время года в связи с резко выраженным внутримесячным изменением радиации.

Поскольку максимальное число выбросов отмечается через уровни близкие к норме сравнивать характеристики выбросов для станций, расположенных на различной широте, достаточно сложно. Поэтому, помимо выбросов через абсолютные уровни, мы анализировали также выбросы через относительные уровни, отстоящие от нормы на величину кратную среднеквадратическому отклонению рассматриваемого параметра.

Выполнен статистический анализ полных и аэрозольных индикатрис рассеяния света, измеренных на станции Мирный и в акватории Южного океана. Показано, что полные индикатрисы рассеяния могут быть описаны с погрешностью менее 1% двумя членами разложения индикатрисы по собственным векторам. Отмечен высокий уровень корреляции между собой угловых коэффициентов рассеяния аэрозольной и полной индикатрисы рассеяния света (0,67–0,75), а также корреляции логарифмов угловых коэффициентов рассеяния с абсолютной и относительной влажностью воздуха (0,6–0,65).

Важной остается проблема обработки и интерпретации спутниковых данных, особенно актуальных для изучения таких трудно доступных районов, как Антарктида.

Получены новые результаты анализа спутниковых данных с помощью усовершенствованных методик и алгоритмов вычисления компонент радиационного баланса. В ГГО в текущем году была разработана программа последовательного пространственно-временного осреднения составляющих радиационного баланса по данным зондирования спутником «Метеор-3». Выполнены расчеты среднемесячных значений параметров радиационного баланса, и построены карты их распределения на территории Антарктики в декабре 1994 года. На рис. 1.9.2 приведена карта распределение над Антарктикой суммарной радиации, полученная по спутниковым данным. Были также произведены сравнения составляющих радиационного баланса, рассчитанных по спутниковым и актинометрическим данным.

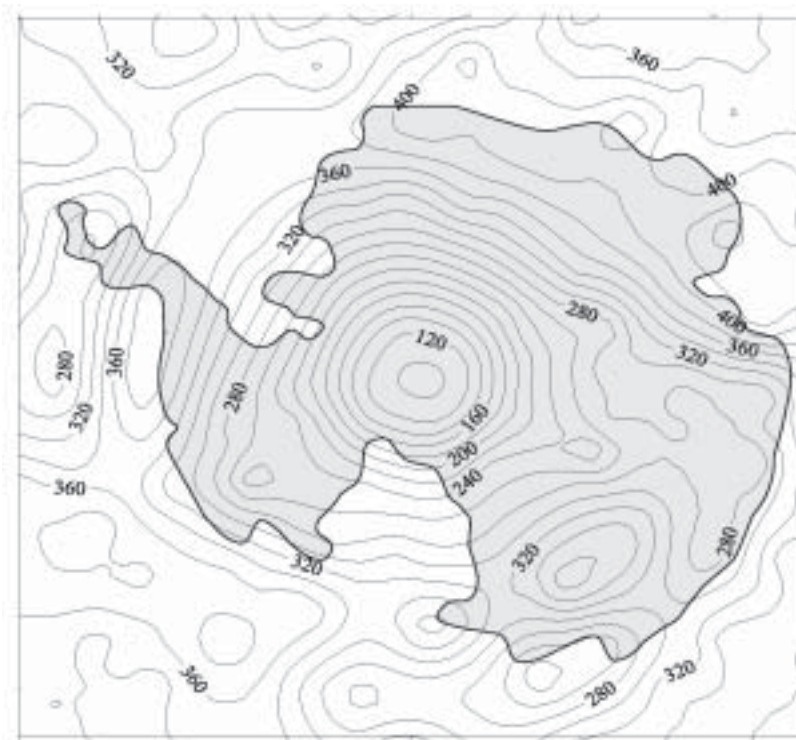


Рис. 1.9.2. Среднемесячные значения суммарной радиации ($\text{Вт}/\text{м}^2$) в декабре 1994 г. по данным спутника «Метеор-3»

В ходе работы над проектом в 2004 г. были получены следующие основные результаты:

1. Архив актинометрических данных российских антарктических станций пополнен данными за 2001 и 2002 гг.

2. Впервые проведен статистический анализ рядов суточных сумм параметров радиационного баланса по данным измерений за весь период наблюдений, начиная с пятидесятых годов прошлого века. Выполнены расчеты и анализ характеристик непрерывной продолжительности (характеристик выбросов) рядов суточных сумм прямой солнечной радиации, поступающей на перпендикулярную поверхность, и суммарной радиации. Проанализирована специфика как величины, так и изменчивости потоков различных видов радиации в Центральной Антарктиде, на побережье материка и на побережье Антарктического полуострова. Оценены различия в распределениях параметров радиационного баланса, числе и продолжительности выбросов через различные уровни на различных станциях.

3. Проведен статистический анализ полных и аэрозольных индикатрис рассеяния света, измеренных на станции Мирный и в акватории Южного океана.

4. Разработана программа последовательного пространственно-временного осреднения составляющих радиационного баланса по данным зондирования спутником «Метеор-3». Произведен расчет среднемесячных значений радиационного баланса, построены карты среднемесячных значений альбедо, суммарной радиации и радиационного баланса на территории Антарктики в декабре 1994 г. Получены количественные оценки сравнения составляющих радиационного баланса по спутниковым и актинометрическим данным.

1.10. ПРОЕКТ 10 (ТЕМА РОСГИДРОМЕТА 2.2.6.1).

«СОЗДАТЬ КОМПОНЕНТЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «АНТАРКТИКА», ЭЛЕКТРОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ПОСОБИЯ И СОВОКУПНОСТИ БАЗ И БАНКОВ ДАННЫХ, ОБОБЩАЮЩИХ ДАННЫЕ НАБЛЮДЕНИЙ В АНТАРКТИКЕ»

Цель разработки информационной системы «Антарктика» – объединить на функциональном уровне базы данных, методы и модели расчетов, стандарты и руководства, системные и прикладные программы в виде интегрированной информационной среды и, таким образом, создать надежный и эффективный инструмент, предназначенный для информационного обеспечения научных исследований и решения практических задач, связанных с природной средой Антарктики.

Геоинформационная система (ГИС) «Антарктика» – это совокупность технических и программных средств, реализующих идеи и методы автоматизации, которая определяет перевод в плоскость компьютерных технологий всех основных технологических процессов, реализующих полностью автоматизированную технологию сбора, хранения, обработки, отображения и распространения пространственно-координированной информации о состоянии природной среды антарктической области, необходимой для полноценной информационной поддержки при решении разного рода научно-прикладных задач исследователями Антарктики.

ГИС «Антарктика» создается в виде связанной информационной системы, состоящей из базового (основного) сегмента и локальных (независимых) сегментов. Важным направлением работ является развитие системы для работы в среде Интернет.

Работы 2004 г. являлись логическим продолжением исследований и разработок, выполненных в 1999–2003 гг. В работах по проекту участвовали сотрудники ААНИИ, ВНИИГМИ-МЦД и НИЦ «Планета».

Основными целями работ в 2004 г. являлись:

– развитие локального сегмента географической информационной системы (ГИС) «Антарктика» с применением коммерческих ГИС, СУБД и Интернет/интранет и создание действующей версии 2004 г., включая развитие и формирование специализированной БД;

– подготовка информации, необходимой для БД версии 2004 г.;

– проектирование и разработка макета Интернет-варианта ГИС «Антарктика»;

– наполнение банка данных по Антарктике новой цифровой спутниковой информацией, принятой в 2004 г.;

– построение новых фрагментов цифровой радиолокационной карты Антарктиды по архивным спутниковым данным Госфонда РФ, с учетом современных технологий обработки спутниковой информации и возможностей компьютерной техники;

– развитие специализированного раздела сайта ААНИИ в Интернет, представляющего подпрограммы «Антарктика» и Российскую Антарктическую Экспедицию;

– подготовка и издание бюллетеня «Состояние природной среды Антарктики.

В основе исследований использованы следующие методические подходы:

– применение современных информационных технологий в виде СУБД, ГИС и Интернет/интранет технологий для создания подсистемы обеспечения обобщенной и расчетной информацией;

– проектирование технологий на основе анализа требований пользователей такого рода информацией и др.

Работы в 2004 году позволили получить следующие основные результаты.

Получены новые проектно-технологические решения по развитию локального сегмента ГИС «Антарктика». Разработка ГИС «Антарктика» выполняется в клиент-серверной архитектуре. На уровне локального сегмента идет объединение мультимедийных интегрированных баз данных и программной части в виде набора прикладных задач (аналитических приложений). Действующие прикладные задачи разработаны как в виде ГИС-приложений в среде геоинформационной системы ArcView, так и в виде СУБД-приложений средствами объектно-ориентированных языков программирования.

В 2004 г. было проведено дальнейшее развитие блока визуализации результатов обработки гидрометеорологических данных.

В целом средства визуализации представляют собой основное программное средство подсистемы, которое обеспечивает подготовку требуемой фактической, климатической и иной сопутствующей информации о морской среде для представления в ГИС. В состав комплекса визуализации входят процедуры:

– формирование таблиц, графиков и карт по справочным сведениям;

– формирование данных в табличном, графическом и картографическом виде;

– формирование исходных/модифицированных данных в объявленных форматах обеспечения данными пользователей и формирования их в графическом виде.

В результате дальнейшей разработки этого блока, в частности, получена возможность отображения результатов не только по одному параметру или ряду, а по выбранному ансамблю данных или набору параметров (рис. 1.10.1).

В 2004 г. проводилось расширение базы данных системы, в т.ч. расширение БД локального сегмента по следующим разделам:

– гидрометеорологические данные (исходные и расчетные) по антарктическим станциям (в БД внесены характеристики основных метеопараметров);

– ледовые характеристики (7-дневные карты общей сплоченности) Антарктики, полученные НЛЦ США за 1973–1994 гг. в узлах 15-минутной сетки;

– гидрологические данные по температуре, солености и плотности морской воды по Южному океану за весь доступный исторический период;

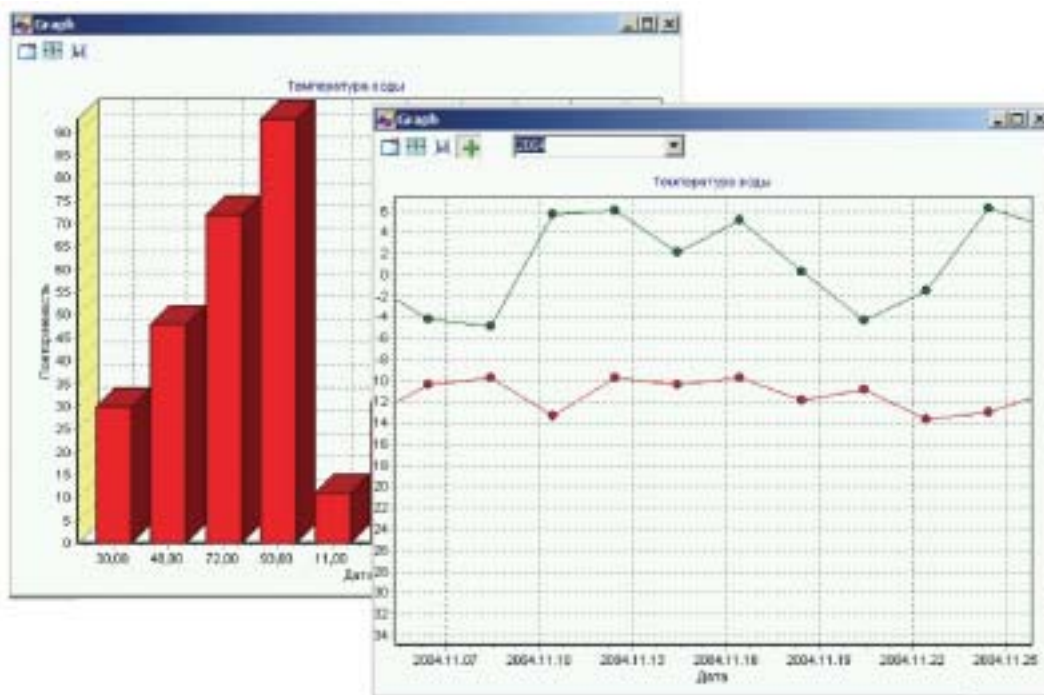


Рис. 1.10.1. Пример работы графической компоненты системы

Кроме того, произведено пополнение архива стандартных судовых ледовых наблюдений данными по морям Дейвиса и Моусона.

С учетом внедрения новых проектно-технологических решений и расширения базы данных создана действующая версия 2004 года локального сегмента географической информационной системы (ГИС) «Антарктика». Физическая реализация сегмента – две ПЭВМ в сети интранет, на одной расположена база данных, а на другой – программное обеспечение (программный комплекс) для выполнения всех сервисных функций локального сегмента ГИС «Антарктика». На рис.1.10.2 представлен образец работы локального сегмента с базой ледовых данных.

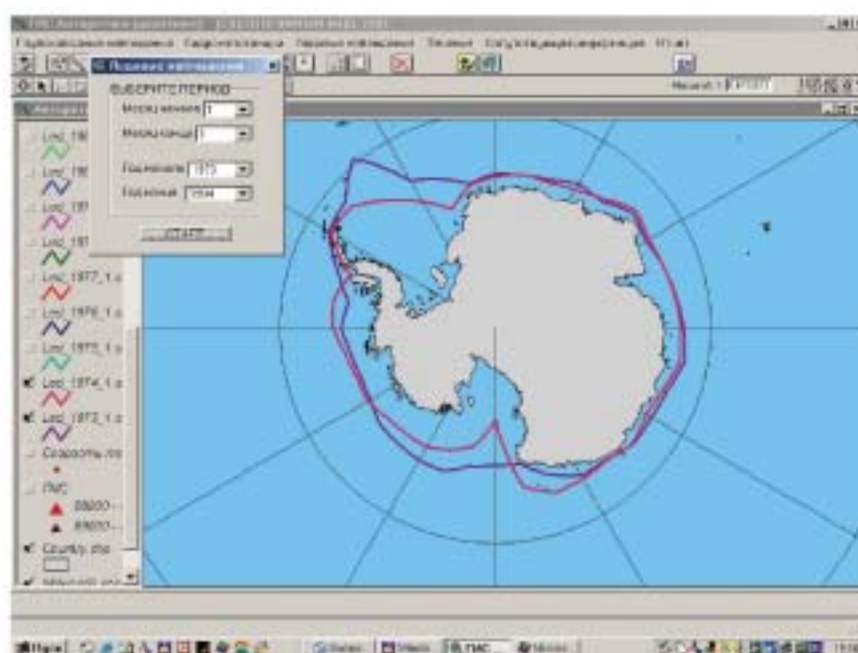


Рис. 1.10.2. Интерфейс работы с ледовыми данными

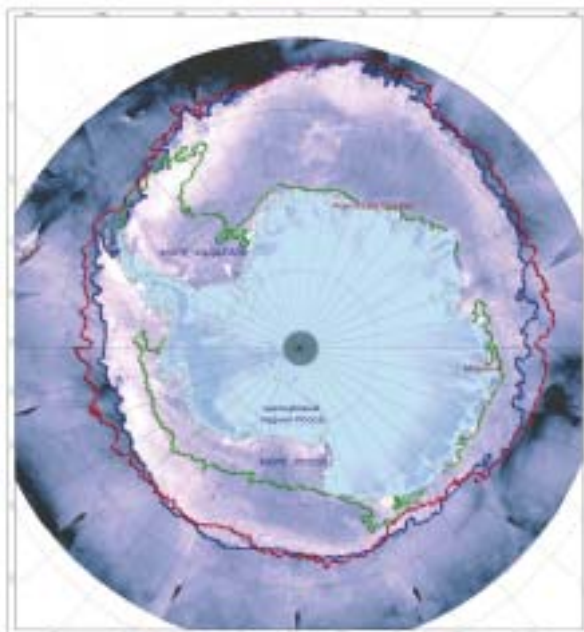


Рис. 1.10.3. Радиолокационное изображение Антарктики.

Показано положение кромки дрейфующего льда в марте, сентябре и ноябре 2004 г.

Параллельно с работой над локальным сегментом ГИС «Антарктика», было выполнено проектирование и разработан макет интернет-варианта ГИС «Антарктика» на базе ядра MapServer, а так же проведено апробирование этой технологии.

Продолжены работы по формированию и наполнению банка данных спутниковой информации по территории Антарктики. Единственным источником поступления в банк данных новой спутниковой информации по территории Антарктики с российских спутников в 2004 г. являлись данные со сканера высокого разрешения МСУ-Э ИСЗ «Метеор-3М». Пополнение банка данных из сети INTERNET производилось эпизодическими съемками антарктического континента с помощью данных микроволнового скаттерометра ИСЗ ERS-2. В частности, были получены радиолокационные изображения Антарктики в период максимального и минимального распространения дрейфующего льда вокруг антарктического континента (рис. 1.10.3). Формируемый банк данных был также дополнен серией спутниковых изображений (данные NOAA/AVHRR и TERRA/MODIS) по морю Уэдделла.

Второе направление работ по теме было связано с построением новых фрагментов цифровой радиолокационной карты Антарктиды по данным ИСЗ серии «Океан», с учетом современных технологий обработки спутниковой информации и возможностей компьютерной техники. В результате было построено 2 фрагмента радиолокационной карты Антарктиды, которые включают Антарктический полуостров и море Уэдделла (рис.1.10.4). Фрагменты радиолокационной карты имеют реальное пространственное разрешение (2 км). При их построении была применена технология бесшовного соединения радиолокационных изображений.

Построенные фрагменты являются существенным дополнением первой в мире цифровой радиолокационной карты Антарктиды, построенной по результатам съемки ИСЗ «Космос-1500», проведенной в январе—марте 1986 г.

Продолжена работа по представлению подпрограммы «Антарктика» и Российской Антарктической Экспедиции в Интернет, которая выполнялась в форме развития специализированного раздела сайта ААНИИ, выделенного в текущем году в отдельный виртуальный портал «Антарктика»— <http://south.aari.nw.ru>. Существенно расширены раз-

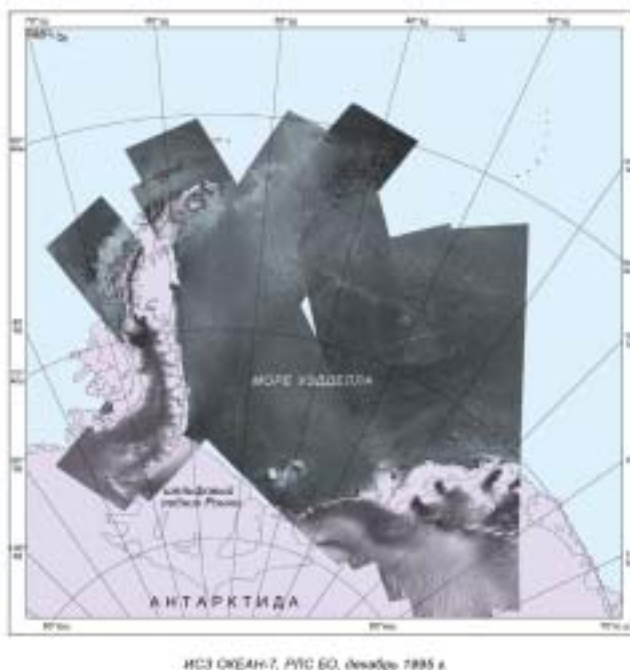


Рис. 1.10.4. Радиолокационная мозаика, море Уэдделла

делу портала по данным (метеорология и морской лед), нормативно-методической информации, справочной и иллюстративной информации (рис. 1.10.5).

Подготовлено четыре номера ежеквартального бюллетеня «Состояние природной среды Антарктики. Оперативные данные российских антарктических станций». В бюллетене публикуются среднемесячные данные наблюдений, проводящихся по стандартным программам на российских антарктических станциях, которые поступают в оперативном режиме по каналам спутниковой связи «ИНМАРСАТ». В процессе подготовки бюллетеня осуществляется контроль информации на наличие в ней грубых ошибок (главным образом, статистический контроль). Кроме постоянных разделов отдельные выпуски бюллетеня содержат информацию о различных исследованиях, выполняемых в российских антарктических экспедициях по специальным программам.



Рис. 1.10.5 Внешний вид информационного ресурса «База метаданных России по антарктической океанографии»

1.11 ПРОЕКТ 11 (ТЕМА РОСГИДРОМЕТА 2.2.7.1).

«ПРОВЕСТИ КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АНТАРКТИЧЕСКОЙ БИОТЫ»

Цель проекта – исследовать видовой состав, таксономическую и трофическую структуру морских, пресноводных и наземных экосистем Антарктики, оценить параметры биопродукционных процессов в водах Южного океана.

В 2004 г. продолжены фундаментальные исследования флоры, фауны, микробиоты и состояния биологических ресурсов Антарктики во всех участвующих в реализации данного проекта восьми научных учреждениях РАН, Росгидромета, Госкомрыболовства и Минобрнауки (ЗИН РАН, БИН РАН, ИО РАН, ИОЗ РАН, АНИИ, ВНИРО, Атлант-НИРО, СПбГУ). Были проведены следующие исследования антарктической биоты, носящие фундаментальный характер.

Полностью завершена инвентаризация коллекционных материалов рейса ледокола «Полярштерн» 2000 г. в море Уэдделла по следующим группам животных: фораминиферам, губкам, кишечнотелам, мшанкам, всем группам моллюсков, пелагических и донных ракообразных, офиурам, голотуриям, асцидиям, погонофорам и рыбам и продолжает проводиться таксономическая обработка этих материалов с целью полного выявления биологического разнообразия и структуры биценозов всей морской биоты моря Уэдделла.

Проведена ревизия диатомовых водорослей рода *Chaetoceros*, представители которого составляют существенную часть подледного – криопелагического сообщества и одну из главных групп фитопланктона пелагиали антарктических морей; всего выявлено 33 вида этих водорослей, из них 8 эндемичных видов. Составлены региональные и циркумантарктические списки представителей отдельных групп донных беспозвоночных животных: актиний, полихет, немертин, мизид, кумовых раков, моллюсков, голотурий, офиур, асцидий и других.

Проведен сравнительный анализ фауны донных беспозвоночных западной части моря Уэдделла, представлены наиболее полные данные о видовом составе свободноживущих беспозвоночных моря Уэдделла и проведено сравнение фауны этого моря и фауны ближайшего к нему Магелланова района. Показано нарушение известного правила Гумбольдта-Уоллеса, особенно сильно проявившееся в составе фауны нескольких групп: губки, голотурии, морские звезды, ежи и морские пауки. Последний феномен объясняется многоярусностью поселений донных беспозвоночных моря Уэдделла и увеличением числа экологических ниш, в результате чего происходит резкое увеличение видового разнообразия донных биоценозов моря Уэдделла.

Фауна Магелланова района представляется как переходная от низкоширотной тепловодной фауны Южной Америки к высокоширотной холодноводной фауне Антарктики, но среди хитонов в ее составе присутствуют представители преимущественно тропических родов *Chiton*, *Tonicia*, *Ischnochiton*, *Plaxiphora* и *Callochiton*, есть представители широко распространенных в Мировом океане родов *Leptochiton* и *Stenosemus* и есть, наконец, несколько видов родов, распространенных преимущественно в Магеллановом районе или в зоне действия Течения Западных Ветров (*Nuttallochiton* и *Hemiarthrum*). Относительно быстрой адаптации тепловодных элементов к холодноводным условиям, по-видимому, способствует плавный, постепенный ход изменения температуры вдоль тихоокеанского побережья Южной Америки, что явилось причиной существования типично Антарктических птиц – пингвинов на экваторе, на Галапагосских островах и представителей целого ряда преимущественно тропических родов не только среди панцирных моллюсков, но и среди всей морской фауны в холодноводном Магеллановом районе.

Предложена гипотеза, объясняющая второй феномен моря Уэдделла – высокую биомассу в донных сообществах. Согласно гипотезе существование круговорота Уэд-

делла приводит к существенному увеличению периода года, в течение которого донные сообщества получают обильное снабжение органическим веществом в виде живого и отмершего фито- и зоопланктона. Накапливая в себе органику, донные сообщества служат своего рода аккумулятором всей экосистемы моря Уэдделла и прилежащих с севера частей Южного океана, включаемых в круговорот Уэдделла. Биогенные вещества, получаемые в результате деструкции органики донных сообществ, поступают в круговорот Уэдделла с юга из моря Уэдделла, таким образом, поддерживая высокий уровень продукции всей системы.

Проведено изучение таксономического состава фауны донных беспозвоночных, в первую очередь, малакофауны, обнаруженной на плавающих ризоидах водорослей–келпов в районе о-ва Юж. Георгия и Патагонского шельфа, что представляет интерес для разработки и решения ряда спорных проблем морской биогеографии. Около 400 экземпляров моллюсков, собранных с ризоидов в районах Патагонского шельфа и о-ва Юж. Георгия, принадлежат 51 виду из 35 родов, 24 семейств и 15 отрядов. Материалы позволили еще раз показать значительную роль плавающих водорослей–келпов и их фрагментов в расселении донных беспозвоночных, в частности, малоподвижных моллюсков, не имеющих свободно плавающей личинки. Потенциальными путешественниками среди моллюсков становятся, как правило, обитатели именно водорослей. Показано, что многие из них имеют приспособления, позволяющие выживать в необычных условиях дрейфа у поверхности. Примерно 67 % видов из района о-ва Юж. Георгия представлены ювенильными формами, из них в 16 % случаев ювенильные формы найдены одновременно со взрослыми моллюсками.

Завершено составление определителя погонофор Антарктики, в котором используются признаки общей морфологии животных и признаки их пустых трубок, продолжена подготовка общеморфологического определителя погонофор мировой фауны. Из 13 известных ныне видов этих своеобразных донных животных 10 видов оказались новыми для науки.

Составлен полный видовой список рыбообразных и рыб Южного океана, который выставлен в Интернет на сайте Зоологического института.

На основе сравнительно-морфологического анализа антарктических рогаток с шельфа о-ва Юж. Георгия и островов Кергеленской зоогеографической подобласти описан новый сублиторальный вид *Harpagifer permitini* sp.n. (сем. Harpagiferidae, Notothenioidei). Обнаружение этого нового для науки вида показало, что в этом районе обитают парные виды, живущие на разных глубинах: литоральный *Harpagifer georgianus* и сублиторальный *Harpagifer permitini*.

Исследована структура и функционирование пелагического сообщества, в основном, в районах присутствия сальп. Развивающиеся в последнее десятилетие массовые вспышки размножения сальп приводят к существенным перестройкам структуры и функционирования пелагических сообществ. Происходит очень интенсивное отфильтровывание диатомовых водорослей, а жгутиковые и пиководоросли, проходящие через фильтрационный аппарат сальп, остаются в экосистеме и становятся доминантами. В скоплении сальп резко понижается биомасса копепод и исчезает их поверхностный максимум. У самого массового вида – *Calanoides acutus* исчезает летняя генерация. На основании расчета скорости фильтрации сальп в поверхностной воде сделан вывод, что именно это обстоятельство приводит к гибели генерации вида. Несмотря на указанные изменения, годовая вторичная продукция в скоплении остается на том же уровне, что и вне его, но существенно меняется направление дальнейших потоков энергии.

Было продолжено изучение популяционной структуры антарктического криля и промысловых видов рыб и определение их запасов в отдельных промысловых подрайонах. Оценена роль слабой или сильной выраженности явления Эль-Ниньо на воспро-

изводство и обилие скоплений взрослого криля в основных районах его концентрации в западной части атлантического сектора Антарктики (р-ны Юж. Шетландских и Юж. Оркнейских о-вов и о-ва Юж. Георгия). Выявлен характер влияния криля на различные аспекты биологии щуковидной белокровки. Криль преобладает в пище белокровки повсеместно, составляя от 60 до 90–100% пищевого комка. Показано, что колебания в росте рыбы непосредственно связаны с различиями в кормовой базе: в годы с высокой плотностью криля темп роста белокровки выше. Наибольшие уловы молоди наблюдались на периферии участков плотных скоплений криля. Районы промысла белокровки и ее пелагические агрегации приурочены к участку высоких плотностей криля. На характер вертикальных суточных миграций белокровки влияет горизонт и плотность распределения криля. Плотность криля в шельфовой зоне района оказывает большое влияние на процесс формирования численности популяций *Ch. gunnari*. Появление урожайного поколения щуковидной белокровки, как правило, совпадало с повышением плотности криля в нагульный (весенне-летний) период и увеличением жирности половозрелых рыб в весенне-летний период.

Обработаны материалы пелагической траловой съемки в районе Юж. Сандвичевых островов, 55–67° ю.ш., 33–17° з.д., за период январь–июнь 1990 г. Получены данные по видовому составу семейства Mystophidae, их распределению, участкам образования максимальных концентраций, по основным аспектам биологии видов. Всего в уловах обнаружено 9 видов светящихся анчоусов.

Продолжены сезонные натурные работы по орнитофауне – гнездящимся и залетным птицам в районах отечественных научных станций. В районе обсерватории Мирный впервые в истории изучения птиц были отмечены два новых на континенте Антарктида вида – антарктический пингвин и средний поморник. По исследованиям состояния колонии императорских пингвинов в районе Мирного выявлены три группиров-



Рис. 1.11.1. Общий вид колонии императорских пингвинов (субколония 1) в районе арх. Хасуэлл, 21 мая 2003 г.

ки этих птиц и общее снижение численности колонии по сравнению с предыдущими оценками их численности. Данная колония впервые была обнаружена в 1912 г. С момента основания Мирного в 1956 г. на нерегулярной основе проводился мониторинг численности популяции, продолженный в отчетный период.

В сезон размножения 2003/04 гг. колония состояла из трех субколоний, находящихся друг от друга на расстоянии от 500 до 1700 м и разделенных айсбергами (рис. 1.11.1). Между субколониями 1 и 2 было отмечено постоянное перемещение взрослых птиц, как отдельных, так и с яйцами и птенцами. С начала ноября детские сады с сопровождающими их взрослыми птицами стали перемещаться на значительные расстояния друг от друга, занимая, таким образом, все большую и большую площадь; третья субколония так и оставалась постоянно обособленной от двух других.

Продолжено изучение флористического состава лишайников суши, главным образом, сравнительное изучение видового состава образцов лишайников, собранных в окрестностях российских антарктических станций в сезон 49-й РАЭ. Изучались также особенности распространения и распределения антарктических лишайников в связи с особенностями орографии оазисов. Всего выявлен 21 вид лишайников. Наиболее богатыми во флористическом отношении оказался район станции Новолазаревская – оазис Ширмахера (рис. 1.11.2).

Продолжены исследования состояния автохтонной и привнесенной вторичной микрофлоры в районах отечественных станций. Основное внимание было уделено, помимо исследований микробиологической составляющей, обнаруживаемой на территориях антарктических станций, изучению облигатной и психрофильной микрофлоры.



Рис. 1.11.2. Эндемичный лишайник *Acarospora gwynii*, растущий на горной породе (гранит) в оазисе Ширмахера.

ры в почвах и грунтах на незначительном удалении от станций (до 1000 м). Проведены исследования морфологических, тинкториальных биохимических особенностей чистых культур автохтонных микроорганизмов, анализ численности и видового представительства психрофильной аэробной микрофлоры, полученной из проб грунта с территории станции Новолазаревская, Молодежная и Мирный в сезоне 48-й и 49-й РАЭ.

В 2004 г. создан и выставлен на сайт ЗИН РАН (<http://www.zin.ru/projects/ecoant/index.html>) полный список известных к настоящему времени рыб Южного океана (А.В.Балушкин, Е.П.Воронина, А.В.Неелов. «Систематический список рыбообразных и рыб Южного океана»), опубликованы две крупных монографии: А.П.Андрияшева «Липаровые рыбы (Liparidae) Южного океана и сопредельных вод» и В.В.Масленникова «Климатические колебания и морская экосистема Антарктики».

1.12. ПРОЕКТ 12. (ТЕМА РОСГИДРОМЕТА 2.2.7.2).

«ДАТЬ ОЦЕНКУ ЭКОЛОГИИ ЗОНЫ МОРСКИХ ЛЬДОВ АНТАРКТИКИ»

Цель проекта заключается в изучении роли морских льдов в биологической продуктивности экосистемы Южного океана и глобальных биогеохимических и энергетических циклах в системе «вода—лед—дно».

В настоящее время в экологии Южного океана накопилось множество актуальных проблем, для понимания и решения которых необходимо получение новых достоверных данных на междисциплинарном уровне из зоны морских льдов Антарктики. Наши знания о процессах в Южном океане основаны, главным образом, на наблюдениях в летний период, когда более 80% ледового покрова разрушается, поэтому выявляемая динамика продукционных характеристик морской экосистемы неполно отражает ее состояние в остальное время года, когда Южный океан покрывается устойчивым ледовым покровом, сохраняющимся в течение восьми месяцев. Наблюдения в западной части моря Уэдделла показали, что в зимний период трофические потребности биологических сообществ, обитающих у морского льда, поддерживаются не за счет фитопланктона, а за счет органической продукции ледовых водорослей. Для изучения экологии зоны морских антарктических льдов, в первую очередь, следует выявить ту биологическую информацию, которая может быть использована в будущих моделях, описывающих функционирование экосистемы морских льдов Южного океана.

В 2004 г. работа по проекту велась с материалами, полученными из районов работ НЭС «Академик Федоров» в 44, 45 и 46-й РАЭ. Получены новые данные по видовому составу сетного зоопланктона, а также по изучению пространственного распределения хлорофилла «А» в прибрежных водах у континентальных станций Новолазаревская, Молодежная и Прогресс. Построены циркумполярные карты распределения хлорофилла «А» в поверхностных водах Антарктического полуострова в период деградации ледового покрова по данным спутниковой информации, получаемой с отечественных и зарубежных источников.

Установлено, что одноклеточные водоросли, развивающиеся в морских льдах, создают органическое вещество, являющееся основой трофической сети экосистемы Южного океана в зимнее время. Количество фотосинтезируемого органического вещества во льду значительно превосходит его количество в водной толще, что дает основание судить о продукционных возможностях ледовой биоты. О мощности этого природного феномена в Антарктике можно судить по снимку, сделанному со спутника в западной части моря Уэдделла (рис. 1.12.1а). В центре снимка видна обширная бурая площадь, которая проявляется вследствие «цветения» диатомовых одноклеточных водорослей. Об их биомассе можно косвенно судить по снимку, сделанному с борта НЭС



Рис. 1.12.1. Массовое развитие ледовых водорослей в море Уэдделла (март 1992 г.): вид на «цветение» из космоса (а), с борта НЭС «Академик Федоров» (б) и доминирующий вид этого цветения *Chaetoceros atlanticus* (в)

«Академик Федоров», когда он проходил среди льдов в этом районе (рис. 1.12.1б): льдины были окрашены в плотный бурый цвет, определяемый диатомовыми водорослями (рис. 1.12.1в).

Эти водоросли являются основой пищи для криля (главным образом, для *Euphausia superba*), который, в свою очередь, входит в рацион многочисленных мелких рыб и птиц, включая пингвинов. На рис. 1.12.2 показана принципиальная схема трофических связей в экосистеме морской Антарктики, в которой морской лед является важным биотопическим компонентом.



Рис. 1.12.2. Принципиальная трофическая сеть Антарктики (а), в которой криль *Euphausia superba* (б) и миктофидовые рыбы (в) играют ключевую роль в поддержании энергетического баланса экосистемы морского льда в зимний период.

Как известно, криль является ключевым компонентом в экосистеме пелагиали Антарктики, а также важным промысловым видом. Полученные количественные оценки численности и биомассы ледовых водорослей позволяют на новом уровне знания судить о роли морского льда и его биоты в поддержании запасов криля, особенно, в тех районах Антарктики, где промысловая нагрузка привела к перестроению структуры морских экосистем, как, например, в районе Антарктического полуострова. Полученные новые знания о ледовой экосистеме создают основу для прогнозов рационального использования промысловых видов без нарушения природных связей в биологической структуре Южного океана.

Благодаря современным исследованиям экологии зоны морских льдов Антарктики установлено, что в зимний период микроскопические водоросли (главным образом, диатомовые) фотосинтезируют во льду и создают органическую продукцию, которая является основной пищей для криля и рыб в этот период, а, следовательно, и для высших звеньев трофической сети, включая птиц и млекопитающих. Как известно, криль является ключевым компонентом в экосистеме пелагиали Антарктики, а также важ-

ным промысловым видом. Полученные количественные оценки численности и биомассы ледовых водорослей позволяют на новом уровне знания судить о роли морского льда и его биоты в поддержании запасов криля, особенно, в тех районах Антарктики, где промысловая нагрузка привела к перестроению структуры морских экосистем, как, например, в районе Антарктического полуострова. Полученные новые знания о ледовой экосистеме создают основу для прогнозов рационального использования промысловых видов без нарушения природных связей в биологической структуре Южного океана. Это также необходимо для организации научных исследований в период проведения Международного полярного года в 2007/08 гг.

1.13. ПРОЕКТ 13.(ТЕМА РОСГИДРОМЕТА 2.2.8.1).

«ИЗУЧИТЬ ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ СТРОЕНИЯ, ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭВОЛЮЦИИ И ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАГЕНИИ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЛИТОСФЕРЫ. ДАТЬ ОЦЕНКУ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО ПОТЕНЦИАЛА АНТАРКТИКИ»

В 2004 г. проект предусматривал решение следующих основных задач: сейсмостратиграфический анализ осадочного чехла моря Дэйвиса и моря Моусона (район работ 48 и 49-й РАЭ; 80–105° в.д.); создание баз данных по потенциальным полям индоокеанской континентальной окраины Антарктиды в секторе от 80 до 150° в.д.; построение карт геолого-геофизического содержания индоокеанского сектора Антарктики (карта поля силы тяжести, карта магнитного поля и схема тектонического районирования индоокеанской континентальной окраины Антарктиды в секторе от 80 до 150° в.д.; карта глубины залегания кристаллического фундамента в моря Дэйвиса и моря Моусона от 80 до 105° в.д.; геологическая карта района ледника Денмана).

Сейсмостратиграфический анализ осадочного чехла моря Дэйвиса и моря Моусона (район работ 48 и 49-й РАЭ).

В осадочном чехле глубоководной области бассейна моря Дейвиса и моря Моусона прослеживаются пять региональных несогласий (выявленных предшествующими работами в бассейнах морей Космонавтов и Содружества) – CS1, CS2, CS3, CS4, CS5 (снизу вверх по разрезу), ограничивающих индивидуальные сейсмические комплексы (рис. 1.14.1).

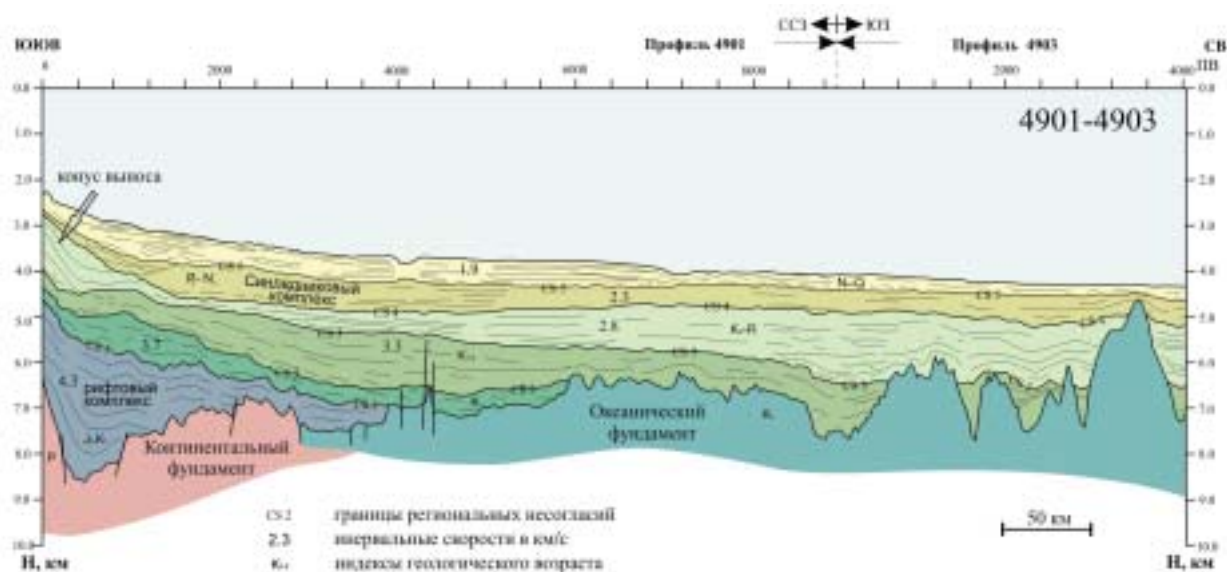


Рис. 1.14.1 Интерпретированный сейсмический разрез, пересекающий континентальную окраину в восточной части моря Дэйвиса

Осадочный чехол бассейна подразделяется на два основных структурных этажа позднемезозойско-кайнозойского возраста: синрифтовый и пострифтовый. В верхней части пострифтового этажа развиты отложения ледникового и ледниково-морского генезиса, образование которых связывается с развитием в Антарктике материкового оледенения в позднеэоценовое – олигоценовое время и неоднократным наступлением ледника к краю шельфа в периоды гляциальных максимумов, сопровождавшимся активным выносом терригенного материала в область континентального склона.

Граница несогласия CS1 (кровля рифтового этажа) выделяется в области периконтинентального рифтового прогиба (полуграбена) и характеризуется высокоамплитудными отражениями. Рифтовый этаж осадочного чехла представлен в волновом поле прерывистыми и умеренно протяженными низкоамплитудными отражениями. На северной окраине периконтинентального прогиба он чаще всего приобретает полупрозрачную структуру, отражающую изменение обстановки осадконакопления. На всей площади бассейна отложения рифтового этажа выклиниваются у границы континент – океан. В пострифтовом этаже осадочного бассейна выделено четыре региональных несогласия (CS-2-CS-5; рис. 1.14.1). Наиболее контрастной границей этой части разреза является несогласие CS4, маркирующее принципиальные изменения в характере сейсмической записи (от гомогенной толщи с параллельными и субпараллельными внутренними рефлекторами к сложнопостроенной, с большим разнообразием сейсмических фаций), обусловленные развитием антарктического оледенения. В доледниковой части пострифтового этажа выделено три самостоятельных комплекса. Нижний комплекс ограничен в кровле несогласием CS2, представляющим собой непрерывную, высокоамплитудную границу. Этот комплекс имеет интервальные скорости 3,7 км/с и слабую внутреннюю расслоенность, с преобладанием субпараллельных прерывистых отражений. Исходя из внутреннего строения комплекса, можно предположить, что его накопление происходило в относительно мелководных условиях равномерно погружающегося бассейна при уменьшении роли терригенного материала в направлении от континента. Несогласие CS3 выделено в кровле комплекса со значениями интервальных скоростей 3,3 км/с, развитого на большей части акватории. В пределах периконтинентального прогиба отложения комплекса имеют среднюю мощность 0,7 км и характеризуются слабо выраженной прерывистой слоистостью, иногда приобретая полупрозрачную структуру. В нижней части подножия континентального склона и прилегающей части абиссальной котловины мощность комплекса увеличивается до 1,0–1,2 км, а покровно-облекающая внутренняя структура указывает на преимущественное развитие гемипелагических осадков. Верхний комплекс доледниковых осадков (между несогласиями CS-3 и CS4) характеризуется значениями интервальных скоростей 2,8 км/с. В нижней части склона осадки комплекса в ряде случаев образуют клиноформу, интерпретируемую как подводный конус выноса. В абиссальной котловине отложения комплекса хорошо стратифицированы и носят покровный и покровно-облекающий характер, типичный для пелагических и гемипелагических отложений.

Построение карт геолого-геофизического содержания индоокеанского сектора Антарктики

Карта глубины залегания кристаллического фундамента моря Дэйвиса и моря Моусона

Представления о структуре фундамента моря Дэйвиса и моря Моусона (индоокеанская континентальная окраина Восточной Антарктиды в секторе 80 – 105° в.д.) базируются на данных, полученных в 48 и 49-й РАЭ (рис. 1.14.2). Анализ материалов МОГТ и МПВ позволяет выделить в этом районе окраины несколько типов сейсмического фундамента, различающихся по глубине залегания, рельефу и динамической выраженности его поверхности, наличию рефлекторов ниже ее, а также скоростным характеристикам по данным зондирования МПВ.



Рис. 1.14.2. Карта глубины залегания фундамента моря Дэйвиса и моря Моусона

На шельфе моря Дейвиса, изученном только несколькими профилями 48-й РАЭ, фундамент располагается на глубинах 1,5–2,0 с (рис. 1.14.2 под осадками мощностью от 0,5 до 1,3 с, а на внешнем шельфе резко обрывается в сторону океана, образуя крутой уступ амплитудой 2,0–2,5 с. К северу от этой границы на большей части профилей 48-й РАЭ поверхность фундамента быстро погружается в сторону океана по системе крутопадающих (с амплитудой до 1,5 с) сбросов, представляя собой борт периконтинентального рифтового грабена шириной 40–60 км. Периконтинентальный грабен является крайним восточным фрагментом протяженной рифтовой системы, формирование которой предшествовало отделению Индийской плиты от Австрало – Антарктической плиты. На большей части подножия континентального склона моря Дейвиса (в днище периконтинентального рифтового грабена), фундамент приобретает пологое залегание, располагаясь на глубинах 6,5–7,0 с и часто нарушен крутыми сбросами с вертикальным смещением до 0,5–1,5 с.

В юго-западной части моря Моусона расположено плато Брюс (глубины моря 1500–2000 м), где поверхность акустического фундамента прослеживается на глубинах 2,5–5,5 с. По поверхности фундамента, как и в рельефе дна, плато разделяется на два блока – западный, размером 180 × 150 км, и восточный, размером 250 × 125 км. В пределах западного, относительно погруженного, блока фундамент залегает на глубинах 4,0–5,5 с и характеризуется гладкой контрастной поверхностью, под которой отчетливо прослеживается пачка наклонных расходящихся рефлекторов. Глубина залегания фундамента в восточном, относительно поднятом, блоке составляет 2,5–3,5 с. С юга блок отделен от континента грабенообразной структурой глубиной до 5,0 с, а с северной стороны поверхность фундамента быстро погружается по двум крутым уступам на дистанции 50 км от 2,5 с до 7,0 с.

Карта аномального поля силы тяжести индоокеанской континентальной окраины Антарктиды в секторе от 80 до 150° в.д.

Для создания базы данных и построения карты поля силы тяжести индоокеанской континентальной окраины Антарктиды в секторе 80–150° в.д были использованы материалы комплексных геофизических исследований российских (ПМГРЭ, 2003 и

2004 г.), австралийских (Geoscience Australia, 2000/01 г.) и японских экспедиций (JARE, 1985–1991 гг.; JNOC, 1985–1989 гг.). Кроме этого, информационный массив был дополнен незначительным объемом данных морских гравимагнитных съемок, опубликованных Национальным геофизическим центром США (CDROM GEODAS, 1999). В пределах площади исследований гравиметрические маршруты образуют нерегулярную и достаточно редкую сеть наблюдений, охватывающую, в основном, глубоководную акваторию области континентального склона и его подножия (расстояние между профилями составляет 50–60 км в море Дэйвиса и 90–180 км на остальной части окраины).

Формирование информационного массива морских гравиметрических данных осуществлялось в два этапа. На первом этапе были созданы отдельные базы согласованных взаимоувязанных данных российских, японских и австралийских экспедиций. На втором этапе выполнено слияние баз данных и уравнивание общей региональной сети наблюдений в объединенном массиве путем последовательных итераций. Для формирования общей базы гравиметрических данных и построения карты поля силы тяжести использовался пакет программ по обработке и визуализации геофизической информации, разработанной Геологической службой Канады (GSC, Atlantic). Итерационная увязка профильных наблюдений, ориентированная на минимизацию невязок в точках пересечений маршрутов, выполнялась по стандартной методике с применением «Cross-over»-анализа, последующего гридирования данных и построения карт изолиний для визуального контроля пространственной корреляции гравитационных аномалий. Результаты совместной обработки оценивались по гистограммам распределения невязок в объединенном массиве данных. Среднеквадратическая погрешность созданного информационного массива гравиметрических данных составила $\pm 2,5$ мГал.

Для построения карты аномалий поля силы тяжести (масштаб 1: 5 000 000) данные унифицированного массива были интерполированы в узлы матрицы 10×10 км по методу «minimum-curvature». Карта изолиний первичного грида, построенная с основным сечением 10 мГал, позволила оценить качество проведенной обработки исходной гравиметрической информации и правильность выбора размера ячейки грида для площадных интерполяций. Все вошедшие в общую карту данные отечественных и зарубежных съемок выражены в международной гравиметрической системе 1971 г. (IGSN71). Значения аномалий поля силы тяжести с редукцией в свободном воздухе получены с учетом нормального поля по Международной формуле 1967 г.

Карта аномального магнитного поля индоокеанской континентальной окраины Антарктиды в секторе от 80 до 150° в.д.

База данных и карта магнитного поля индоокеанской континентальной окраины Антарктиды в секторе от 80 до 150° в.д. (рис. 1.14.3) созданы на основании данных морских магнитометрических наблюдений, выполненных ФГУП ПМГРЭ на акваториях моря Дейвиса и моря Моусона (48 и 49-й РАЭ), и материалов экспедиций Австралии, Японии и США, полученных в рамках совместных проектов (Geoscience Australia, NIPR) и из международных банков (центров) данных (GSJ NGCD USA, CD-ROM GEODAS). В ходе предварительной подготовки данных была проведена специальная обработка (фильтрация) аномального поля вдоль отдельных маршрутов (чтобы минимизировать ошибки, возникающие из-за недоучета вариаций магнитного поля), которая была реализована с помощью программных средств по обработке и визуализации геофизической информации, разработанных Геологической службой Канады (GSC, Atlantic).

Уравнивание маршрутов гидромагнитной сети наблюдений было выполнено методом итерационной увязки с применением «Cross-over»-анализа и методики минимизации ошибок в точках пересечения рядовых и секущих маршрутов. Процедура увязки маршрутов осуществлялись в интерактивном режиме, что позволило значительно умень-

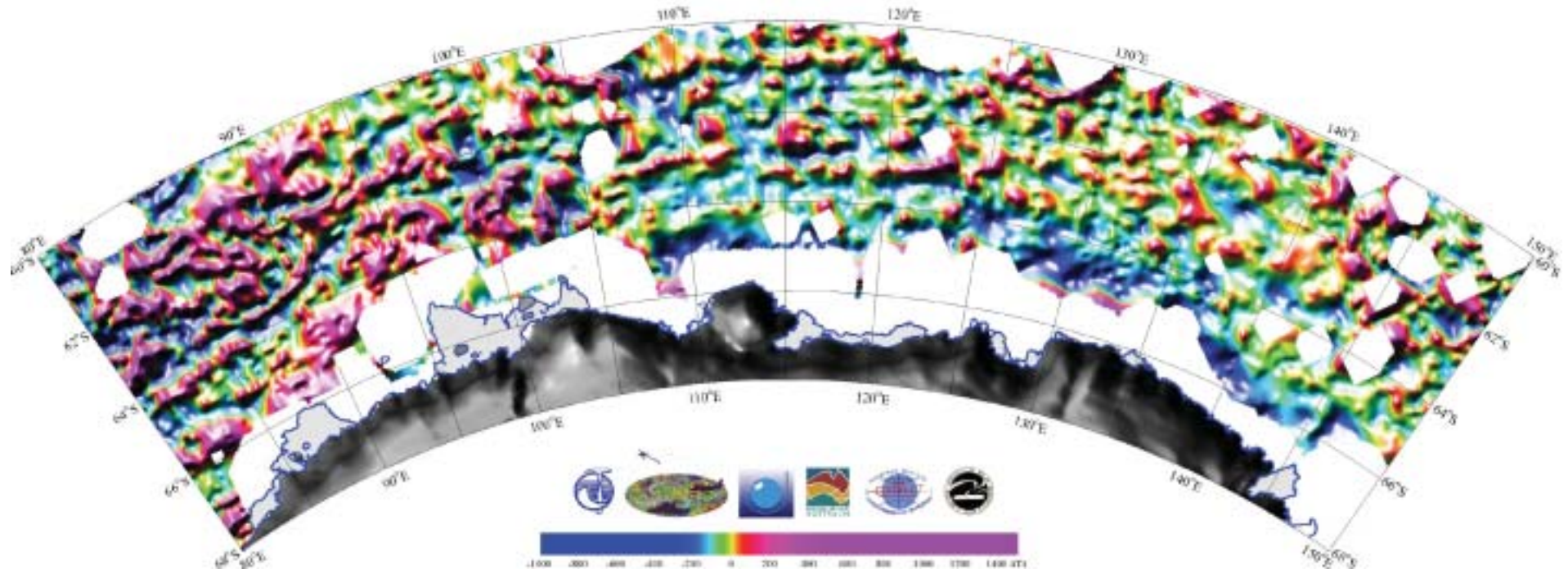


Рис. 1.14.3 Карта аномального магнитного поля индоокеанской континентальной окраины Антарктиды в секторе от 80 до 150° в.д.

шить среднюю квадратическую погрешность сводной карты. Уравнивание региональной сети маршрутных исследований, выполненных ПМГРЭ и зарубежными экспедициями, производилось в объединенном массиве данных путем последовательных итераций. Окончательная карта составлена с использованием грида 5×5 км в полярной стереографической проекции и масштабе 1: 2 500 000.

Тектоническое строение индоокеанской континентальной окраины Антарктиды в секторе от 80° в.д. до 150° в.д.

На основании геофизических наблюдений, выполненных в морях Рисер-Ларсена, Космонавтов и Содружества с 1986 по 2002 гг., и комплексной интерпретации полученных данных, в 2003 г. была разработана легенда и составлена схема тектонического районирования индоокеанской континентальной окраины Антарктиды и прилегающей абиссальной котловины от 8 до 80° в.д. В рамках настоящего исследования схема расширена до 150° в.д. с использованием новых материалов морских работ ПМГРЭ 2003 и 2004 гг. в море Дэйвиса и море Моусона (80–105° в.д.) и геофизических данных экспедиций Японии, Франции, США и Италии (рис. 1.14.4). На схеме представлены следующие основные структурно-тектонические элементы:

- докембрийский антарктический кристаллический щит и Восточно-антарктическая платформа с нормальной мощностью континентальной коры;
- система внутри- и периконтинентальных рифтовых грабенов (выделены борта грабенов, со сложно построенной структурой фундамента, и днища грабенов, подстилаемые сильно утоненной и растянутой корой континентального типа);
- абиссальная котловина с корой океанического типа, в пределах которой показаны номера идентифицированных аномалий.

Положение границы между корой континентального и океанического типов определено на основании комплексной интерпретации всех имеющихся геофизических данных (рис. 1.14.4).

Пассивная континентальная окраина Восточной Антарктиды в секторе 80–150° в.д. была образована в ходе двух крупных этапов дезинтеграции Гондваны – разделения Индийской и Австрало-Антарктической плит в раннем мелу и разделения Австралийской и Антарктической плит в позднемеловое время. Значительные различия во времени, скорости и направлении растяжения земной коры в течении этих двух этапов обусловили достаточно сложную и до конца не расшифрованную структуру земной коры региона. В позднеюрское время Антарктида, Индия и Австралия образовывали тройное сочленение в районе 96° в.д. (в современных координатах).

К западу от этого места пассивная континентальная окраина, к которой приурочены бассейны морей Дейвиса и Моусона, была сформирована в результате распада континентальных масс Индии и Антарктиды/Австралии, сопровождавшегося длительным растяжением земной коры и завершившемся спредингом морского дна около 134 млн лет назад. Морской бассейн, расположенный к востоку от 96° в.д., занимает окраину Антарктической платформы, в пределах которой кристаллический фундамент частично перекрыт чехлом палеозойских осадков, и развивался на протяжении длительного времени в ходе разделения Австралии и Антарктиды. Борт рифтового грабена не имеет здесь такого отчетливого выражения, как в бассейне моря Дэйвиса и западной части моря Моусона и представляет собой сложно построенную широкую (до 150 км) зону с общим региональным погружением дислоцированной толщи нижней части осадочного чехла и фундамента в сторону океана, поэтому его северная граница определена достаточно условно, там где дорифтовый комплекс находится на максимальных глубинах. Периконтинентальный рифтовый грабен и прилегающая к нему часть ранней океанической коры оконтуриваются зоной спокойного магнитного поля, в пределах которого наблюдаются локальные

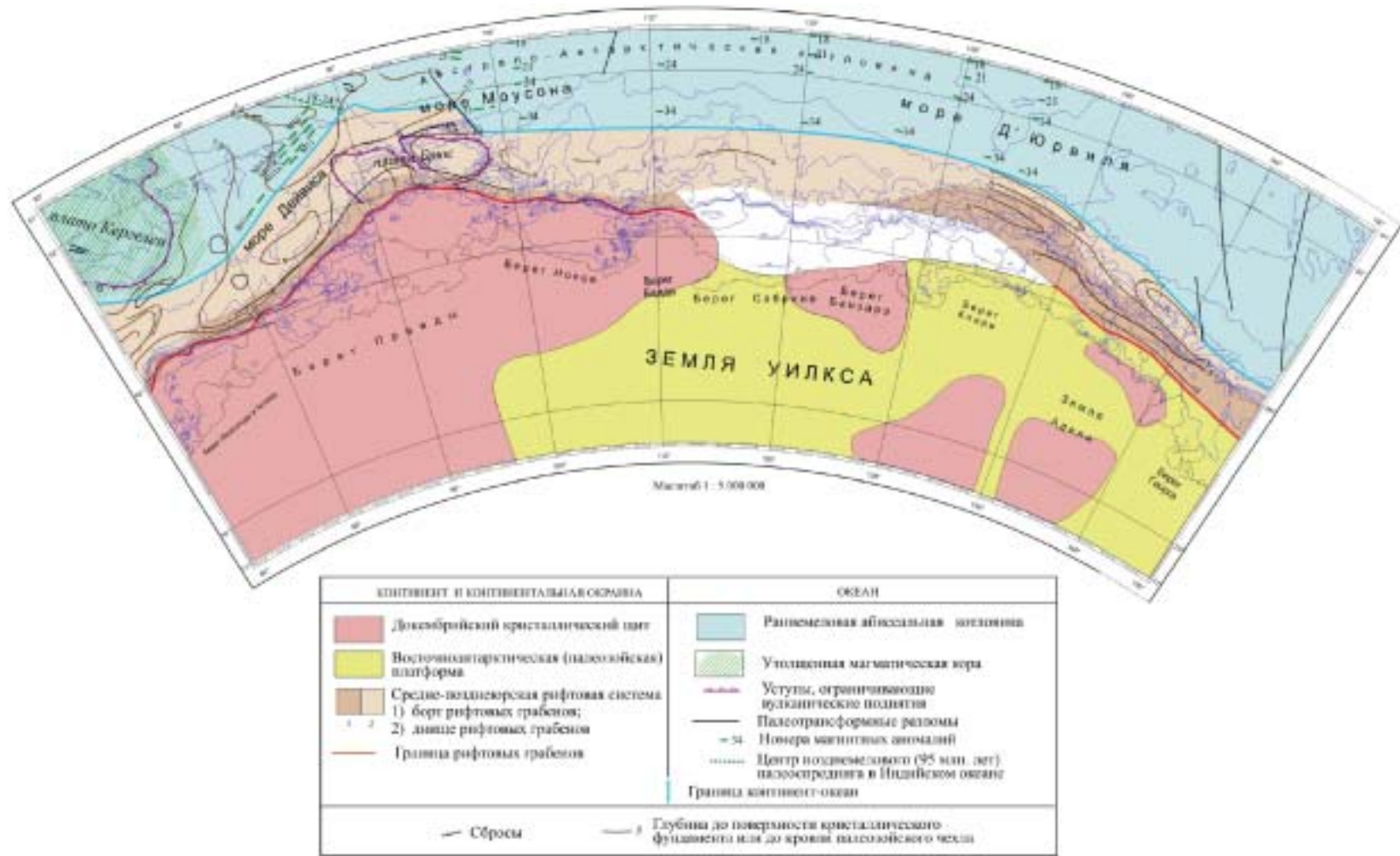


Рис. 1.14.4. Схема тектонического районирования индоокеанской континентальной окраины Антарктиды в секторе от 80 до 150° в.д.

положительные аномалии амплитудой до 200 нТл, совпадающие с границей континент-океан (рис. 1.14.3). К северу от зоны спокойного поля определена последовательность номерных линейных магнитных аномалий мезозойско-кайнозойского возраста, начинающаяся с 34-й аномалии (рис. 1.14.4). В соответствии с последними данными моделирования спрединга морского дна, раздвижение Австралийской и Антарктической плит на раннем этапе формирования океана происходило в ультрамедленном режиме со скоростью около 0,5 см/год между аномалиями 34 (83 млн лет) и 31 (68,7 млн лет); 1,5 см/год между аномалиями 31 и 24 (53,3 млн лет); 0,65 см/год между аномалиями 24 и 21 (46,3 млн лет); и 1 см/год между аномалиями 21 и 18 (40,1 млн лет). Расстояние от 34-й аномалии до границы континент-океан составляет около 50 км и, если скорость океанического раскрытия в этой зоне (которая формировалась в эпоху нормальной полярности магнитного поля позднего мезозоя и поэтому не идентифицируется по возрасту) была такой же низкой, как и в последующее время (от 0,3 до 0,5 см/год), то можно предположить, что раскол литосферы австрало-антарктического континента произошел между 93 и 100 млн лет назад (рис. 1.14.4). Согласно результатам бурения и геофизическим данным на южной австралийской окраине, сопряженной в дораскольное время с окраиной Земли Уилкса, рифтогенез мог начаться в ранней юре (около 160 млн лет назад), откуда следует, что растяжение земной коры было очень медленным, продолжаясь более 60 млн лет.

Возможно, что растяжение между Австралией и Антарктидой ослабило литосферу молодого Индийского океана на продолжении внутриконтинентальной рифтовой зоны к северу от бассейна моря Дэйвиса, способствуя избыточному плавлению мантии и обширному магматизму с образованием одной из крупнейших в истории Мирового океана вулканической провинции Кергелен-Брокен на рубеже раннего и позднего мела. Начавшийся после этого спрединг морского дна разделил эту провинцию на два самостоятельных поднятия (изолировав существующие сегодня плато Кергелен и хребет Броукен) и привел к расколу австрало-антарктического континента (рис. 1.14.4).

Геологическая карта района ледника Денмана (Земля Уилкса)

Район ледника Денмана является частью Антарктического щита и состоит из преобладающих ортогнейсов гранулитовой фации (пироксен-кварц-полевошпатовых гнейсов) и подчиненных им мафических гранулитов и гранат, силлиманит, кордиерит содержащих парагнейсов и кристаллических сланцев. Изверженные породы, являвшиеся предшественниками гранодиоритовых гнейсов, кристаллизовались около 1500–1700 млн лет назад, тогда как позднеархейские (2640 млн лет) тоналитовые ортогнейсы были обнаружены в холмах Обручева на юго-востоке района. Пик метаморфизма М1 был достигнут при 750–800 °С и 5–6 кбар 1190±15 млн лет назад и сопровождался первой из трех пластичной деформацией (D1). Объемные массы плутонических пород, преимущественно выделенные из мантии, внедрились между 1170 (во время деформации D3) и 1150 млн лет назад. По составу они колеблются от габбро, кварцевого габбро, кварцевого монцогаббро, кварцевого монцодиорита до гранита и представляют собой габбро-анортозит-чарнокитовую ассоциацию. Среди малых интрузий выявлены многочисленные долеритовые дайки (по крайней мере четырех различающихся генераций) с возрастом около 1140 млн лет и щелочные мафические дайки, внедрившиеся около 500 млн лет назад.

Заметные геохронологические сходства с подвижным поясом Олбани в Западной Австралии позволяют предположить, что метаморфизм высокой степени был результатом континентальной коллизии между архейским кратоном Йилгарн в Австралии и Восточно-Антарктическим щитом. Однако, реконструкции Гондваны и состав плутонических пород предполагают, что метаморфиты холмов Бангера могли образоваться в континентальной дуге Андского типа, а настоящая зона коллизии была восточнее современных холмов Бангера.

Обнажения к западу от ледника Денмана в основном сложены гнейсами гранулитовой фации, интродуцированными разнообразными плутоническими породами от мафических до фельзических составов. Предполагается, что в отличие от холмов Бангера, гнейсовый комплекс этого района частично образовался из архейских (около 3000 млн лет) протолитов и в них отсутствуют изотопные доказательства мезопротерозойского метаморфизма высокой степени. Кроме того, эти породы испытали обширный панафриканский метаморфизм и плутонизм (сиенит-гранит) 500–600 млн лет назад.

1.14. ПРОЕКТ № 14 (ТЕМА РОСГИДРОМЕТА 2.2.8.2).

ПРОВЕСТИ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ УЗЛОВЫХ РАЙОНОВ АНТАРКТИКИ В РАМКАХ ПРОГРАММЫ МЕЖДУНАРОДНЫХ ГЕОТРАВЕРЗОВ (АНТАЛИТ, ГЕОМОД) И ПРОГРАММЫ АНТОСТРАТ. СОЗДАТЬ БАЗЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ И КОМПЛЕКТЫ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ КАРТ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ СРЕДНЕГО МАСШТАБА ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НА МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ РАЙОНОВ АНТАРКТИКИ

В 2004 г. исследования были направлены на геохронологическое и изотопно-геохимическое изучение сектора Восточной Антарктиды, включающего Землю Мак Робертсона (горы Принс-Чарльз) и Землю Принцессы Елизаветы (горы Гров и подледные пространства) и составляющего центральную зону геотраверза АНТАЛИТ.

Возрастные датировки и изотопно-геохимическая характеристика горных пород из южной части гор Принс-Чарльз

Изотопные U-Pb исследования проводились в Аналитическом центре ВСЕГЕИ на ионном микроанализаторе SHRIMP-II. Было изучено семь образцов горных пород, отобранных из Рукерской и Ламбертской области Восточноантарктического щита.

По образцам, представляющим Рукерскую область, получены следующие датировки: 3392 ± 6 млн лет и 626 ± 51 млн лет, $3376,9 \pm 8,8$ млн лет, $3179 \pm 9,4$ млн лет и 587 ± 170 млн лет. Древние датировки интерпретируются как возраст магматических процессов (внедрение и кристаллизация гранитоидов), а более молодые – время воздействия термальных процессов, возможно метаморфизм.

По образцам, представляющим Ламбертскую область, получены следующие датировки: 2402 ± 9 млн лет – внедрение гранитоидного интрузива, 2065 ± 23 млн лет – метаморфизм, 528 ± 6 млн лет – кристаллизации (внедрение) гранитоидного материала, 495 ± 18 млн лет – кристаллизация пегматитов, внедрение которых происходило синхронно с тектоническим проникновением ультрамафических тел в толщу земной коры.

Более 60 образцов горных пород из гор Принс-Чарльз и восточного побережья шельфового ледника Эймери было проанализировано Sm-Nd методом. Полученные значения модеотных возрастов T_{DM} для образцов, отобранных из различных структурных областей имеют систематические различия, что отражает гетерогенность территории в аспекте происхождения первичной сиалической коры или вещества, из которого были извлечены гранитоидные расплавы. Большая часть значений укладывается в следующие рамки: для Рукерской области 3,9–3,2 млрд лет, для Ламбертской области 3,4–3,0 млрд лет, для Биверской области 2,3–1,6 млрд лет, для Фишерской области 1,7–1,4 млрд лет.

Структурно-вещественная характеристика, оценка условий метаморфизма и эволюция геологических комплексов южной части гор Принс-Чарльз

Изучены породы серии Мензис, наиболее информативные для реконструкции метаморфических процессов среди развитых в южной части гор Принс-Чарльз формаций. Они представлены глиноземистыми низкокальциевыми кианит-ставролитовыми

с гранатом и без граната слюдяными сланцами, гранат-слюдяными сланцами, высококальциевыми амфиболовыми сланцами, амфиболитами, кварцитами, конгломератами, мраморами и необычными по минеральному составу породами – гранатовыми и магнетит-гранатовыми (иногда с ставролитом) сланцами.

Гранат-биотит-хлорит-кварц-апатитовые сланцы массива Магауйр и гранатовые породы (гранатиты или гранат-магнетитовые породы), встреченные на г. Стинир, могут быть отнесены к экзотическим образованиям. Первые – из-за высокого содержания в породе (до 30–35 об. %) апатита в ассоциации с кварцем, хлоритом, гранатом, биотитом и ильменитом, вторые – из-за морфологии слагающих породы зерен граната и магнетита, свидетельствующих о россыпном происхождении пород. Микрозондовыми исследованиями выявлено присутствие церианида, который может представлять интерес в смысле минерально-сырьевого потенциала. Другой особенностью гранатитов является высокое содержание марганца в гранатах (до 13,5 вес. % MnO).

Реликтовые ассоциации с андалузитом и кордиеритом, обнаруженные в кианит-ставролитовых сланцах г. Стинир, кристаллизовались, по-видимому, в диапазоне условий, которые соответствовали кордиерит-андалузит-мусковитовой и биотит-ставролит-андалузитовой субфации фации эпидотовых амфиболитов и переходным условиям от силлиманит-ставролит-биотит-мусковитовой до силлиманит-биотит-гранат-ортоклазовой субфации фации куммингтонитовых амфиболитов (прогрессивная стадия). Минеральные парагенезисы свидетельствуют о кристаллизации этих метаморфических пород при $P = 4-5$ кбар и $T = 450-670$ °C, при некотором повышении давления до 6-7 кбар.

Геоморфологическая характеристика подледного рельефа

Земли Принцессы Елизаветы

Земля Принцессы Елизаветы расположена в восточном борту ледника Ламберта и представляет собой обширную равнину Восточно-антарктического кратона со средними высотами коренного ложа от –50 до 200 м. Геоморфологические исследования основаны на данных радиолокационной съемки масштаба 1:500 000, выполненной в сезон 1990/91 г. (36-я САЭ). В результате составлены карты поливершинной и полибазисной поверхностей Земли Принцессы Елизаветы, которые представляют собой интерполированный региональный рельеф наибольших (в поднятиях) и наименьших (во впадинах) высот, соответственно; карта подледного рельефа масштаба 1:500 000 и морфогенетическая карта.

Современная подледная поверхность Земли Принцессы Елизаветы характеризуется неравномерно расчлененным структурно-денудационным рельефом. Он представлен расположенными на различных гипсометрических уровнях поверхностями выравнивания, которые после своего образования подверглись неглубокому расчленению с образованием местных долин и понижений разного, пока не установленного, генезиса. Глубина врезов в их пределах редко достигает 60 – 70 м. В целом основная особенность подледного рельефа заключается в непрерывном чередовании по профилю положительных и отрицательных форм. Прерывистость в структуре подледной поверхности проявляется в изломанности профиля форм и возможном наличии грабенообразных отрицательных образований. Особенности состава и строения подледной поверхности указывают на ее интенсивную денудацию в доледниковое время с последующей консервацией экзогенного рельефообразования в подледном режиме. Она сопровождалась резко дифференцированными смещениями земной коры тектонического и возможно гляциоизостатического характера в условиях ее преимущественного растяжения.

Геологическое строение гор Гров

Проведенными исследованиями выделены три комплекса горных пород, слагающих территорию гор Гров:

- средне-позднепротерозойский метаморфический комплекс Гров;
- комплекс метаморфизованных интрузивов;
- комплекс интрузивных и жильных пород.

В составе *метаморфического комплекса Гров* выделены две метаморфических серии – Парагнейсовая и Ортогнейсовая. Породы Парагнейсовая серия подразделяется на две толщи – толщу Вукович и толщу Остин. Первая представлена главным образом биотит-силлиманитовыми гнейсами, нередко с кордиеритом и гранатом. В толщу Остин выделены метакварциты. Породы Ортогнейсовой серии слагают две толщи – Мейсон и Хардинг. Породы этих толщ представляют собой в основном биотитовые гранито-гнейсы. В составах пород толщи Хардинг (в отличие от толщи Мейсон) присутствует ортопироксен. Проведенные в рамках данного проекта U-Pb (методом SHRIMP по цирконам) изотопно-геохронологические исследования указывают на возраст 954 ± 58 млн лет, интерпретируемый как возраст кристаллизации протолитов пород Ортогнейсовой серии.

Породы комплекса Гров прорваны телами комплекса *метаморфизованных интрузивов*. В его состав входят амфибол-двупироксеновые и биотит-двупироксеновые metabазиты и метаморфизованные монцодиориты. Метабазиты образуют тела мощностью до нескольких метров. В отдельных случаях их мощность может достигать 30 м. Корреляция между составом metabазитов и вмещающими толщами отсутствует. Монцодиориты образуют плутоны и дайковые тела, распространенные в области развития пород толщи Хардинг.

Комплекс *интрузивных и жильных* пород составляют (от древних к молодым): граносиениты, кварцевые сиениты, пегматиты, субщелочные гранитоиды, нормальнощелочные гранитоиды.

Породы метаморфических толщ испытали не менее трех этапов метаморфических преобразований. Первый, наиболее древний этап M_1 проходил в условиях гранулитовой фации метаморфизма. Второй этап метаморфизма M_2 протекал в условиях амфиболитовой фации мигматитовой ступени. Наиболее поздний регрессивный метаморфизм M_3 зеленосланцевой фации проявлен весьма незначительно.

Аномальное магнитное поле района гор Гров, районирование и геологическая интерпретация

Карта АМП района гор Гров построена по материалам аэромагнитной съемки 45 РАЭ, выполненной Антарктической партией ПМГРЭ в 2000 г. по сети субмеридианальных маршрутов через 5 км. Для построения карты изолиний и карт теневое рельефа данные были интерполированы в узлы матрицы $1,5 \times 1,5$ км, которая и использовалась для построения карты изолиний масштаба 1: 500 000 с сечением изолиний 25 нТл в полярной стереографической проекции.

Аномальное магнитное поле района гор Гров характеризуется достаточно простым строением, выявленные аномалии имеют широкий спектр параметрических характеристик. Наряду с участками спокойного поля отмечены области дифференцированного поля, в которых аномалии средней интенсивности достигают по амплитуде 400 нТл. Простирания аномалий разнообразны и согласуются с общерегиональным простиранием геологических и/или тектонических структур. Спектральный состав АМП широк и насыщен гармониками различных частот, при этом наблюдается наложение и/или суперпозиция аномалий различных порядков, имеющих, как правило, в плане неодинаковые интенсивности и конфигурацию. В поперечнике длины волн магнитных аномалий изменяются в небольших пределах и варьируют от 5–10 км до первых десятков километров.

На основании анализа особенностей АМП в пределах области исследований было выделено четыре региональных магнитных зоны (рис. 1.14.1). Каждая из выделенных магнитных зон обладает своеобразными и достаточно однородными чертами магнитного поля, приурочена к определенной тектонической структуре и подразделяется на ряд подзон.

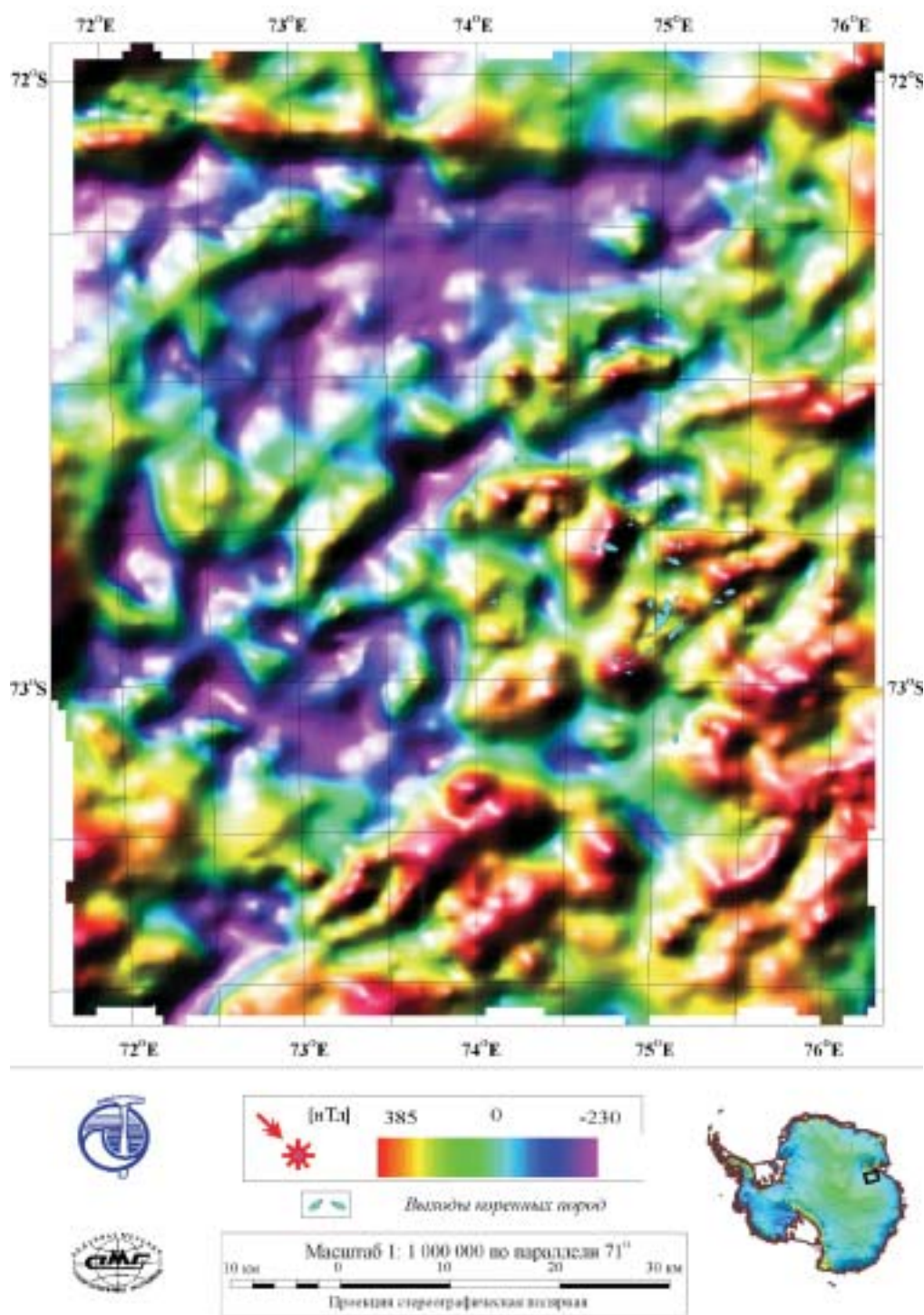


Рис. 1.14.1. Карта аномального магнитного поля района гор Гров

Геологическая карта уступа Моусон масштаба 1:200000

Геологическое изучение уступа Моусона находится в стадии развития. В настоящее время предполагается, что в уступе обнажены, по крайней мере, два комплекса кристаллических метаморфических пород: Рукерский, стабилизировавшийся в позднем архее, и Ламбертский, завершивший свое развитие в раннем протерозое, но резко активизированный в раннем палеозое. Рукерский комплекс метаморфических пород эпидот-амфиболитовой фации локализован в южной трети территории уступа, а северную часть занимает Ламбертский комплекс метаморфических пород фации гранатовых амфиболитов и гранулитовой фации.

Рукерский комплекс уступа Моусон подразделяется на серии метаморфических пород, названные Моусон и Мензис. К серии Моусон относятся образующие крупные обнажения гранито-гнейсы: биотит-амфиболовые с мусковитом, биотитовые и двуслюдяные, иногда с гранатом.

В телах гранито-гнейсов содержатся тектонические клинья, полосы, линзы слюдястых амфиболитов, метаультрабазитов и биотит-амфибол-кварц-плагиоклазовых кристаллических сланцев, составляющих тектонический меланж. Главной его особенностью является присутствие в нем глыб округлой формы, состоящих из метаморфизованных ультраосновных пород коматиитового состава. В некоторых случаях такие же толщи пород облекают купола гранито-гнейсов, образуя покровы.

Серия Мензис состоит из пачек и линзовидных пластин, представленных разнообразными глиноземистыми и железистыми кварцитами, метапелитами, метаконгломератами, черными и серыми слюдясто-известковистыми сланцами и актинолитовыми мраморами, то есть метаосадочными породами.

Ламбертский комплекс подразделяется также на две серии: Красновскую и Ветвистую. Красновская серия образована лейкократовыми биотитовыми и биотит-роговообманковыми гнейсами, гранито-гнейсами и мигматитами, среди которых встречаются гранат и гиперстен содержащие разновидности. В состав серии Ветвистой включены пачки отчетливо полосчатых кристаллических сланцев, содержащих высокоглиноземистые минералы и богатых кварцем, и соседствующие с ними, а иногда и перемежающиеся пачки минерализованных мраморов и кальцифиров.

В Ламбертском комплексе к несомненно интрузивным образованиям относятся раннепалеозойские жилы и дайки и мелкие штоки лейкократовых гранитов и пегматитов.

В целом, работами по проекту в 2004 г. продолжено обобщение геологических и геофизических материалов, собранных в Антарктике за весь период отечественных исследований (с 1956 г.), а также доступных через международные базы данных. Работы были сконцентрированы на изучении одного из ключевых районов Восточной Антарктиды – южной части гор Принс-Чарльз и района гор Гров.

Полученные новые изотопные данные свидетельствуют о том, что геологическая история Ламбертской области значительно отличается от соседних областей (Рукерской на юге и Биверской и Фишерской на севере). Только в Ламбертской области проявлены раннепротерозойские тектонотермальные события (порядка 2400, 2000 млн лет). Процессы панафриканского возраста (600–500 млн лет) в Ламбертской области проявлены наиболее активно. Только здесь отмечаются горные породы, образование которых связано с метаморфизмом и активной тектонической деятельностью (складчатостью и, возможно, образованием покровно-складчатых структур или зоны сутурирования). Возраст зоны предполагаемого сутурирования может быть принят по новым U-Pb данным как раннепалеозойский. Тектонотермальные процессы (метаморфизм гравнулитовой фации, сопутствующие пластические деформации, внедрение доскладчатых гранитовых жил и даек) этого возраста проявлены на побережье залива Прюдс, в горах Гров и на уступе Моусон в его центральной части. Однако, только в изученном нами районе северной части уступа Моусон к этому этапу может быть отнесено (тектоническое) внедрение ультрамафических тел.

Получены первые подробные сведения о геологическом строении района гор Гров. Выполненные изотопно-геохронологические исследования свидетельствуют о том, что этот район претерпел дважды кульминацию тектонических и магматических процессов – на рубеже 1000 млн лет и 500 млн лет.

Геофизические и геологические данные позволяют существенно уточнить представления о строении и особенностях геологической эволюции этого региона Антарктиды, что необходимо для точного и глубокого анализа перспектив полезных ископаемых Антарктики.

НАПРАВЛЕНИЕ 2. НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

2.1 ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В АНТАРКТИКЕ

2.1.1. КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В ЮЖНОЙ ПОЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ

В 2004 г. проводились работы по корректировке технического проекта гидрометеорологической информационно-измерительной системы для антарктической станции «Прогресс» в части ее метеорологического обеспечения полетов авиации. В рамках данной работы был уточнен перечень измеряемых параметров и состав используемых датчиков. Было определено, что система включает в себя стационарную сетевую метеорологическую станцию типа РМ-2000, располагаемую на станции Прогресс, и мобильный аэродромный комплекс, выдвигаемый на ВПП в период выполнения полетов. В настоящее время в состав РМ-2000 входят датчики ветра (WAA151и VAW151), температуры и влажности воздуха (НМР45D), атмосферного давления (DPA21) и температуры поверхности почвы (DTS12G). В состав аэродромного мобильного комплекса входят датчики ветра (WAA151и VAW151), температуры и влажности воздуха (НМР45D), атмосферного давления (РТВ220), нижней границы облачности СТ25К и метеорологической дальности видимости FD12. Данный комплекс размещается на подвижном контрольно-диспетчерском пункте. Связь между этим комплексом и метеостанцией осуществляется по УКВ-каналу связи.

В 2003 г. станция РМ-2000 была установлена на Прогрессе по временной схеме размещения. За период 2004 г. были выполнены монтажные и пуско-наладочные работы по переводу ее на штатную схему размещения с расположением датчиков ветра на мачте на высоте 10 м.

В течение 2004 г. активно велись работы по совершенствованию автоматизированной технологии сбора, накопления и обработки актинометрической и метеорологической информации, поступающей с используемых РАЭ метеорологических станций РМ-2000. В этой связи разработан новый программный комплекс усвоения метеорологических данных, поступающих с процессора МИЛОС-500 на компьютеры метеостанций. Программный комплекс реализован в среде WINDOWS. Применительно к данному комплексу разработан унифицированный формат сообщений для связи процессора МИЛОС-500 станции РМ-2000 и приемного компьютера.

В 2004 г. в рамках проекта проведены работы по техническому обслуживанию и ремонту действующих измерительных метеорологических комплексов на антарктических станциях. На станции Беллинсгаузен произведена замена датчика направления ветра (WAV151)). На станции Мирный произведена замена датчика температуры и влажности (НМР45D). Выполнены инспекторские проверки по работе обоих этих станций. На станции Восток после временной приостановки проведения наблюдений на зимний период 2003 г. были выполнены и произведены работы по расконсервации автоматизированного метео-актинометрического комплекса РМ-2000 работ.

2.1.2. ИСПЫТАНИЕ НОВЫХ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ СРЕДНЕСРОЧНЫХ И ДЕТАЛИЗИРОВАННЫХ ДОЛГОСРОЧНЫХ ПРОГНОЗОВ ПОГОДЫ ДЛЯ АНТАРКТИКИ

В целях совершенствования метода среднесрочных прогнозов продолжена работа по поиску новых закономерностей в развитии атмосферных процессов с учетом циркуляции крупномасштабных процессов. Наиболее продуктивным путем изучения интенсивности циркуляции признается оценка зональной составляющей общей циркуляции атмосферы (ОЦА). В конечном счете энергетика зонального потока определяется разностью температуры между экваториальными и полярными районами.

Интенсивность атмосферной циркуляции в приземном слое обычно характеризуется глубиной циклонов, частотой их возникновения и скоростью смещения, степенью развития антициклонов и гребней высокого давления. Однако, наиболее информативным оказывается определение интенсивности циркуляции по состоянию западно-восточного высотного потока в средней тропосфере, который во многом обуславливает развитие атмосферных процессов в приземном слое, отражая главные черты длинных термобарических волн. С этой целью широко используются различные индексы циркуляции (индексы Россби, Блиновой, Каца и др.).

В качестве объективных показателей интенсивности атмосферной циркуляции над умеренными и высокими широтами южного полушария были выбраны градиенты геопотенциала поверхности 500 гПа. По принятой методике их расчет проводится по данным о значениях геопотенциала в узлах географической сетки. Для расчета ежедневных градиентов используется база данных NCEP/NCAR. Для региона Антарктики меридиональные градиенты, определяющие напряженность западно-восточного потока, рассчитываются с шагом 10° по долготе между 45° и 65° ю.ш. Широтные градиенты, характеризующие меридиональные возмущения зонального потока, определяются здесь по разности геопотенциалов между выделенными секторами по широте 50°. Для расчета градиентов по текущим оперативным данным в ААНИИ была создана программа на основе использования сводок ГРИД, ежедневно поступающих по каналам связи, с возможностью создания и постоянного пополнения архива градиентов.

С целью анализа всего массива градиентов были выбраны долготные сектора, внутри которых производилось осреднение полученных значений градиентов. Указанные сектора выбирались не по формальному стандарту определенного размера сектора, а с учетом климатического распределения барических полей и ветровых потоков над южным полушарием. Такой подход позволяет, во-первых, обобщить достаточно большой массив данных и во-вторых, открывает возможность совместного анализа и сопоставления градиентов с формами атмосферной циркуляции.

Таблица 2.1

Значения коэффициентов корреляции между среднегодовыми значениями характеристик ЦПВ и изменениями давления в приземных циклонических центрах действия атмосферы южного полушария

Центры действия атмосферы	Среднегодовые значения		5-летние скользящие средние	
	Геопотенциал	Широта	Геопотенциал	Широта
Южно-Атлантический	0,53	-0,01	0,50	-0,12
Индоокеанский	0,35	-0,02	0,11	0,03
Южно-Тихоокеанский	-0,16	-0,17	-0,38	-0,08

Для уточнения предложенных ААНИИ прогностических зависимостей были использованы имеющиеся базы данных по многолетней изменчивости циклонической активности в районе антарктических морей и их связи с индексами мировой погоды, а также с повторяемостью форм атмосферной циркуляции южного полушария. Были сопоставлены многолетние изменения интенсивности тропического циркумполярного вихря (ЦПВ) и его положение по широте с изменениями давления в приземных циклонических центрах действия атмосферы, расположенных над океаном у побережья Антарктиды (см. табл. 2.1).

Как следует из результатов, приведенных в табл. 2.1, наиболее тесная положительная связь наблюдается между изменениями интенсивности ЦПВ и давления в центре Южно-Атлантической депрессии. Значимая, но более слабая положительная связь с изменениями интенсивности ЦПВ имеет место и для давления в центре Индо-океанской депрессии. У изменений давления в центре Южно-Тихоокеанской депрессии связь с интенсивностью ЦПВ практически отсутствует и только в 5-летнем цикле намечается слабая отрицательная связь, т.е. когда интенсифицируется ЦПВ, давление в центре Южно-Тихоокеанского циклонического центра действия атмосферы растет. С изменениями широты центра ЦПВ давление в стационарных депрессиях южного полушария никак не связано.

В соответствии с изложенной методикой в течение 2004 года проводился сбор климатических данных и анализ текущей аэросиноптической информации. На основе собранных данных строились ежемесячные карты приземного давления и среднемесячные карты аномалий давления и температуры воздуха. Определялся характер текущих макропреобразований атмосферной циркуляции и их классификация. Регулярно готовились синоптические обзоры для ежеквартальных выпусков Бюллетеня РАЭ «Состояние природной среды Антарктики».

Одновременно в течение года проводились синоптические консультации, составлялись суточные и периодные прогнозы (на два-пять дней), необходимые прежде всего для обеспечения работы экспедиционных судов и перелетов тяжелых российских самолетов через океан. Составлены и переданы потребителям фоновые долгосрочные метеопрогнозы на весну и лето по Восточной Антарктиде на 2004 г. Эти прогнозы использовались при планировании графика перелетов Кейптаун-Антарктида.

Результаты обработки геолого-геофизической информации, полученной по данному проекту направления «Научно-прикладные исследования и разработки» обобщены в разделах 1.13 и 1.14 настоящего отчета.

2.1.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДАННЫМИ СТАНДАРТНЫХ ЛЕДОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫМИ ПРОГНОЗАМИ

В 2004 г. продолжены работы по совершенствованию системы сбора, обработки и анализа данных за ледяным покровом Южного океана и их использованию для стратегического планирования и оперативного обеспечения выполнения морских операций судами РАЭ.

Прибрежные наблюдения, основной целью которых является определение дат наступления основных ледовых фаз и инструментальные измерения толщины припайного льда, ежедневно осуществлялись на станциях Мирный, Прогресс, Беллинсгаузен. Судовые наблюдения, содержащие детальную характеристику ледовых условий и оценку численности айсбергов по маршруту плавания, непрерывно велись на НЭС «Академик Федоров» в период его нахождения в антарктических водах в январе–апреле и в декабре 2004 г. Спутниковые наблюдения, заключающиеся в ежедневном приеме 3-4 снимков ИСЗ, их дешифрировании и географической привязке для составления ежедекадных ледовых обзоров (ЛОИСЗ) по Южному океану, производились в течение круглого года на станциях Мирный, Новолазаревская, Беллинсгаузен.

Совокупность перечисленных наблюдений позволила с достаточной объективностью составить целостную картину развития ледовых процессов и в основном успешно предвидеть их дальнейший ход, несмотря на характерные для Антарктики глубоко индивидуальные для каждого года региональные особенности.

Так, антарктическое лето 2004 г. было почти точной копией прошлогоднего летнего сезона, что само по себе является достаточно неординарным. Балленский массив вновь занимал крайнее западное положение, будучи плотно поджат к меридионально ориентированному айсберговому языку ледника Нинниса (148° в.д.) и достигая на севере 65-й параллели. Тихоокеанский массив повторно был уникально далеко смещен также на запад, в море Росса, а его северная граница на всем протяжении устойчиво располагалась вблизи 70° ю.ш. Атлантический массив снова отличался экстремально увеличенными размерами, сосредоточившись преимущественно к западу от 40° з.д. вдоль всего Антарктического полуострова и вытянувшись аномально далеко на север — до 62-й параллели на 50° з.д.

В Индийском секторе, как и в прошлом 2003 г., произошло максимально возможное очищение его морей от льда. Пониженной ледовитостью выделялось море Космонавтов. В результате взлом припая здесь состоялся в весьма ранние сроки. Так, в районе законсервированной станции Молодежная в заливе Алашеева он произошел ориентировочно в середине февраля против середины марта по многолетним данным.

Однако самой главной региональной особенностью данного летнего периода, безусловно, явилось экстремально раннее разрушение припая на рейде Мирного 20 декабря 2003 г. при норме 2 февраля. За почти полувековую историю обсерватории столь ранний взлом во второй половине декабря отмечен лишь 5 раз. Заблаговременное предупреждение руководства экспедиции и командования судна об аномально раннем взломе припая на Мирном во второй половине декабря позволило подготовить и успешно осуществить здесь уникальную операцию по сливу свыше 1000 тонн дизельного топлива в условиях открытой воды.

Также полностью оправдался прогноз в отношении взлома припая в районе станции Прогресс в первой половине января 2004 г., вследствие чего основная выгрузка в соответствии с прогностической рекомендацией была произведена с помощью вертолетов через айсберг, к которому пришвартовалось судно. Также, используя заблаговременный ледовый прогноз, успешно была выполнена снабженческая операция на станции Новолазаревская в конце марта, когда НЭС «Академик Федоров» в отсутствие припая беспрепятственно достиг штатного места выгрузки на ледниковый барьер в бухте Белая.

В течение всего последующего зимнего периода в Южном океане в целом происходило интенсивное разрастание ледового пояса. Особенно активное продвижение кромки льда на север отмечалось в Атлантическом секторе и на соседствующих с ним акваториях морей Рисер-Ларсена, Космонавтов, западной половины моря Содружества, а также в восточной части Тихоокеанского сектора — в морях Амундсена и Беллингаузена. В частности, к сентябрю между $10-20^\circ$ в.д. лед достиг 54° ю.ш., а на 70° з.д. — 62° ю.ш.

Напротив, в восточной половине Индийского сектора развитие ледяного покрова по площади зимой существенно замедлилось. Более того, его размеры в море Дюмон-Дюрвиля с мая по октябрь почти не изменились и кромка льда стабилизировалась около 64-й параллели.

Однако наиболее яркая аномалия пониженной ледовитости наблюдалась в районе оконечности Антарктического полуострова. Несмотря на повышенное распространение льда в соседствующих морях Беллингаузена и Скоша, собственно в окрестностях Южных Шетландских островов — в проливах Дрейка и Брансфилд — лед практически отсутствовал. Так, по данным станции Беллингаузен здесь отмечалась редчайшая ситуация, когда в бухте Ардли так и не произошло образование устойчивого припая.

2.2. СОЗДАНИЕ И ИСПЫТАНИЕ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

2.2.1. ИНЖЕНЕРНО-ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ СООРУЖЕНИЙ ИЗ СНЕГА И ЛЬДА

Аномально сильное таяние, наблюдавшееся на снежно-ледовом аэродроме станции Новолазаревская в декабре 2003 г. – январе 2004 г., оказало разрушительное воздействие на состояние ВПП и перрона. Образовавшиеся в районе аэродрома проталины и внутриледниковые протоки воды, глубиной до 70 см, полностью блокировали не только проведение операций с воздушными судами, но и работу транспортной и аэродромной техники.

Работы на аэродроме были возобновлены 23 января 2004 г. и направлены на заполнение проталин снегом и выравнивание поверхности от неровностей, образованных наледями. В результате напряженной работы аэродромной группы, усиленной дополнительными специалистами станции, 27 января 2004 г. был принят самолет ИЛ-76, который позже выполнил еще два запланированных рейса из Кейптауна в Новолазаревскую: 5 и 11 февраля 2004 г.

Неблагоприятные погодные условия для подготовки снежно-ледовой полосы имели место также и в последующий холодный период 2004 г. За весь зимний период на аэродроме не было сплошного снежного покрова, аккумулировались лишь отдельные пятна снега. Для повышения эффективности снегозадержания был реконструирован струг-планировщик и задействована отремонтированная дисковая борона. Используя указанную технику, удалось создать ровную и шероховатую ледовую поверхность с укатанной мелкой ледовой крошкой. Первый рейс самолета ИЛ-76 успешно совершил посадку 29 октября 2004 г. Прибывшая вторым рейсом 6 ноября комиссия Северо-западного управления Гражданской Авиации подтвердила эксплуатационную годность аэродрома Новолазаревская.

Всего в ноябре-декабре 2004 г. на аэродроме Новолазаревской было принято 4 рейса ИЛ-76 в рамках международного проекта DROMLAN. Кроме приема межконтинентальных рейсов, снежно-ледовая ВПП использовалась также для проведения десятков рей-



Рис. 2.2.1. Гусеничный подъемник Morooka Crawler MF-25V на аэродроме Новолазаревской



Рис. 2.2.2. Выгрузка на Новолазаревской грузового колесного вездехода Mercedes-Benz UNIMOG U 4000

сов малой авиации, доставлявшей участников национальных программ Германии, Швеции, Норвегии, Финляндии, Южной Африки и Японии на их станции и в полевые лагеря. Действующее международное сотрудничество по проекту DROMLAN внесло существенный вклад в развитие транспортного парка аэродромных машин аэродрома Новолазаревской. В 2004 г. на аэродром доставлены гусеничный подъемник Murooka Crawler MF-25V (рис. 2.2.1), приобретенный Японией, и грузовой колесный вездеход Mercedes-Benz UNIMOG U 4000 (рис. 2.2.2), переданный на Новолазаревскую Германией.



Рис. 2.2.3. Испытания прицепного катка для обработки льда

Рейсом самолета ИЛ-76 2 декабря 2004 г. на аэродром Новолазаревской был доставлен опытный образец, изготовленного по проекту РАЭ, прицепного катка, предназначенного для повышения шероховатости ледниковой поверхности и повышения коэффициента сцепления колесного шасси самолета с ледовой ВПП. В конструкции опытного образца катка предусмотрено испытание трех видов рабочих органов: ошипованного пневматического колеса, ошипованного металлического колеса и зубчатого металлического диска (рис. 2.2.3). Первая серия испытаний прицепного катка, проведенная в середине декабря 2004 г., выявила ряд конструктивных недостатков, которые планируется устранить на технической базе станции. Повторные испытания намечены на конец января 2005 г.

2.2.2. СОЗДАНИЕ УСТАНОВОК ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

В 2004 г. работы по данному проекту не проводились.

2.2.3. ГИДРОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОРЕПЛАВАНИЯ

По результатам выполненных в предшествующие годы гидрографических промеров в прибрежной акватории станции Прогресс составлена карта глубин моря к востоку от береговой черты полуострова Миррор в Холмах Ларсеманн. Карта составлена ФГУП «Гидрографическое Предприятие (Санкт-Петербург)» в масштабе 1:5000. Карта выполнена в проекции Гаусса-Крюгера. Аналитическая сеть дана в местной системе координат, на основе карты R-43-57,58 издания ГУГК масштаба 1:100 000 выпуска 1980 г.

Разбивка и оцифровка выпущенной гидрографической карты произведена с использованием программного продукта «CARIS HIPS». Сечение изобат выбрано через 5 м. На врезке по бухте Пляжной изобаты нанесены через 1 м. Допустимая средняя квадратическая погрешность определения местоположения глубин на местности составляет 7,5 м.

В целом акватория, нанесенная на карту, характеризуется относительно спокойным рельефом дна. Преобладает скальный грунт с отдельными пятнами песка и ила вблизи береговой черты. В пределах приливной зоны существуют участки скопления обсыхающих и подводных камней, представляющих навигационную опасность для малотоннажных судов с мелкой осадкой.

2.2.4. ТОПОГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА АНТАРКТИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

Работы выполнены в соответствии с «Техническим проектом», составленным на основании распоряжения Федеральной службы геодезии и картографии России № 6-09-175 от 21.01.2003 г., Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2001 г. № 685 «О мерах по обеспечению интересов Российской Федерации в Антарктиде и деятельности Российской антарктической экспедиции в 2002–2005 гг».

Создание пункта фундаментальной астрономо-геодезической сети на станции Прогресс

Цель работы – координатное обеспечение территории Антарктиды, создание межматериковой спутниковой сети, изучение вопросов обеспечения точными эфемеридами спутниковой системы ГЛОНАСС. Для закладки центра пункта ФАГС выбрано место в верхней плоскости астрономического столба, расположенное в 20 см западнее металлической марки. В этом месте было высверлено отверстие диаметром 30 мм и глубиной 180 мм, в которое забетонировано металлическое устройство для принудительного центрирования спутниковой антенны, выступающее над основанием столба на высоту 60 мм. Центру пункта ФАГС присвоено имя: «ФАГС». С помощью удлинителя (100 м) от жилого вагончика «черепаха» до основания скалы, на вершине которой заложен пункт ФАГС, подведено электропитание 220 в. На вновь заложенный пункт составлена кар-

точка постройки, в которой помещен абрис согласно установленной форме. Пункт сдан под наблюдение за сохранностью начальнику станции «Прогресс» по акту № 3 от 4.03.2004 г.

С 15 января по 15 февраля на пункте ФАГС производились круглосуточные спутниковые наблюдения в соответствии с требованиями, установленными «Техническим заданием»:

- интервал приема сигналов со спутников – 15 с;
- угол возвышения над горизонтом – 5°;
- регламентный час для слива информации – 12:00 – 13:00 (время Московское).

В ходе наблюдений контролировалось количество наблюдаемых спутников (в среднем 8–10 спутников NAVSTAR). Основная группировка спутников располагалась в северной части небесной сферы. Питание приемника, установленного на пункте ФАГС, осуществлялось от постоянного источника напряжения (220 в) с использованием стабилизирующего преобразователя напряжения, кроме того, питание приемника дублировалось от автомобильного аккумулятора. Во все дни наблюдений на пункте ФАГС устанавливался двухчастотный односистемный приемник LEGACY HGD № UHD 01254 (электронный номер 8PC76ET7YM8).

Определение пункта фундаментальной астрономо-геодезической сети на станции Новолазаревская

В период сезона 49-й РАЭ с 14 января по 7 февраля 2004 г. представителем ФГУП «Аэрогеодезия» техником-геодезистом I-й категории Е.В.Бровковым были выполнены работы по определению пункта Фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС), и его привязке к пунктам, находящимся на территории станции Новолазаревская.

Пункт Фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС) «Астрономический столб №1» (AST1). Пункт был заложен во время сезонных работ 48-й РАЭ в январе 2003 г. Пункт находится на территории станции, на горе над сейсмологической лабораторией.

Вспомогательный центр пункта ФАГС «Астрономический столб № 2» (AST2), был перезаложен. Деревянное устройство было извлечено, а на его место вмонтировано и зацементировано металлическое устройство для принудительного центрирования, идентичное устройству на пункте «Астрономический столб №1».

Круглосуточные наблюдения на основном пункте ФАГС «Астрономический столб № 1» (AST1) проводились в период с 14 января по 7 февраля 2004 г. Для наблюдений использовался комплект спутниковой навигационной аппаратуры фирмы «Javad»:

- приемник «D» LE № 2085 (MT 301745335);
- антенна к приемнику «D» – «JPS Regant-SD-I» (RA 0220).

В ходе наблюдений контролировалось количество наблюдаемых спутников (в среднем 8–10 спутников NAVSTAR и 2–4 спутника GLONASS). Основная группировка спутников располагалась в северной части небесной сферы. По всей линии горизонта отсутствовали препятствия, возвышающиеся под углом более 5°. Питание приемника осуществлялось от двух поочередно меняемых автомобильных аккумуляторов, предоставленных начальником станции.

Наблюдения на пунктах привязки производились в период с 15 по 23 января 2004 г. Для наблюдений использовался комплект спутниковой навигационной аппаратуры фирмы «Trimble»:

- приемник «4000 SSi» № 3247A01988;
- антенны к приемнику – «4000 SST\SSE Geodetic L1\L2» TRM 14532.00 № 3246A66167 и «4000 SST\SSE Geodetic L1\L2» TRM 14532.00 № 3246A66168.

Предварительные вычисления производились с помощью лицензионной программы «Pinnacle». В ходе предварительных вычислений выяснилось, что, полученные в ре-

зультате наблюдений приращения координат векторов соответствуют допускам, предписанным «Техническим предписанием по выполнению спутниковых наблюдений при построении фрагментов ФАГС и ВГС ЦНИИГАиК» и паспортным характеристикам спутниковой аппаратуры.

Рекогносцировочные работы и закладка пунктов спутниковых наблюдений на озере Радок

Рекогносцировочные работы по определению мест закладки пункта ВГС (пункта высокоточной геодезической сети) и его спутников на озере Радок начаты 27 января 2004 г.

Центр пункта ВГС заложен на расстоянии 1020 м к югу от полевой базы «Радок». Пункт ВГС представляет собой стальную марку с системой принудительного центрирования спутниковой антенны. Марка заложена в выход коренного песчаника на плоскогорье высотой 130 м между озером Радок и озером Теплым. К западу от марки, на расстоянии 1,5 м сложен каменный тур высотой 1,7 м.

Центр пункта GPS1 заложен на расстоянии 650 м к северо-востоку от полевой базы «Радок». Пункт GPS1 представляет собой бронзовую марку. Марка заложена в выход коренного песчаника на плоскогорье высотой 120 м между ущельем Пагодрома и ущельем, соединяющим озеро Теплое с озером Радок. К югу от марки, на расстоянии 2,3 м сложен каменный тур высотой 1,7 м.

Центр пункта GPS2 заложен на расстоянии 1840 м к северо-западу от полевой базы «Радок». Пункт GPS2 представляет собой бронзовую марку, центр марки накернен. Марка заложена в выход коренного песчаника на плоскогорье высотой 160 м, образующим мыс между северным и восточным заливами озера Радок. К северу от марки, на расстоянии 1,4 м сложен каменный тур высотой 1,8 м.

Центр пункта GPS3 заложен на территории полевой базы «Радок» в 25 м к северо-востоку от домика. Пункт GPS3 представляет собой стальной анкерный винт со стальным якорем. Винт заложен в выход гранитного валуна из валунно-галечных отложений озерной долины. К северу от марки, на расстоянии 0,9 м сложен каменный тур высотой 1,6 м.

Основные три пункта – ВГС, GPS1, GPS2, были заложены с таким расчетом, чтобы не было никаких помех видимости на спутники по углу возвышения более 5°. Пункт GPS3 находится в долине озера Радок, поэтому окружающий рельеф создает препятствия по углу видимости до 10°.

С 30 января по 15 февраля 2004 г. в соответствии с требованиями технического задания на пункте ВГС «Озеро Радок» проводились круглосуточные спутниковые наблюдения.

Наблюдения были начаты 30 января в 22 часа 00 минут местного времени (17 часов 00 минут UTC) и завершены 15 февраля в 9 часов 53 минуты местного времени (4 часа 53 минуты UTC). Общая продолжительность наблюдений составила 15 суток 11 часов 53 минуты. Всего было записано 15 файлов суточных наблюдений.

Наблюдения выполнялись комплектом спутниковой геодезической аппаратуры фирмы «Javad Positioning Systems». В комплект входили:

- двухчастотный приемник типа «JPS LEGACY», серийный номер LO1147, электронный номер MT301361328;
- двухчастотный приемник типа «JPS LEGACY», серийный номер LO1149, электронный номер MT302302828;
- двухчастотная антенна типа JPS REGANT SD I, серийный номер RA 0210.

В процессе наблюдений приемниками записывались сигналы от навигационных спутников двух систем: американской GPS NAVSTAR и российской GLONASS.

Приемник на пункте ВГС включался в режиме статических наблюдений. Дискретность записи сигналов во встроенную память приемника была задана 15 с, что позволя-

до при объеме памяти 15 МВ вести непрерывную запись в течение трех суток. В приемнике была установлена величина маски по углу видимости, равная 10°. Это минимальный угол возвышения спутника над горизонтом, при котором сигнал от него начинает записываться в память приемника. Каждые сутки, в период с 9 до 10 часов местного времени (с 4 до 5 часов UTC), приемник выключался и включался снова для создания в памяти нового суточного файла со своим именем. Отработавший двое, трое суток приемник заменялся другим и уносился в полевой лагерь для записи накопленной информации в компьютер. Таким образом, перерывы между суточными наблюдениями составили не более 5 мин. Питание приемников осуществлялось аккумуляторами емкостью 60А/ч, аккумулятор менялся одновременно с приемником. Запись информации из приемника в компьютер производилась с помощью программы «PC-CDU» фирмы «Javad Positioning Systems».

Антенна JPS REGANT SD I устанавливалась на стальную марку с системой принудительного центрирования (марка с винтовой резьбой для наворачивания антенны). Марка была установлена и забетонирована так, что до конца закрученная на нее антенна ориентировалась по направлению на истинный север с ошибкой не более 10°. Направление на истинный север определялось компасом с учетом магнитного склонения (западное – 75°) и проверялось навигационным GPS-приемником фирмы «GARMIN» типа «GPS III pilot».

Наблюдения на пункте ВГС «озеро Радок» выполнялись одновременно с наблюдениями на пунктах ФАГС (пункты фундаментальной астрономо-геодезической сети), находящихся на антарктических станциях «Новолазаревская» и «Прогресс». На станции «Новолазаревская» наблюдения продолжались до 7 февраля, на станции «Прогресс» – до 15 февраля 2004 г.

2.3. ПРОДОЛЖЕНИЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ УЗЛОВЫХ РАЙОНОВ АНТАРКТИКИ В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНЫХ ГЕОТРАВЕРЗОВ

Геолого-геофизические работы на Земле Мак-Робертсона и Земле Принцессы Елизаветы

В январе–марте 2004 г. проведены специализированные геологические исследования на массиве Мередит и в районе озера Рэдок (горы Принс-Чарльз, Земля Мак-Робертсона), горах Гров и восточном борту ледников Ламберта и Эймери (Земля Принцессы Елизаветы); выполнена аэромагнитная съемка масштаба 1:500 000 с попутной радиолокацией на Береге Моусона.

По *массиву Мередит*. Выделена протерозойская метаморфическая толща Мередит мощностью порядка 3 км, включающая 5 пачек, состоящих из мигматизированных биотитовых и амфибол-биотитовых парагнейсов, линзовидно-полосчатых и гранитизированных гнейсов, изредка кварцитов и карбонатных пород. Интрузивные и жильные образования, занимающие около половины площади массива, разделены на 3 комплекса – метаинтрузивный (средне-позднепротерозойский), интрузивный (позднепротерозойский) и жильный (позднепротерозойский – мезозойский), состоящие в общей сложности из 10 групп: двух групп пластовых метабазитов, пяти групп метаморфизованных гранитоидов, двух групп постметаморфических гранитоидов и группы щелочных пикритов.

Ледниковые и водно-ледниковые отложения расчленены на 9 вещественно-возрастных групп, включающих колювиально-ледниковые, ледниковые и озерно-ледниковые осадки с возрастом формирования от плиоцена до настоящего времени. Обнаружен локальный выход верхнепалеозойских по облику песчаников; в составе большин-

ства морен, обнаружены многочисленные обломки подобных песчаников, а также углей, что свидетельствует о подледном продолжении пермо-триасовых угленосных отложений на юг до массивов Мередит и Ланьон включительно. В эндогенном развитии докембрийских образований выявлено 4-5 крупных этапов деформаций, которые сопровождались двукратной складчатостью и двух-трехстадийным метаморфизмом с пиковыми условиями, соответствующими мигматитовой ступени амфиболитовой фации.

Результаты геолого-геофизических исследований на массиве Мередит (находка дайки щелочных пикритов, некоторые локальные положительные аномалии магнитного поля) укрепляют и расширяют перспективы центрального района гор Принс-Чарльз на обнаружение собственно кимберлитовых тел.

По району гор Гров. Получены новые материалы, углубляющие существующие представления о геологическом строении этого района. Уточнены пространственные границы ранее выделенных толщ Мэйсон, Вукович и Хардинг.

По району ледников Ламберта и Эймери. Получен объемный и разнообразный материал, позволяющий по новому оценить геологическое строение, структурную принадлежность и минерагеническую специализацию докембрийских образований в полосе протяженностью около 200 км (от нунатака Робертсон на юге до массива Рейнболт на севере). Выявлена общность геологических формаций, слагающих горные выходы от нунатака Робертсон до нунатаков Маннинг включительно. Метаморфические породы объединены в протерозойскую серию Маннинг мощностью около 3,5 км, которая включает 6 толщ, состоящих из биотитовых и гранат-биотитовых парагнейсов, отдельных пластов и пачек кварцитов и карбонатных пород, прослоенных пачками и пластами линзовидно-полосчатых гнейсов и амфибол-биотит-плагиоклазовых ортогнейсов. Широко развитые в указанном районе интрузивные и жильные образования разделены на 10 групп, включающие до- и синметаморфические базиты и гранитоиды (6 групп) и постметаморфические гранитоиды (4 группы).

Выявлены несомненные различия района ледника Ламберта (нунатаки Робертсон — нунатаки Маннинг) и района ледника Эймери (массив Рейнболт) по составу слагающих их метаморфических толщ, характеру метаморфизма, структурным деформациям и другим признакам; по этим же признакам выявлено определенное сходство района нунатаков Маннинг и массива Мередит.

По району озера Рэдок. Составлен послойный разрез пермских терригенных отложений, включающих свиты Рэдок и Баймедар, общей мощностью 1160 м. Верхняя подсвита свиты Баймедар (Верхнебаймедарская подсвита) по степени угленосности разделена на три горизонта: нижний слабоугленосный (260 м), средний угленосный (170 м) и верхний слабоугленосный (300 м). В среднем угленосном горизонте выявлено и изучено 17 угольных пластов мощностью от 0,1 до 3,5 м (суммарная мощность — 13,5 м); установлена значительная изменчивость в строении и мощности большинства угольных пластов.

Аэромагнитная съемка масштаба 1:500 000 с попутной радиолокацией на берегу Моусона

Аэрогеофизической съемкой масштаба 1:500 000 охвачена северо-западная часть Земли Мак-Робертсон площадью 20 000 км². Построены полевые карты аномального магнитного поля в графиках и изолиниях, карты изолиний подледного рельефа, мощности ледовой толщи, схемы районирования магнитного поля и геологической интерпретации аэрогеофизических данных. Оценена глубина залегания верхних кромок характерных магнитоактивных тел.

Анализ аэрогеофизических данных свидетельствует о гетерогенном строении и многостадийной истории развития изученного района, перекрытого платформенным чехлом мощностью более 0,7 км и ледовым покровом толщиной до 1800 м.

В южной части участка под ледовым покровом закартированы два поднятия подледного рельефа субширотного простирания с абсолютными отметками от 700 до 2000 м. Высшие точки этих горных массивов обнажаются на дневной поверхности в виде гряды нунатаков АНАРЭ – Стинир и нунатака Мак-Карти. Рельеф массива АНАРЭ – Стинир сильно расчленен, его средняя высота превышает 900 м. Горный массив Мак-Карти ниже на 300 – 400 м и является пологим. Они разделены долиной шириной 40 км широтного простирания с абсолютными отметками 200 – 400 м. По своему местоположению горные массивы являются непосредственным подледным продолжением на север (до 69° ю.ш.) гор Принс-Чарльз и морфологически образуют с ними единую орографическую систему.

В пределах участка съемки выделена субмеридиональная линейная тектоническая зона, приподнятая в южной части относительно участка 40-й РАЭ в среднем на 600 м. Тектоническая зона занимает практически всю рассматриваемую территорию и с востока и запада ограничена крупными дизъюнктивами. В подледном рельефе границы выражены морфологическими уступами, а в магнитном поле – линейными неоднородностями. Оба дизъюнктива, вероятно, сингенетичны с региональной структурой зоны рифта. Тектоническая зона подразделяется на Южный и Северный тектонические блоки. В пределах блоков выделены поля развития послемезозойских основных покровных эффузивов (силлов) типа базальтоидов массива Маннинг.

Морские геофизические исследования в море Дейвиса и западной части моря Моусона

Выявлены основные особенности строения консолидированного основания бассейна. По характеру рельефа, глубине залегания, особенностям сейсмической записи и скоростным характеристикам выделено несколько различных по природе типов акустического фундамента. В юго-восточной части моря Дейвиса по кровле фундамента намечается неглубокий периконтинентальный рифтовый прогиб, протягивающийся в северо-восточном направлении приблизительно до 95° в.д. Граница континент-океан в этой части района маркируется протягивающейся из моря Содружества структурной ступенью фундамента и хорошо коррелируемыми между собой положительными магнитными аномалиями с глубокими сопряженными минимумами на южной стороне. Кора континентального типа отличается от коры океанического типа по структуре сейсмической записи на разрезах МОГТ и распределению граничных скоростей по данным МПВ (первая характеризуется значениями скорости в поверхности фундамента 6,0–6,2 км/с, вторая – 4,8–5,5 км/с). На континентальном склоне юго-восточной части района работ (море Моусона) оконтурено окраинное плато Брюс, состоящее из двух блоков (западного и восточного), в строении которых участвуют мезозойские вулканические комплексы, перекрывающие утоненную континентальную кору. Наиболее широко вулканические комплексы развиты в пределах западного блока, где их мощность, по данным МПВ, составляет свыше 2,5 км. Океанический фундамент к северу от плато Брюс существенно отличается по характеру сейсмической записи от выделенного в западной части района, а граница континент-океан здесь может быть локализована в зоне шириной 25–35 км.

Сведения о мощности земной коры получены по данным 8 зондирований МПВ, выполненных вдоль профиля 4901 в восточной части моря Дейвиса вкост континентальной окраине, и данным моделирования аномалий поля силы тяжести. Мощность земной коры составляет 13–16 км в нижней части континентального склона, около 10 км в его подножии и 6–8 км в абиссальной котловине. Мощность коры в пределах окраинного плато Брюс (западная часть моря Моусона) оценивается в 18–20 км.

Магнитные исследования 2004 г. позволили выделить в исследованном районе две последовательности спрединговых аномалий. В восточной части моря Дейвиса, в непосредственной близости от границы континент-океан идентифицированы магнитные

аномалии М11 (133,5 млн лет) и М10 (129,8 млн лет) восток – северо-восточного простирания, указывающие на раннемеловой возраст океанической коры этой части акватории. Скорость спрединга в полученной модели меняется от 1,6 до 3,5 см/год. В северной части района работ предположительно идентифицирована раннекайнозойская последовательность аномалий 25 (56,4 млн лет)–19 (41,2 млн лет) юг – юго-восточного простирания. Скорость спрединга варьирует от 0,4 до 1,9 см/год.

По совокупности геолого-геофизических данных установлены значительные различия в строении земной коры западной и восточной частей района работ, обусловленные их формированием в ходе двух этапов распада Восточной Гондваны. В западной части района к северу от периконтинентального прогиба можно выделить зону относительно древней (нижнемеловой) океанической коры, сформированной в результате разделения Антарктиды и Индии; в восточной части района структуры континентальной окраины (плато Брюс) непосредственно граничат с корой позднемелового возраста, образованной спредингом между Антарктидой и Австралией. Сочленение двух разновозрастных границ континент–океан расположено в районе 96° – 97° в.д.

В осадочном чехле бассейна выделено 5 основных региональных несогласий – CS1, CS2, CS3, CS4, CS5, образование которых обусловлено изменениями тектонической и палеогеографической обстановки в южной полярной области Земли. Несогласие CS1 связывается с завершением рифтовой стадии развития окраины и раскрытием Индийского океана около 134,5 млн лет назад, а возраст нижележащего синрифтового комплекса определяется как преимущественно позднеюрский. Несогласие CS2 соответствует началу эрозии подстилающего комплекса и/или перерыву в осадконакоплении в условиях медленно погружающегося мелководного окраинного бассейна во время крупнейшего в позднем мезозое эвстатического понижения уровня Мирового океана и датировано возрастом около 130 млн лет. Доледниковые пострифтовые осадки в южной части континентальной окраины иногда образуют клиноформную структуру, интерпретируемую как конус выноса. Важнейшей границей пострифтовой части осадочного чехла является несогласие CS4, выше которого в разрезе появляются сейсмические фации подводных каньонов и сопряженных с ними боковых наносов, а также волнообразные отражения («осадочные» волны) и BSR. Несогласие CS4 маркирует начало гляциального режима в Антарктике на границе эоцена и олигоцена (около 40–35 млн лет назад). Несогласие CS5 связано с началом развития контурных течений после открытия пролива Дрейка около 23 млн лет назад.

Работы, выполненные в 2004 г., позволили оконтурить и определить основные параметры осадочного бассейна моря Дейвиса. Общая площадь бассейна составляет 230 тыс. кв. км, мощность чехла – свыше 5,0 км, объем осадочного материала – около 1,0 млн куб. км. Углеводородный потенциал осадочного бассейна моря Дейвиса оценивается в 2,0–2,5 млрд т УТ. Выполненные работы завершили многолетний этап изучения континентальной окраины Восточной Антарктиды от 30° до 100° в.д., сопряженной континентальной окраине полуострова Индостан. Приуроченные к этому сектору бассейны морей Космонавтов, Содружества и Дейвиса сходны по тектоническому положению, истории развития и стратиграфической последовательности осадочного чехла и могут быть выделены в единую, возможно, нефтегазоносную провинцию.

Результаты обработки и анализа данных геолого-геофизических работ в Антарктике подробно рассмотрены в разделах 1.13 и 1.14 настоящего отчета.

2.4. МЕДИЦИНСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

Современный этап медицинского обеспечения экспедиций характерен повышенным вниманием специалистов Передвижного медицинского отряда (ПМО) ААНИИ РАЭ профессиональному отбору кандидатов для участия в антарктических экспедициях, с



Рис. 2.4.1. Компьютерное тестирование в медпункте станции Новолазаревская

одной стороны, и удаленному медицинскому контролю процесса адаптации участников экспедиций в процессе выполнения сезонных и зимовочных работ, с другой стороны.

Отличительными признаками проводимых в текущем году научно-практических мероприятий стали дальнейшая информатизация медицинской деятельности ПМО ААНИИ РАЭ, систематизация циркулирующей управленческой и диагностической информации в специально разработанной базе данных и архива файлов на сервере ПМО, создание Web-страницы, посвященной развитию телемедицины в ААНИИ РАЭ (www.raemed.aari.nw.ru), и анализ результатов долговременного мониторинга здоровья участников и специалистов РАЭ.

Анализ заболеваемости в экспедициях за последние пять лет явно указывает на низкий уровень и качество отборочной медицинской комиссии. Поэтому специалисты ПМО сориентировали свою деятельность на освоении компьютерных экспресс методов выявления грубых и потенциально опасных патологий состояния здоровья кандидатов на зачисление в экспедиции РАЭ.

Среди новых методов, прежде всего, можно назвать: психоневрологическое компьютерное тестирование с применением методики МРІ, позволяющей составить психологический портрет обследуемого в течение 20–40 минут тестирования. Эта работа на настоящем этапе имеет добровольный статус. Однако, накопленный за текущий год опыт применения метода, показывает его высокую эффективность при выявлении неуравновешенного психического состояния обследуемых, степень их коммуникабельности и адаптивности к меняющимся условиям окружения.

Усиленное внимание врачей ПМО анализу кардиологического обследования на этапе профессионального отбора кандидатов для участия в РАЭ в предшествующие годы оказалось полностью обоснованным. Удалось создать мощный «фильтр» претендентам со слабым физическим здоровьем, аномалиями коронарной сердечно-сосудистой системы, гипертонической болезнью сердца.

Эта работа в текущем году обрела дополнительные свойства. В сотрудничестве с фирмой – базовым производителем кардиодиагностических систем «Нейрософт» были



Рис. 2.4.2. Конференция по телемедицинской сети «Ambulance-Consultant RAЕ»

обновлены и дополнены методические и программные средства компьютерной диагностики. Специально для выявления скрытых патологий сердечной деятельности приборный парк ПМО дополнен велоэргометрическим комплексом, благодаря чему в настоящее время внедряется методология тестирования под нагрузкой. Особый смысл представленная методология имеет в связи с отбором кандидатов для выполнения работ на станции «Восток», где требования к функционированию сердечно-сосудистой системы особенно жесткие.

На этапе переходов полярников к месту их основной деятельности на борту НЭС «Академик Федоров» уже третий год подряд выполняются наблюдения за их физической и психофизиологической адаптивностью. Это осуществляется путем вовлечения в работу стационарных врачей, следующих в составе экспедиции. Предварительно врачи проходят обучение компьютерному медицинскому мониторингу состава команд своих станций. Эти навыки приобретаются ими в период подготовки экспедиции на технических и программных средствах ЛВС ПМО. Получаемые врачами результаты наблюдений частично анализируются на месте, а затем по телемедицинской сети «Ambulance-Consultant RAЕ» поступают для окончательного контроля и анализа в Центральный медицинский консультативный пункт (ЦМКП) АНИИ РАЭ. ЦМКП специально организованный интеллектуально-информационный ресурс на базе технических средств ЛВС ПМО и профессиональных знаний и опыта команды врачей ПМО РАЭ. Здесь медицинскими специалистами ПМО проводится сравнительный и детальный анализ полученных данных. Сделанные выводы и результаты анализа возвращаются к врачам как консультативная информация для принятия оптимального решения в стратегии лечения и профилактики заболеваний. Таким образом, удается еще до прибытия на станции выявить и предотвратить возможные проблемы здоровья, а на самих станциях эффективно решать задачи охраны здоровья участников экспедиции.

Работа по мониторингу текущего состояния здоровья участников экспедиции непосредственно на станциях продолжается в течение всего года с периодическим (раз в месяц) обменом информацией с ЦМКП по телемедицинской сети. При необходимости

ти врачи станций проводят отлаженные телемедицинские консультации в любое необходимое время. За текущий год общее количество удаленных консультаций составило более 80-ти. В результате привлечения высококвалифицированных специалистов передовых лечебных учреждений Санкт-Петербурга удалось эффективно провести сложные операции и лечение непосредственно на станциях, и в большинстве случаев исключить нежелательные последствия в послеоперационный период.

Чтобы создать компонент экстренной помощи в телемедицинской сети «Ambulance-Consultant RAЕ» в феврале–апреле 2004 г. была продолжена экспериментальная работа по установке видеоконференцсвязи с полярными станциями Антарктиды. В этом аспекте следует отметить успешные испытания установленных технических средств космической связи, позволившие на современном уровне провести телемедицинские сеансы реального времени с борта НЭС «Академик Федоров» и обсерватории «Мирный».

Связи с реорганизацией российского министерства здравоохранения начата работа по созданию санитарных паспортов полярных станций и профессиональному лицензированию всех видов деятельности ПМО, медицинских амбулаторий станций и НЭС «Академик Федоров».

НАПРАВЛЕНИЕ 3. МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ СРЕД АНТАРКТИКИ

Мониторинг природной среды Антарктики по-прежнему остается ведущим направлением работ Российской антарктической экспедиции, особенно, в ее зимовочной части. Результаты работ по данному направлению создают основу информационных баз данных по состоянию верхней, свободной и приземной атмосферы, ледяного покрова Антарктического материка и Южного океана, состоянию и трансформации водных масс окраинных морей, динамического состояния земной коры и изменчивости фауны, флоры и микробного биоразнообразия. Указанные базы данных используются в расчетах прогностических моделей и разнообразных фундаментальных и прикладных научных исследованиях.

В 2004 г. в Антарктике выполнялись работы по программам 48-й зимовочной (завершение работ – январь-март), 49-й сезонной (январь-апрель), 49-й зимовочной (март-декабрь) и 50-й сезонной РАЭ (начало работ – ноябрь-декабрь). Работы по мониторингу окружающей среды проводились на станциях Мирный, Восток, Новолазаревская, Прогресс и Беллинсгаузен, а также на борту НЭС «Академик Федоров» и НИС «Академик Александр Карпинский». Наблюдения осуществлялись по следующим программам:

- стандартная метеорология и актинометрия;
- аэрология (Мирный, Новолазаревская);
- озонотрия (Мирный, Новолазаревская, НЭС «Академик Федоров»);
- содержание малых газовых примесей;
- мониторинг космических лучей (Мирный, Новолазаревская);
- ионосферы и магнитосферы (Мирный, Новолазаревская, Восток);
- мониторинг состояния морских льдов по данным спутниковых и прибрежных рейдовых наблюдений;
- физико-химическое состояние вод океана;
- изменчивость уровня океана;
- мониторинг сейсмической активности планеты;
- мониторинг за состоянием загрязняющих веществ в океане и на континенте в районе расположения российских антарктических станций (табл. 3.1).

В результате проведения санно-гусеничного похода в первые дни 2004 г. была расконсервирована станция Восток. Начались регулярные наблюдения по метеорологии и геофизике, осуществлявшиеся вплоть до 2005 г.

Продолжены регулярные прибрежные океанографические наблюдения за термохалинным состоянием вод и уровнем океана с апреля 2004 г. после восстановления вышедшей ранее из строя измерительной аппаратуры.

Океанографические наблюдения с борта НЭС «Академик Федоров» проводились как на полигоне в море Содружества, так и на меридиональном разрезе по пути следования от станции Новолазаревская до Кейптауна.

Оперативная информация о состоянии природной среды Антарктики по данным российских антарктических станций передавалась через АСПД ААНИИ в Гидрометцентр и далее всем заинтересованным потребителям в системе ВМО, кроме того данные ежеквартально публиковались в специальном бюллетене РАЭ ААНИИ «Состояние природной среды Антарктики», который распространяется среди заинтересованных российских организаций и публикуется на сайте ААНИИ на русском и английском языках.

Таблица 3.1

Выполнение программ мониторинга природных сред Антарктики на станциях и судах РАЭ

Наименование программы мониторинга	Восток	Мирный	Новолазаревская	Беллинсгаузен	Прогресс	НЭС	«Академик Федоров»	НИС	«Академик Александр Карпинский»
Приземная атмосфера, в т.ч. стандартные метеорологические наблюдения	+	+	+	+	+	+	+		-
– актинометрические наблюдения	+	+	+	+	+	+	+		-
Циркуляция тропосферы	-	-	+	-	-		+		-
Свободная атмосфера									
– аэрология	-	+	+	-	-		-		-
Стратосфера									
– космические лучи	-	+	+	-	-		-		-
Озоносфера	+	+	-	-	-		+		-
Ионосфера	+	+	-	-	-		-		-
Магнитосфера	+	+	+	-	-		-		-
Криосфера									
– параметры морского льда по данным ИСЗ	-	+	+	+	-		+		+
– прибрежные ледовые наблюдения	-	+	-	+	+		-		-
Гидросфера									
– физико-химические параметры вод океана	-	+	-	-	+		+		-
– уровень Мирового океана	-	+	-	-	+		-		-
Биосфера									
– сезонные исследования наземной флоры	-	+	+	-	+		-		-
Литосфера									
– сейсмический мониторинг	-	+	+	-	-		-		-
Мониторинг параметров окружающей среды									
– химические параметры	-	+	+	-	+		+		-

Некоторая часть оперативной информации о состоянии отдельных объектов природной среды (прибрежная гидрология, сейсмология и мониторинг загрязняющих параметров окружающей среды) была обобщена только после возвращения на Родину участников 48-й зимовочной и 49-й сезонной РАЭ (май 2004 г.).

Ниже приводятся обзоры состояния природных сред Антарктики в 2004 г., составление которых стало возможным по оперативным данным.

3.1. МОНИТОРИНГ КЛИМАТА ЮЖНОЙ ПОЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ

Изучение климатических условий в южной полярной области и их изменений в истекшем 2004 г. представляет большой интерес в связи с продолжающимся процессом глобального потепления.

Оценка состояния термического режима приземной атмосферы ЮПО в 2004 г. выполнялась в отделе метеорологии ААНИИ по данным стандартных измерений температуры воздуха на 16 островных и материковых стационарных метеорологических

станциях за период 1957–2004 гг. Данные российских станций размещены в ИНТЕРНЕТЕ на сайте ААНИИ:

<http://south.aari.nw.ru> (в разделе «Изучение и исследование Антарктики»);
данные иностранных станций – на сайтах:

<http://www.ncdc.noaa.gov/ol/climate/climatedata.html>;

http://www.nerc-bas.ac.uk/public/icd/metlog/jones_and_limbert.html.

Согласно предварительным оценкам NOAA [Climate of 2004. Annual Review. National Climatic Data Center. Asheville. January 13, 2005.] в 2004 г. аномалия среднегодовой температуры воздуха для южного полушария составила $+0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, 2004-й год стал при этом шестым по значимости теплым годом за период инструментальных наблюдений, начиная с 1957 г. Предыдущий 2003 г. для южного полушария был вторым наиболее теплым годом после 1998 г.

Последние несколько лет наблюдается увеличение количества районов с положительными аномалиями среднегодовой температуры. Прежде всего это район Антарктического п-ова, а также большая часть прибрежных районов Восточной Антарктиды. Отрицательные аномалии среднегодовой температуры в 2004 г. отмечаются только в районе Земли Уилкса (ст. Кейси, $-0,1\sigma$), на побережье моря Росса (ст. Мак-Мердо, $-1,6\sigma$), а также в районе Земли Королевы Мод (ст. Халли-Бей, $-1,1\sigma$, ст. Новолазаревская, $-0,5\sigma$).

Анализ межгодовых изменений температуры на длиннорядных станциях Антарктиды (не менее 30 лет) обнаруживает, что главной тенденцией в межгодовом ходе среднегодовой температуры на большинстве станций является повышение температуры воздуха. Этот процесс больше всего выражен в районе Антарктического полуострова. Здесь на ст. Беллинсгаузен повышение температуры составило $1,2\text{ }^{\circ}\text{C}/36$ лет (с 1969 г.) и около $2,7$ и $3,0\text{ }^{\circ}\text{C}/48$ лет (с 1957 г.) на ст. Ротера и ст. Эсперанца, соответственно.

На станции Оркадас (море Уэдделла) и в районе моря Росса (Мак-Мердо) – около $1,2$ и $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}/48$ лет.

На станциях Мирный, Кейси, Дейвис, Дюмон-д'Юрвиль, Восток, Сева значения линейного тренда положительны, но статистически не значимы.

В районах восточного побережья моря Уэдделла (ст. Халли-Бей, $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}/48$ лет), во внутриконтинентальном районе (ст. Амундсен-Скотт, $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}/48$ лет) прослеживаются тенденции понижения среднегодовой температуры за период 1957–2004 гг. Однако сами значения линейного тренда здесь статистически значимы только на станции Амундсен-Скотт.

Построение и анализ линейных трендов среднесезонной температуры на антарктических станциях показывает, что процесс потепления повсюду наиболее выражен с июня по август, т.е. в самые холодные месяцы года. Так, повышение температуры на ст. Беллинсгаузен для июня-августа составило $2,2\text{ }^{\circ}\text{C}/37$ лет, на ст. Новолазаревская – $1,6\text{ }^{\circ}\text{C}/44$ года.

Во внутриконтинентальных районах наибольшее потепление отмечается для декабря-февраля, т.е. для теплых месяцев года. На ст. Восток повышение температуры для этих месяцев составило соответственно около $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}/45$ лет. Однако есть периоды, когда на большей части Антарктиды знак линейного тренда отрицателен. Наиболее обширны по территории области понижения температуры для осеннего сезона (март-май). Так, для марта-мая такие очаги имеются на большей части Восточной Антарктиды, индо-океанском побережье, а также в восточной части моря Уэдделла. Здесь на ст. Халли-Бей значение тренда составляет $-3,0\text{ }^{\circ}\text{C}/47$ лет, на ст. Дюмон-д'Юрвиль – $-1,6\text{ }^{\circ}\text{C}/47$ лет.

При рассмотрении температурных условий в течение 2004 г. обращают на себя внимание положительные аномалии на индоокеанском побережье Восточной Антарктиды с января по март, особенно значительные в феврале. На станциях Дейвис и Мирный аномалии составили $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($2,2\sigma$) и $2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($2,1\sigma$), соответственно. Среднемесячная тем-

пература на этих станциях равнялась $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, соответственно, и оказалась второй по рангу теплых лет, начиная с 1958 г.

На станции Новолазаревская среднемесячная температура в феврале составила $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ при положительной аномалии $1,3\sigma$.

В марте отрицательные аномалии температуры распространились на центральную часть материка, на прибрежную часть Восточной (Земля Уилкса, Земля Виктория) и Западной Антарктиды (Земля Королевы Мод). Основной очаг холода располагался в районе Земли Виктории. Здесь на станции Мак-Мердо аномалия температуры составила $-3,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-1,2\sigma$).

В марте после перерыва возобновила работу внутриконтинентальная станция Восток. Среднемесячная температура воздуха в марте на станции была чуть выше нормы и составила $-57,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В апреле–июне на антарктических станциях отмечались преимущественно слабые (до 1σ) и умеренные (до $1,5\sigma$) аномалии среднемесячной температуры воздуха.

В июле так же, как и в июне, почти на всем континенте имели место отрицательные аномалии температуры. Основной очаг холода располагался в районе Полярного плато и восточной части Земли Виктории. На станциях Амундсен-Скотт и Мак-Мердо аномалии среднемесячной температуры воздуха составили $-6,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-2,4\sigma$) и $-7,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-3,1\sigma$), соответственно.

В районе Антарктического полуострова располагался очаг тепла. Здесь на станциях Ротера и Беллинсгаузен аномалии температуры составили $2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0,5\sigma$) и $3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($1,0\sigma$), соответственно.

В августе почти во всей прибрежной зоне материка, а также во внутриконтинентальной части Восточной Антарктиды, аномалии температуры были положительными. Весьма интересно, что наиболее крупная аномалия тепла наблюдалась на внутриконтинентальной части Восточной Антарктиды.

Таблица 3.2

Аномалии среднемесячной температуры (в долях σ) на российских станциях

Месяц	Мирный	Новолазаревская	Беллинсгаузен	Восток
I	0,9	0,8	-0,2	-*
II	<u>2,0</u>	<u>1,3</u>	0,1	-*
III	0,1	0,5	0,4	0,4
IV	0,2	-1,7	0,1	<u>1,2</u>
V	0,9	-0,9	0,9	0,5
VI	-0,2	-0,7	<u>1,6</u>	-0,3
VII	-1,1	-1,8	0,9	-1,1
VIII	0,7	0,0	0,9	<u>1,5</u>
IX	-0,3	-0,2	0,0	-0,1
X	0,9	<u>1,3</u>	-0,3	0,2
XI	0,6	0,0	0,6	0,7
XII	<u>1,7</u>	<u>1,9</u>	-0,2	<u>1,4</u>

Примечания: * – станция не работала. В таблице подчеркнуты значения положительных аномалий, превышающие σ .

тинентальной станции Восток. Август 2004 г. оказался пятым наиболее теплым августом за период работы этой станции.

В сентябре центр очага тепла сместился в район Полярного плато и западной части Земли Королевы Мод. Здесь на станциях Амундсен-Скотт и Халли аномалии температуры составили $4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($1,9\sigma$) и $4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($1,6\sigma$), соответственно.

Аномалии среднемесячной температуры (в долях σ) на российских станциях Мирный, Новолазаревская, Беллинсгаузен, Восток за 2004 г. представлены в табл. 3.2.

Анализ атмосферных макропроцессов южного полушария 2004 г. показывает, что в начале года (январь-март) основной чертой было заметное понижение зональности и повышенное развитие меридиональных процессов. Затем зональные процессы активизировались и лишь в декабре вновь ослабели.

Эту картину подтверждают данные о повторяемости форм циркуляции южного полушария.

Рассматривая среднемесячные поля приземного давления и его аномалий, можно увидеть достаточно заметные меридиональные черты в начале года (особенно в феврале) и в октябре-декабре.

В середине года форма этих полей носила сильный отпечаток зональности. При формировании очагов отрицательных аномалий давления они чаще оказывались над морями Уэдделла, Лазарева, Моусона и Дюрвиля. Очаги положительных аномалий давления (то есть усиления антициклонов и ослабления циклонической деятельности) чаще наблюдались на меридианах Южной Америки, западной части Индийского океана и Новой Зеландии.

Следует отметить период май-сентябрь, когда над Восточной Антарктикой и морем Уэдделла формировался циркумполярный очаг отрицательных аномалий давления, и даже меридиональные нарушения циркуляции происходили на фоне пониженного по сравнению с нормой атмосферного давления.

При развитии ярких меридиональных процессов, когда к берегам Антарктиды по западным перифериям блокирующих гребней выходили глубокие циклоны, иногда проникая даже вглубь материка, наблюдались периоды повышения температуры, выпадения значительных осадков, усиления ветра. Такие периоды по среднемесячным характеристикам прослеживаются в январе, феврале, августе, октябре и декабре. В частности, активные циклоны, стационарировавшие над морями Моусона и Дюрвиля (помимо упомянутых месяцев) также в июле и сентябре, способствовали выносу на Землю Уилкса теплого влажного воздуха и выпадению обильных осадков, которые впоследствии восточным переносом по поверхности купола достигали трассы Мирный – Восток. Повышенная заснеженность купола отмечалась в октябре-декабре во время похода по этой трассе.

Зональные процессы, наоборот, способствовали ослаблению междуширотного обмена и понижению температуры воздуха над Антарктидой. Хотя при прохождении циклонов в более высоких широтах (так называемая «высокоширотная зональность») наблюдались периоды повышения температуры. Наиболее четко подобная тенденция проявилась в июне-июле.

Главной особенностью циркуляционных процессов является активное развитие зональности в середине года при ее ослаблении в начале и конце года.

К периодам 2004 г., когда наблюдались погодные условия, близкие к средним многолетним, можно отнести март, сентябрь, ноябрь и отчасти декабрь.

Результаты обработки и анализа данных мониторинга атмосферных процессов в южной полярной области подробно рассмотрены в разделе 1.2. настоящего отчета.

3.2 МОНИТОРИНГ ИЗМЕНЧИВОСТИ ОЗОНОВОГО СЛОЯ В АНТАРКТИДЕ

В отчетный период измерения общего содержания озона проводились персоналом ААНИИ /РАЭ на станциях Восток, Мирный и Новолазаревская. Следует отметить, что на ст. Восток наблюдения возобновлены только 7 февраля 2004 г. после консервации этой станции в феврале 2003 г. Результаты обработки и анализа данных мониторинга озонового слоя в Антарктике подробно рассмотрены в разделе 1.8 настоящего отчета.

3.3. МОНИТОРИНГ МОРСКОГО ЛЬДА ЮЖНОГО ОКЕАНА

Антарктическое лето 2004 г. было почти точной копией прошлогоднего летнего сезона, что само по себе является достаточно неординарным.

Балленский массив вновь занимал крайнее западное положение, будучи плотно поджат к меридионально ориентированному айсберговому языку ледника Нинниса (148° в.д.) и достигая на севере 65-й параллели.

Тихоокеанский массив повторно был уникально далеко смещен также на запад, в море Росса, а его северная граница на всем протяжении устойчиво располагалась вблизи 70° ю.ш. (см. табл.3.3).

Атлантический массив снова отличался экстремально увеличенными размерами, сосредоточившись преимущественно к западу от 40° з.д. вдоль всего Антарктического полуострова и вытянувшись аномально далеко на север — до 62-й параллели на 50° з.д.

Напротив, в Индийском секторе, как и в прошлом году, произошло максимально возможное суммарное очищение его морей. Пониженной ледовитостью выделялось море Космонавтов. В результате взлом припая здесь состоялся в весьма ранние сроки. Так, в районе законсервированной станции Молодежная в заливе Алашеева он произошел ориентировочно в середине февраля против середины марта по многолетним данным.

Однако самой главной региональной особенностью данного летнего периода, безусловно, явилось экстремально раннее разрушение припая на рейде Мирного 20 декабря 2003 г. при норме 2 февраля (см. табл.3.4). За почти полувековую историю обсерватории столь ранний взлом во второй половине декабря отмечен лишь в пятый раз.

В конце февраля — первой половине марта в прибрежной зоне повсеместно развилось новое осеннее ледообразование, которое поначалу носило ослабленный, неустойчивый характер. Во второй половине месяца его интенсивность резко усилилась. В результате к концу марта произошло традиционное восстановление сплошного циркумполярного ледового пояса, за исключением тихоокеанского побережья Антарктического полуострова.

В течение всего последующего зимнего периода в Южном океане, в целом, происходило интенсивное разрастание ледового пояса. Особенно активное продвижение кромки льда на север отмечалось в Атлантическом секторе и на соседствующих с ним акваториях морей Рисер-Ларсена, Космонавтов, западной половины моря Содружества, а также в восточной части Тихоокеанского сектора — в морях Амундсена и Беллингаузена. В частности, к сентябрю между 10—20° в.д. лед достиг 54° ю.ш., а на 70° з.д. — 62° ю.ш. (табл.3.3).

Напротив, в восточной половине Индийского сектора развитие ледяного покрова по площади зимой существенно замедлилось. Более того, его размеры в море Дюмон-Дюрвиля с мая почти не изменились — кромка льда стабилизировалась около 64-й параллели.

Однако наиболее яркая аномалия пониженной ледовитости наблюдалась в районе оконечности Антарктического полуострова. Несмотря на повышенное распространение льда в соседствующих морях Беллингаузена и Скоша, собственно в окрестностях Южных Шетландских островов — в проливах Дрейка и Брансфилд — лед практически отсутствовал. Так, по данным станции Беллингаузен здесь отмечалась редчайшая ситуация, когда в бухте Ардли так и не началось устойчивое ледообразование (табл.3.4).

Таблица 3.3

Широтное положение внешней, северной кромки пояса дрейфующих льдов в Южном океане по данным ЛОИСЗ станций Беллинсгаузен, Новолазаревская и Мирный в 2004 г.

Меридианы	Февраль		Май		Сентябрь		Декабрь	
	Факт.	Норма	Факт.	Норма	Факт.	Норма	Факт.	Норма
130° з.д.	70,1	70,5	66,6	67,4	63,7	63,9		
120°	71,1	70,4	67,4	67,7	64,3	65,1	65,1	67,1
110°	70,8	70,6	67,6	68,2	64,2	65,3	67,8	67,6
100°	70,5	70,4	68,8	68,5	64,1	65,6	69,1	68,4
90°	70,8	69,6	68,8	67,9	64,1	65,5	68,5	68,2
80°	71,0	70,0	69,6	67,6	63,7	64,6	68,5	68,0
70°	69,0	68,3	68,5	67,0	61,6	63,5	67,0	66,6
60°	64,2 ¹	64,2 ¹	64,2 ¹	63,1	–	61,9	64,2 ¹	64,0
50°	61,7	65,3	59,4	60,5	60,5	59,9	62,7	62,6
40°	63,8	69,3	59,4	61,2	58,2	58,1	61,0	61,4
30°	74,3	73,1	59,5	62,6	56,8	57,0	59,8	60,7
20°	71,7	72,5	61,1	64,6	57,1	56,9	58,7	62,0
10° з.д.	69,8	70,4	66,2	66,2	56,0	56,6	58,2	62,4
0°	69,4	69,3	67,8	66,8	54,9	55,9	63,2	63,1
10° в.д.	69,5	69,3	64,2	66,3	53,9	55,3	63,7	62,9
20°	69,1	69,1	64,0	66,2	54,1	56,6	63,2	62,3
30°	69,2	68,5	64,7	66,4	55,3	58,7	63,6	62,9
40°	68,5	67,8	66,2	66,2	56,8	59,1	64,1	64,1
50°	66,5	66,3	64,6	64,8	57,3	59,1	62,8	64,1
60°	66,8	66,8	64,6	63,6	58,0	59,3	64,0	64,4
70°	67,3	67,3	64,0	63,0	58,9	59,1	65,4	64,3
80°	65,4	66,0	64,2	63,4	59,6	58,3	64,8	64,1
90°	65,2	65,5	64,3	63,3	60,1	59,5	64,3	63,6
100°	64,3	64,4	63,8	62,9	60,8	59,9	63,3	62,8
110°	65,2	65,4	65,0	63,5	61,9	60,6	64,5	64,0
120°	65,3	65,6	64,7	63,8	62,9	61,3	64,9	64,3
130°	65,8	65,4	64,5	64,0	63,8	61,9	64,3	64,2
140°			64,6	63,9	63,7	62,3	64,3	64,9
150°			64,7	63,6	63,9	62,0	64,6	64,8
160°					62,8	62,1	64,2	64,5
170° в.д.					62,7	62,9	63,8	66,1

Примечание: ¹ — Чисто, лед отсутствует, вместо положения ледовой кромки приведена широта точки антарктического побережья в месте ее пересечения соответствующим меридианом.

Следует также отметить, что в течение всей зимы в районах станций Мирный и Прогресс толщина припая в среднем на 10–15 см уступала как прошлогодним, так и среднемноголетним значениям (табл. 3.5).

В октябре традиционная стабилизация ледовой кромки отмечалась преимущественно только в Индийском секторе Южного океана. В Тихоокеанском секторе и восточной половине Атлантического сектора продолжалось разрастание ледяного покрова. Вместе с тем, в море Скоша началось перманентное отступление кромки на юг, вследствие чего уже в середине месяца полностью очистился от льда район Южных Оркнейских островов. В это же время внутри ледового пояса между 63–68° ю.ш. и 0–10° в.д. появились обширные зоны разрежения льда. Кроме того, в конце месяца на станции Прогресс было зафиксировано необычно раннее начало весеннего таяния припайного льда.

Таблица 3.4

Толщина припая и высота снега на нем (в см) в районах российских антарктических станций по данным профильных измерений в 2004 г.

Станция	Характеристики		Месяцы								
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Мирный	Лед	Факт.	– ¹	54	69	87	112	130	144	153	163
		Норма	46	67	84	101	119	137	152	156	149
	Снег		–	19	21	25	33	31	27	35	20
Прогресс	Лед		48	69	92	120	136	154	161	156	–
	Снег		4	1	1	0	0	0	0	0	–

Примечание: ¹ – измерения не выполнялись по соображениям безопасности.

Таблица 3.5

Сроки наступления основных ледовых фаз в районах российских антарктических станций в 2004 г.

Станция (водный объект)		Взлом припая		Очищение		Ледообразование		Образование припая		Замерзание	
		Начало	Оконч.	Первое	Оконч.	Первое	Устойч.	Первое	Устойч.	Первое	Оконч.
Мирный (рейд)	Факт.	13.11*	20.12*	14.02	НБ ¹	12.03	16.03	02.04	02.04	24.04	24.04
	Норма	23.12*	05.02	12.02	НБ	11.03	12.03	30.03	02.04	14.04	17.04
Прогресс (бух. Восточная)	Факт.	14.12*	13.01	10.02	НБ	04.03	10.03	22.03	09.04	09.04	20.04
	Норма	30.12*	13.01	НБ	НБ	16.02	17.02	06.03	08.03	26.03	26.03
Беллинсгаузен (бух. Арли)	Факт.	–	–	–	04.10	09.05	НБ	НБ	– ²	–	–
	Норма	10.09	09.10	12.10	05.11	09.05	08.06	11.06	13.06	03.07	07.07

Примечания: ¹ – явления не было; ² – явления не могло произойти, согласно логике развития ледовых процессов; * – 2003-й год.

В ноябре указанные выше признаки аномально раннего разрушения антарктического ледового пояса, который в целом отличался увеличенными размерами, реализовались в полной мере. Почти повсеместно отмечалось интенсивное сокращение ледяного покрова и разрастание стационарных полыней, в особенности полыни Уэдделла. Она была представлена к концу месяца гигантским пространством чистой воды в окружении сплоченного льда между 61–66° ю.ш. и 0–10° в.д.

В декабре, в итоге, произошло стремительное уменьшение размеров антарктического ледового пояса, в целом, до нормальных размеров. Наиболее фантастически быстро это традиционно состоялось в области полыни Уэдделла, которая к концу месяца полностью соединилась с открытым океаном. Причем, оформившийся Атлантический ледяной массив сохранил на крайнем северо-востоке устойчивый «язык» выноса льдов, достигавший на 10° з.д. 58-й параллели.

3.4. МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ МАГНИТОСФЕРЫ И ИОНОСФЕРЫ

В 2004 г. возобновлены магнитные и риометрические наблюдения на ст. Восток.

На станциях Новолазаревская и Мирный продолжены геомагнитные и риометрические наблюдения. В обс. Мирный проводится вертикальное зондирование ионосферы.

2004-й год находится на ветви спада 23 цикла солнечной активности. Для этого периода характерна повышенная вспышечная активность Солнца, что хорошо видно из рисунка 3.4.1, где приведены среднесуточные значения *K*-индекса магнитной активности за 2003 и 2004 гг., полученные по данным магнитных наблюдений в обс. Мирный.

Хорошо видно, что при общем низком уровне магнитной активности, происходили очень сильные магнитные возмущения. Похожие результаты дает и анализ поведения *PC*-индекса (рис. 3.4.2).

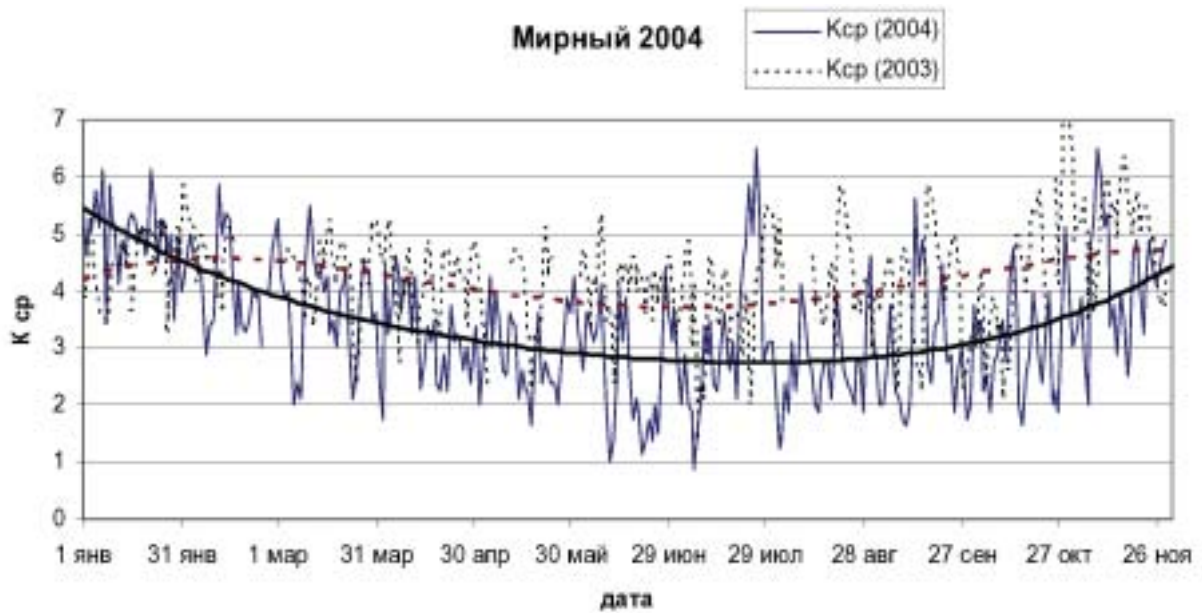


Рис. 3.4.1. Среднесуточные значения *K*-индекса по данным обсерватории Мирный

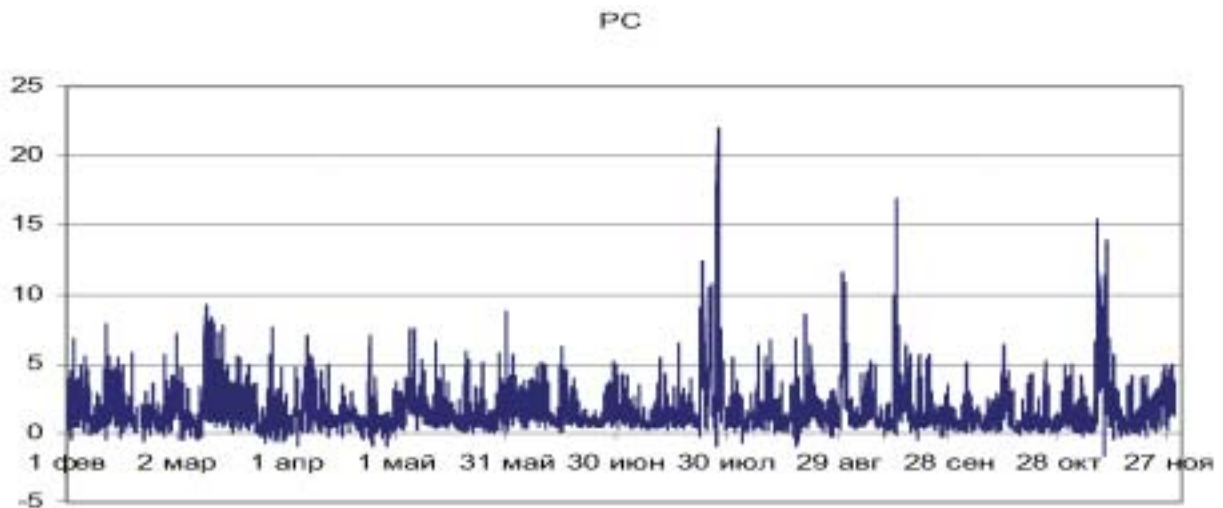


Рис. 3.7. Среднечасовые значения *PC*-индекса по данным ст. Восток

Хорошо видно, что самые интенсивные магнитные бури наблюдались: 22 января, 11 февраля, 1 и 11 марта, 22–28 июля, 30 августа, 13 сентября и 7–11 ноября.

Наиболее интенсивные возмущения сопровождалось вторжением в полярную ионосферу энергичных солнечных протонов, что нашло свое отражение в резком увеличении поглощения космического радиоизлучения на частоте 32 МГц, регистрируемого риометрами на ст. Восток и Мирный, так называемые явления поглощения полярной шапки (ППШ) (рис.3.4.3).

Явления ППШ наблюдались 24–28 июля, 12–23 сентября и во время одной из самых больших магнитных бурь – 7–11 ноября 2004 г.

Состояние ионосферы характеризуется поведением критических частот слоя F2 (f_0F_2). Суточный ход f_0F_2 соответствует норме. Четко выраженные суточные вариации в начале года (январь – март) сменяются слабо выраженным суточным ходом в зимний период, что связано с наступлением полярной ночи и изменением освещенности ионосферы. В это время суточный ход f_0F_2 слабо выражен.

В периоды интенсивных магнитных возмущений, сопровождаемых авроральным поглощением или явлениями ППШ, в обс. Мирный, по данным ионозонда, наблюдалось полное отсутствие отражений.

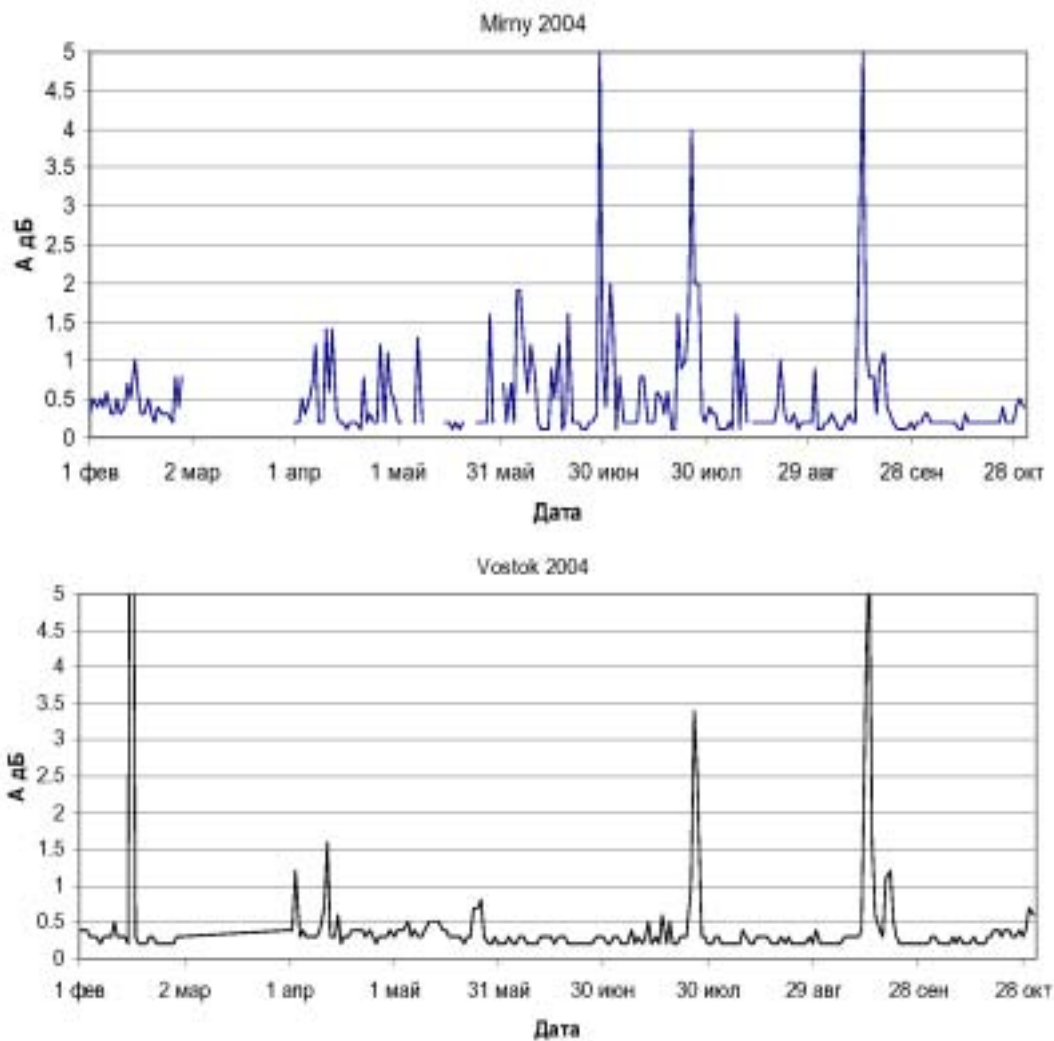


Рис. 3.4.3. Максимальные значения риометрического поглощения на ст. Восток и Мирный

НАПРАВЛЕНИЕ 4. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Природоохранные задачи, стоящие перед РАЭ, остаются наиболее важным направлением, требующим отвлечения финансовых и материально-технических ресурсов экспедиции.

В отчетный период были продолжены работы по реализации природоохранных задач, поставленных в Направлении 4 «Охрана окружающей среды» подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» и мероприятия, направленные на выполнение требований Протокола по охране окружающей среды к Договору об Антарктике, подписанного в Мадриде в 1991 г. (Далее по тексту – Мадридский Протокол, Протокол).

В сезон 49-й РАЭ главным экологом РАЭ был проведен комплекс мероприятий по координации выполнения требований Протокола по охране окружающей среды к Договору об Антарктике (Протокола) на станциях Мирный, Прогресс, Дружная-4, Новолазаревская и на НЭС «Академик Федоров»:

- проведена инспекция выполнения требований Протокола на станциях и судне;
- дана оценка и рекомендации по существующей программе мониторинга воздействия текущей деятельности РАЭ на окружающую среду;
- дана оценка подготовки к вводу в строй комплекса очистки стоков на ст. Прогресс;
- оценена работа биоферментатора с точки зрения целесообразности и соответствия требованиям Протокола;
- подготовлена программа мониторинга воздействия видов деятельности, связанных со строительством зимовочного комплекса и ВПП на ст. Прогресс;
- на основе полученных данных предложены рекомендации по минимизации ущерба окружающей среде в ходе строительства на ст. Прогресс;
- осмотрен район и проведены исследования по выбору места для размещения водозаборных и стационарных очистных сооружений, места сброса сточных вод с учетом специфики местности, снегонакопления и минимизации ущерба окружающей среде на ст. Мирный;
- дана оценка современного состояния экологически опасных объектов станции Молодежная;
- проведена инспекция выполнения программы мониторинга содержания антропогенных загрязнений в образцах природных сред в соответствии с рекомендациями SCAR/COMNAP.

На основе полученной информации выработаны рекомендации по программе мониторинга и природоохранной деятельности РАЭ.

Представленный раздел отчета содержит результаты работ, выполненных в рамках плана реализации подпрограммы на 2004 г. в соответствии с программами научных наблюдений и работ, выполненных в 48-й зимовочной и 49-й сезонной Российских антарктических экспедициях.

4.1. ОБУЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА ПРАВИЛАМ ПОВЕДЕНИЯ В РАЙОНЕ ДЕЙСТВИЯ ДОГОВОРА ОБ АНТАРКТИКЕ

4.1.1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ОБОРУДОВАНИЕ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО ЦЕНТРА

Финансирование работ по данной теме до настоящего времени (2004 г.) не проводилось.

4.1.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ

Обучение персонала правилам поведения в Антарктике занимает важное место в период подготовки всех антарктических экспедиций. Для РАЭ это направление работы имеет крайне важное значение для качественного изменения отношения человека к природе, привития нового образа мышления, ознакомления с ответственностью за нарушения требований Протокола и российских нормативно-правовых актов, принятых в связи с ратификацией. Изучение и использование лучших традиций Советской и Российской антарктических экспедиций, передового опыта других стран поможет формировать новое поколение российских полярников.

Организовать в полном объеме процесс обучения, аналогично другим национальным антарктическим экспедициям – задача, поставленная в системе программных мероприятий данной подпрограммы.

В настоящее время, из-за отсутствия учебно-тренировочного центра, невозможно организовать процесс обучения для 170-ти кандидатов РАЭ, поэтому, как и в прошлом году, была использована возможность инструктажной работы с персоналом на НЭС «Академик Федоров» в период рейса в Антарктику.

На судне проводились инструктажи по безопасности при проведении вертолетных работ и грузовых операций, тренинг по шлюпочной тревоге и инструктаж для отбывающих на станции. Участникам рейса до входа в район действия Договора об Антарктике были розданы памятки. В Антарктике ежедневно по радиосети судна давались объявления об обращении с отходами и недопустимости сброса их за борт. К сожалению, такая форма работы является необходимой, но не достаточной и, отчасти, формальной, поскольку важность поставленной задачи требует большего внимания к процессу обучения. Назрела необходимость во внедрении обязательного курса обучения для всех участников экспедиции.

К настоящему времени подготовлен методический материал, включающий основные разделы знаний, необходимых для участников РАЭ, представленный в таблице 4.1.

Предлагаемая программа обучения персонала является первым опытом в организованном ознакомлении персонала антарктической экспедиции с системой Договора об Антарктике и Протоколом по охране окружающей среды. Она рассчитана на пять двухчасовых лекционных занятий с последующим собеседованием и оценкой усвоения материала («зачет – незачет»). Некоторые разделы представлены весьма подробно и могут быть сокращены по усмотрению лектора или выборочно использованы при необходимости. В ходе занятий предусмотрен показ слайдов и других наглядных пособий.

Программа подготовлена в соответствии с международным форматом, предложенным Советом управляющих национальных антарктических программ, и современными отечественными исследованиями в этой области. Внедрение ее в практику работы РАЭ позволит обеспечить экспедиционный состав необходимыми знаниями о системе Договора об Антарктике и требованиях Протокола по охране окружающей среды.

Таблица 4.1

План-программа обучения персонала РАЭ в соответствии с требованиями
 Протокола по охране окружающей среды к Договору об Антарктике

Тема	Разделы
1. Законодательные основы	1.1. Договор об Антарктике 1.2. Протокол по охране окружающей среды 1.3. Законодательство Российской Федерации 1.4. Получение разрешения
2. Оценка воздействия на окружающую среду – ОВОС (Приложение 1)	2.1. Требования 2.2. Уровень оценки (ПС, ПООС, ВООС)
3. Флора и фауна (Приложение 2)	3.1. Вмешательство человека в дикую природу (Правила поведения). 3.2. Внесение неместных видов – Карантин – Правила поведения – Микроорганизмы
4. Управление отходами (Приложение 3)	4.1. Разделение и рециклинг. 4.2. Пакетирование и маркировка. 4.3. Оборудование / инструменты 4.4. Обращение с отходами (опасные/неопасные) 4.5. Минимизация 4.6. Отходы полевой деятельности 4.7. Запрещенные продукты
5. Предотвращение загрязнения моря (Приложение 4)	5.1. Риск нефтяных и химических разливов 5.2. План действий на случай разливов нефти 5.3. Ответные действия на химические разливы 5.4. Удаление отходов в море
6. Охраняемые районы (Приложение 5)	6.1. Охраняемые районы вблизи станций 6.2. План управления и разрешения 6.3. Отчеты о посещениях
7. Управление энерготехнологическим оборудованием	7.1. Предотвращение нефтяных разливов и очистка – для территорий 7.2. Порядок работы с топливом – для территорий – для моря – для транспорта 7.3. Управление энергией – Снижение потребления и производства энергии. Инженерные решения (дизайн)
8. Экологические происшествия	8.1. Понимание и оценка риска воздействия на окружающую среду планируемой деятельности 8.2. Информирование о происшествии

4.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ ОТХОДОВ

4.2.1. СТРОИТЕЛЬСТВО СООРУЖЕНИЙ И УСТАНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ОТХОДОВ

В 2003–2004 гг. было введено в строй и испытано в работе новое экологическое оборудование на станциях Прогресс и Новолазаревская.



Рис. 4.1. Смонтированная в помещении комплекса «Лена» установка кондиционирования и очистки питьевой воды

Ввод в строй комплекса оборудования для кондиционирования питьевой воды и удаления сточных вод служебно-жилого комплекса «Лена» станции Прогресс.

В перспективе источником водоснабжения станции Прогресс принято озеро Степед, находящееся в 400 м севернее служебно-жилого комплекса «Лена» (СЖК). Вода из озера Степед солоновата и горьковата на вкус, присутствует запах сероводорода, требует кондиционирования. Для этих целей в здании к февралю 2004 г. была смонтирована и введена в строй установка, позволяющая использовать воду озера не только для хозяйственных, но и питьевых нужд.

Установка водоочистки обеспечивает уровень общей минерализации до 1000–1200 мг/л и полное обеззараживание воды в соответствии с требованиями СанПин 2.1.4.559-96 «Вода питьевая. Гигиенические требования к качеству воды».

Общий вид станции кондиционирования и очистки питьевой воды представлен на рис. 4.1.

Помимо монтажа установки выполнены работы по ревизии существующей системы водоснабжения. Установлены краны, смесители, заглушки. Проверены и восстановлены сливы в канализацию. После всех выполненных работ станция водоочистки и кондиционирования запущена и опробована на комплексе «Лена». Составлена инструкция по эксплуатации и обслуживанию станции очистки и кондиционирования питьевой воды, экземпляр инструкции находится в помещении в виде плакатов на стене.



Рис. 4.2. Станция Прогресс. Контейнерный модуль комплекса очистки сточных вод СЖК «Лена»

Завоз воды из озера Степед производился автомашиной ГАЗ-53 (бочка) и ГТТ. Закачка в емкость объемом 3 м³ осуществлялась с помощью дополнительного насоса через существующий трубопровод комплекса Лена.

Контейнерный модуль комплекса очистки сточных вод размещен в непосредственной близости от СЖК и углублен в грунт на 40–50 см с целью обеспечения необходимого наклона и минимальной длины самотечного канализационного коллектора, соединяющего здание с установкой (рис. 4.2).

В сезон 49-й РАЭ станция введена в эксплуатацию. В комплексе «Лена» проживало 13 человек. Использовался один туалет и стиральная машина. Полный цикл заполнения сборной емкости станции составил 6-7 дней, т.е. один раз в 6-7 дней происходил автоматический сброс обработанных сточных вод в залив.

Станция работает в автоматическом режиме очистки и сброса очищенного стока, но необходим ежедневный визуальный осмотр систем. В контейнере имеется инструкция по эксплуатации и обслуживанию.

Работа мусоросжигательных комплексов

В 2003 г. введены в строй современные высокотемпературные мусоросжигатели – инсинераторы пиролизного типа на станциях Прогресс и Новолазаревская. В отчетный период были проведены испытания их работы в условиях Антарктики, определены оптимальные режимы работы и даны рекомендации.

Все работы по уничтожению отходов на станции проводились в соответствии с требованиями Протокола по охране ОС к Договору об Антарктике. Отсортированные отходы, подлежащие сжиганию, доставлялись на инсинераторную площадку и по мере накопления сжигались.

Испытания показали, что высококалорийные отходы сгорают практически без использования топлива. Наиболее быстрое и качественное сгорание достигается при температурах 980–1100 °С. За час работы инсинератора уничтожается примерно 15–20 кг сухих отходов, и с влажностью отходов до 30% – не более 8–10 кг в час (пищевые). Хороший результат дает чередование загрузки высококалорийных (промасленная ве-



Рис. 4.3. Внешний вид мобильного инсинераторного комплекса.
Станция Прогресс, 2004 г.

тошь, бумага, деревоотходы) и пищевых отходов. При этом происходит быстрое уничтожение и экономия топлива.

Выгрузка золы производится 1-2 раза за 12 часов работы комплекса. Зольный остаток удаляется через люк выгрузки. Зола, образующаяся в инсинераторе при сжигании бытовых и биоорганических отходов, согласно заключению Института Токсикологии, является малотоксичным компонентом (IV класс опасности) и может захораниваться на полигонах за пределами Антарктики. До захоронения или вывоза зола хранится в помещении в 200-литровых бочках.

Зольность отходов, сжигаемых в инсинераторе, не превышает 5%. С марта по сентябрь 2003 г. в инсинераторе станции Прогресс уничтожено 1610 кг бытовых и промышленных отходов. При этом получено 0,1 м³ золы. При плотности золы 0,8 т/м³ получается:

$$0,1 \times 0,8 = 0,08 \text{ т (80 кг),}$$



Рис. 4.4. Загрузочный люк печи

что составляет примерно 4,9% от общего количества уничтоженных отходов. Характеристики эффективности работы инсинератора на станции Прогресс представлены в табл. 4.2.

Внедрение инсинераторов позволило избавиться от проблемы текущих сгораемых бытовых отходов и отходов камбуза, что заметно улучшило экологическую ситуацию на станциях.

Таблица 4.2

Сжигание отходов в 2003-2004 гг. в инсинераторе ИН50.02

Месяц	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль
Расход дизтоплива (кг)	10	10	20	30	20	30	40	20	20	40	30	40
Древесные (кг)	50	150	200	250	200	150	150	150	300	250	300	200
Пищевые (кг)	–	–	–	15	20	20	25	25	30	25	40	50
Бумажные (кг)	20	15	20	10	15	20	30	20	50	50	80	50
Полимерные (кг)	5	2	3	–	–	5	15	15	20	20	50	40
Текстильные (кг)	10	10	15	8	20	25	10	20	20	20	70	20

К недостаткам инсинератора можно отнести то, что в существующем виде оборудование при температуре – 19 °С начинает работать неустойчиво. Могут подвести элементы автоматики и форсунка. Это связано с увеличением вязкости топлива на морозе. Данный недостаток будет устранен утеплением топливной системы.

Опыт показал, что данное оборудование может быть использовано на других береговых станциях РАЭ, а так же с доработками на станции Восток.

Пресс для бочек из под топлива на станции Новолазаревская

Проблема утилизации металлических бочек существует для многих станций. На станции Новолазаревская введен в действие гидравлический пресс для компактирования бочек, что позволяет многократно уменьшить их объем и обеспечить безопасность вывоза морским транспортом. За отчетный период было спрессовано и вывезено на барьер для погрузки на судно более 250 бочек.



Рис. 4.5. Гидравлический пресс для бочек, 2004 г.

Неиспользуемые пустые бочки прессуются с помощью гидравлического пресса (рис. 4.5.) на станции и складированы для дальнейшей отправки.

4.2.2. УДАЛЕНИЕ ОТХОДОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Станция Прогресс

В 48-й РАЭ организовано и проведено обучение персонала станции по правильному обращению и удалению отходов. Заранее организованы места временного хранения различных видов отходов, определена и промаркирована тара, разработана система сортировки. Обслуживающий персонал ознакомлен с Приложением 3 «Удаление и управление ликвидацией отходов» к Протоколу.

Отходы, подготовленные к вывозу, доставлялись на свалку, которая в 48-й РАЭ приведена в идеальный порядок, а в настоящее время представляет собой упорядоченный склад открытого хранения.

Для уничтожения отходов, подлежащих сжиганию, использовали высокотемпературный инсинератор. Уничтожено в инсинераторной печи 3403 кг различных отходов, подлежащих сжиганию (в табл. 4.1 приведено количество отходов по наименованиям).

Территория станции очищена от мусора и отходов и находится в хорошем состоянии:

- регулярно (1 раз в неделю) проводились общестанционные экологические работы по очистке территории станции;
- ликвидировано место сбора пищевых отходов в бочкотаре возле кают-компани. Бочки вывезены на склад открытого хранения, территория перед кают-компанией приведена в порядок;
- ликвидирована эстакада для хранения расходных ГСМ с восточной стороны ангара ДЭС-гараж, вокруг которой присутствовали разливы ГСМ; территория на месте бывшей эстакады приведена в первоначальный вид;
- на камбузе установлен сетчатый фильтр на сливе серых камбузных вод;
- с вводом в действие инсинератора произведено уничтожение путем сжигания всех деревоотходов, старой тары и упаковок, загрязнявших территорию станции;
- с частичным заселением комплекса Лена и вводом в действие станции очистки сточных вод контейнерного типа, отпала необходимость в использовании бочек под фекалии. Слив очищенных сточных вод происходит в бухту. При монтаже очистных сооружений и трубопроводов ландшафт остался без изменений.

Станция Мирный

В период 48-й РАЭ выполнялись следующие работы:

- ликвидационные работы в верхнем гараже. Верхний гараж очищен от снега и льда (не менее 200 м³) и передан в ведение транспортного отряда;
- сбор настенных часов с повышенным уровнем радиоактивного излучения. С помощью стационарного бытового радиометра «Квартекс» РД 8901 были измерены уровни мощности ионизирующего излучения в жилых и служебных помещениях обсерватории. Мощность ионизирующего излучения в обследованных помещениях составляет 6–12 мкр/ч. Это соответствует нормам радиационной безопасности (НРБ-96). Обнаружено 5 настенных часов, излучение циферблата и стрелок которых превосходит 1000 мкр/ч. Данные циферблаты и стрелки собраны для вывоза из обсерватории;
- сбор неиспользуемого имущества и аппаратуры для вывоза из Антарктиды;
- ликвидация антенного поля;
- очистка территории под аэродром. К югу от антенного поля от металлолома очищена поверхность ледника, на которой была размечена ВПП;

- на территории СОХР восстановлена металлическая эстакада, на которую складированы с территории СОХР металлические конструкции, пригодные к использованию;
- вывоз отходов деятельности транспортного отряда с территории между сопками Радио и Комсомольской;
- на Морене сооружены 2 эстакады, на которые складированы бочки с ГСМ.

Станция Новолазаревская

- на старой станции полностью ликвидирована свалка металлолома и аэрологических отходов. Очищена территория. Вывезено 6 контейнеров с отходами на барьер;
 - ликвидирован радиосклад около радиодома. Один балок был задействован под помещение для пресса и установлен на Ухте. Второй балок сохранен как радиосклад и установлен также на Ухте;
 - проведены работы по ликвидации антенного поля. Собрана проволока заземления, кабеля, вывезен кунг, разобраны все 24 антенны, срезаны стойки под антенны и все железные штыри. Убраны (разобраны) антенны запасной радиостанции на старой станции;
 - убраны (перенесены) плотницкие мастерские и установлены на Ухте;
 - расчищена дорога на водозаборную станцию. Вся дорога от ДЭС до оз Верхнего была очищена от м/лома и мусора. Очищен берег озера у водозабора, из воды вытащены различные деревянные и железные конструкции и приспособления, коробка, сани. Но мусор еще остается. Много находилось еще под льдом и снегом. На озере также плавают два плота, один из бревен, другой из пустых бочек с деревянным настилом. На дне озера видны железные конструкции;
 - с дороги на аэродром были собраны 26 бочек, вместо них были дополнительно установлены 17 деревянных знаков, покрашенных в оранжевый и черный цвет. Всего на дорогу было изготовлено (выпилено, сколочено и покрашено) 32 указательных знака.
- Были предприняты меры, ограничивающие распространение загрязнения:
- на Ухте велись работы по компактному размещению оборудования, зап.частей и др, вывозился м/лом (как указывалось выше) и др. Весь горючий мусор сожжен в специальной печи. Перераспределена старая техника (полностью освобожден центр стоянки), щиты от домов собраны и сложены в одном месте, упорядочены бочки с ГСМ и листы железа, собраны на стеллажи все разбросанные детали;
 - в зимний период велись расчистки территории Ухты от снега. Как результат, толщина снежного покрова к весне была незначительной, что привело к меньшей заводненности территории в период таяния. Практически образовались только небольшие лужи. Таким образом, отпала необходимость выкачивать воду пожарными шлангами, что нередко делалось в предыдущие экспедиции, тем самым дополнительно загрязнялась окружающая среда (ОС);
 - в геодоме полностью заменена, дававшая течь фекальная система;



Рис. 4.6. Место стоянки транспортных средств «Ухта», 2004 г.

– в сезон, когда территория станции освободилась от снега, проводились общестанционные работы по очистке площади станции от мелкого мусора. От этих работ освобождались только вахтенные (ДЭС, камбуз, радио, механики). Сначала такой день проводился раз в неделю (во вторник), затем с января 2004 г. – два раза в неделю (вторник и четверг). Основной мелкий мусор – бутылочные стекла, кости, щепки, бумага, куски проволоки и железной ленты, окурки, тряпки.

Станция Беллинсгаузен

Долгосрочная совместная программа с неправительственной организацией «Mission Antarctica» по удалению отходов дала положительные результаты – были ликвидированы свалки, разобраны ветхие сооружения, вывезены отходы. В отчетный период выполнялись работы по косметическому ремонту зданий и сооружений. Подготовлено к вывозу более 80 бочек с углеводородными отходами.

4.3. ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗАВАРИЙНОГО ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ И МЕРОПРИЯТИЙ НА СЛУЧАЙ ИХ РАЗЛИВОВ

4.3.1. СТРОИТЕЛЬСТВО СООРУЖЕНИЙ И ОБОРУДОВАНИЕ СТАНЦИЙ И СУДОВ НЕОБХОДИМЫМ СНАРЯЖЕНИЕМ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ И ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Строительство новых капитальных сооружений и приобретение спецоборудования для борьбы с нефтяными разливами за отчетный период не проводилось.

4.3.2. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ СЛУЧАЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Мероприятия по предотвращению разливов на всех станциях РАЭ в основном сводились к обследованию, монтажу и ремонту топливопередающего и топливосодержащего оборудования.

Работы по профилактике разливов нефтепродуктов на станции Прогресс

Для исключения разливов ГСМ проведены планово-предупредительные ремонты и профилактические работы:

- проведена ревизия топливозакачивающего насоса на нефтебазе;
- установлен пистолет на ГСМ, исключаящий подтечку из шлангов. Проведена ревизия топливных шлангов на ГСМ;
- проведена ревизия запорной арматуры на ГСМ, установлены заглушки на все вентили топливных емкостей;
- вывезено из Антарктиды 6 бочек с отработкой ГСМ с предыдущих экспедиций;
- все нефтеотходы 48-й РАЭ уничтожены путем сжигания в инсинераторе;
- ликвидирован склад открытого хранения ГСМ в бочкотаре, вывезено и использовано на нужды ДЭС порядка 70 бочек дизтоплива;
- проведена ревизия запорной арматуры, топливозакачивающего насоса и топливных шлангов на расходных емкостях ДЭС.

4.4. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (ОВОС) И ПРИРОДООХРАННЫЙ МОНИТОРИНГ

В отчетный период была проведена инспекция выполнения программы комплексного мониторинга воздействия деятельности РАЭ на окружающую среду Антарктики (ОСА), выполнена большая работа по сбору данных о состоянии животного мира района станции Мирный, продолжена программа мониторинга химических параметров окружающей среды на НЭС «Академик Федоров».

4.4.1. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ АНТАРКТИЧЕСКИХ ЭКОСИСТЕМ

В отчетный период приобретение оборудования для мониторинга параметров антарктических экосистем не производилось.

4.4.2. ОРГАНИЗАЦИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАЭ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Программа природоохранного мониторинга деятельности РАЭ

Программа мониторинга воздействия деятельности РАЭ на ОСА имеет цель выявить на ранней стадии неблагоприятные изменения параметров среды и прогнозировать развитие экологической ситуации, на основании чего принимается решение о внесении изменений в деятельность. Принимаются во внимание все объекты ОСА живой и неживой природы, вступающие во взаимодействие с деятельностью человека: фауна, флора, озерные и морские системы, свободные ото льда территории, мерзлота, ледники, снежники, окаменелости, донные отложения, приземная атмосфера. Исследования ограничиваются только ресурсными возможностями экспедиции: логистикой, составом специалистов и наличием оборудования. Исходя из этих возможностей, была сформирована комплексная программа мониторинга, входящая составной частью в раздел направле-

Таблица 4.3

Направления природоохранного и экологического мониторинга, проведенные в зимовку 48-й РАЭ и сезон 49-й РАЭ

№ п/п	Объект и ключевые параметры мониторинга	Место проведения	Метод исследования	Исполнитель или ответственный	Данные об объекте наблюдения
1.	Все виды наблюдаемых загрязнений и потенциальных воздействий (нефтяные разливы, мусор, сбросы сточных вод, опасные объекты и пр.) в Антарктике	Судно, станции	Визуальный, Фотографирование, нанесение на карту; составление экологических паспортов	Инженеры-экологи	Фотоматериалы, экологические паспорта объектов (качественные и количественные характеристики)
2.	Представители наземной фауны и флоры, виды и количество	Ст. Мирный (о-в Хасуэлл)	Визуальный, Фотографирование, учеты	Вед. инженер ЭБП эколог ст. Мирный 48-й РАЭ	Описание видов, района обитания, количественный учет
3.	Химический состав, включая углеводороды и тяжелые металлы	Станции, базы по ходу движения судна	Инструментальный в лаборатории	Вед. инженер-эколог отряда сезонных операций	Уровень содержания веществ в воде, грунте
4.	Микробиологический состав	Станции, базы по ходу движения судна	Инструментальный в лаборатории	Инженер-эколог отряда сезонных операций	Уровень обсемененности грунта
5.	Орнитофауна в море	По маршруту движения судна, ходовой мостик	Визуальный, таблицы	Вед. инженер ЭБП ст. Мирный 48-й РАЭ по пути на станцию и обратно	Таблицы учета встреченных видов
6.	Киты и тюлени	По маршруту движения судна, ходовой мостик	Визуальный, таблицы	Вед. инженер-эколог отряда сезонных операций (биолог)	Таблицы учета встреченных видов
7.	Радиационный фон	Ст. Мирный	Инструментальный	Вед. инженер-эколог ст. Мирный (сезон)	Отчет, карта

ния «Охрана окружающей среды» ПП «Изучение и исследование Антарктики» ФЦП «Мировой океан». Направления комплексной программы представлены в табл. 4.3.

На первоначальном этапе организации программы мониторинга проводились пилотные исследования, в частности по химическому и микробиологическому составу природных сред, с целью составления представления об общем уровне загрязнения и преобразования окружающей среды в необратимо и обратимо преобразованных районах (НПР и ОПР), а так же в условно нетронутых районах (УНР).

В мониторинге антропогенного воздействия основной задачей было выявление максимальных и фоновых уровней содержания веществ группы антропогенного ряда. Были установлены зависимости между содержанием ряда тяжелых металлов и степенью преобразованности окружающей среды. Отмечено, что поступление тяжелых металлов (ТМ) в водные системы обусловлено не только как продуктов реакции сгорания топлив и других технологических процессов, но и за счет механического и химического разрушения и последующего выщелачивания тальми водами подстилающих пород и грунтовой поверхности дорог. Таким образом, даже при удалении ТМ антропогенного происхождения, состав озерных систем будет подвержен воздействию «местных» ТМ – марганца и железа. При постоянном мощном поступлении этих веществ в озерные системы неизбежно возникнут экологические изменения. Мониторинг этих параметров будет необходим в связи с развитием транспортного движения на станции Прогресс. Исследования питьевых и поверхностных вод, проведенные в первой половине сезона 49-й РАЭ показали, что концентрации ТМ не превышают ПДК, весьма малы и незначительны. Однако вызывает озабоченность присутствие НУ в воде озера Степед на станции Прогресс, для чего следует принять соответствующие меры по его охране. Предварительные данные по санитарной оценке качества питьевой воды ст. Мирный позволяют охарактеризовать его как неудовлетворительное из-за высокого содержания НУ. Необходимо ввести в действие новую снеготаялку и произвести очистку всех питьевых емкостей.

Визуальный мониторинг осуществляется с целью фиксирования видимых проблемных объектов или нарушений, когда нет смысла прибегать к инструментальному анализу и вопрос о необходимости принятия мер не вызывает сомнений. Это самый простой вид мониторинга, доступный любому начальнику станции. В 49-й РАЭ был отснят большой объем фотодокументов, позволяющий оценить состояние станций и предстоящие объемы природоохранных мероприятий. Это не только сбор мусора и вывоз отходов, но и инженерные работы по восстановлению канализации, вырезанию ледорезом бочек с топливом из снегольда, фиксирование снегозаносов, эрозийных процессов и др.

Важное значение имеет мониторинг фауны и флоры. Состояние колонии императорских пингвинов и животного мира архипелага Хасуэлл вызывает озабоченность и требует пристального внимания орнитологов. Есть острая необходимость продолжения исследований в следующей 50-й РАЭ.

Мониторинг радиационного фона – важная составляющая комплексного мониторинга, необходимая для полноценного описания районов компактного проживания людей. Изучение радиационного фона станции Мирный является вынужденной необходимостью: главная задача – исследование занесенных снегом СОХР и территории станции на возможное нахождение радиоактивных источников, использовавшихся в САЭ. Для проведения работ используется специальный чувствительный радиоспектрометр Радиевого Института им. Хлопина.

Как один из дополнительных видов мониторинга, который не связан непосредственно с ОВОС деятельности РАЭ, но имеет большое значение для биологических программ – наблюдения за морской фауной с борта судна по пути следования в Антарктику и обратно. Эта работа не требует никаких затрат, поскольку выполняется попутно биологами, работающими на станциях. С другой стороны собранный материал уника-

лен, представляет интерес для науки, изучающей биоресурсы Мирового океана и вносит значительный вклад в наукоемкость деятельности РАЭ.

Инспекция выполнения программы мониторинга содержания антропогенных загрязнений в образцах природных сред в соответствии с рекомендациями SCAR/COMNAP

Ряд химических и микробиологических параметров окружающей среды (терригенного и антропогенного происхождения) могут служить ключевыми индикаторами качества среды, по пространственно-временному изменению которых можно судить о

Таблица 4.4

Показатели воздействия на окружающую среду человеческой деятельности на антарктических станциях, рекомендованные Научным комитетом по изучению Антарктики (СКАР) и запланированные в соответствии с программой 49-й РАЭ

№ пп	Объект исследования, Индикатор	Сточная вода	Озерная, питьевая и (или) морская вода	Почва	Донные отложения	Снег	Прочее
1.	Взвешенные частицы	X	X (цветность РАЭ)				
2.	БПК	X РАЭ	X РАЭ				
3.	ХПК	X РАЭ	X РАЭ				
4.	Растворимый кислород	X	X				
5.	РН	X РАЭ	X РАЭ				
6.	Электропроводность	X	X				
7.	Нитраты и фосфаты	X РАЭ	X РАЭ				
8.	Температура	X	X				
9.	Коли-бактерии	X РАЭ	X РАЭ				
10.	Гранулометрический состав			X	X		
11.	Показатель органического углерода			X	X		
12.	Показатель неорганического углерода			X	X		
13.	Следы металлов (Cu, Pb, Zn, Cd, Hg, Fe, Mg, Ca, Ni)		РАЭ	X	X	X РАЭ	
14.	Показатель нефтяных углеводородов		РАЭ	X РАЭ	X	X РАЭ	
15.	Поллароматические углеводороды			X	X		
16.	Частицы					X	
17.	Фитопланктон		X				
18.	Производство сточной воды (количество, время)	X РАЭ*					
19.	Потребление топлива (количество, тип, время)						X РАЭ*
20.	Сжигание отходов (количество, тип, время)						X РАЭ*
21.	Углеводородные пятна (количество, тип, проверка района пятен)						X РАЭ*
22.	Район станции (визуальный мониторинг)						X РАЭ*

Примечания: X – параметр, рекомендованный СКАР; РАЭ – параметр, анализируемый в лаборатории НЭС «Академик Федоров», РАЭ* – параметр, наблюдаемый экологами станций.

тенденциях и прогнозах развития экологических ситуаций. Мониторинг химических и микробиологических параметров станционной деятельности направлен на изучение содержания антропогенных и техногенных компонентов в природных средах.

На базе химической лаборатории НЭС «Академик Федоров» выполняется программа мониторинга химических и микробиологических параметров окружающей среды с учетом рекомендации СКАР (см. табл. 4. 4).

В период стоянок судна в районах станций производится отбор проб (вода, снег, грунт) для определения содержания в них антропогенных (техногенных) загрязнений и микробиоты.

В качестве примера всестороннего анализа воды для озер станции Прогресс, оперативно проведенного в лаборатории НЭС «Академик Федоров», представлена табл. 4.5.

Как видно из табл. 4.5, не все параметры, рекомендованные СКАР наблюдаются РАЭ, что объясняется ограничением числа экологов в рейсе. Крайне желательно иметь 3-4 постоянных специалистов-химиков (2 чел. на рейс), обладающих полевым и аналитическим опытом, работающих в паре во время экспедиции и заменяющих друг друга при необходимости. Таблица 4.5. является хорошим примером всестороннего анализа, оперативно выполненного в Антарктике.

Таблица 4.5

Санитарно-химические и бактериологические параметры водозаборных озер станции Прогресс (2003г.)

Химические показатели	Нормативы	Озеро Степед	Озеро Питьево
Цветность	Не более 40*	5*	5*
Запах и привкус	До 2-3 баллов	0	0
Общая жесткость	До 10 мг-экв/л	1,82 мг-экв/л	1,78 мг-экв/л
Азот аммония	До 0,1 мг/л	0,070 мг/л	0,075 мг/л
Азот нитритов	До 0,002 мг/л	Не обнаружен	Не обнаружен
Азот нитратов	До 10,0 мг/л	Не обнаружен	0,1 мг/л
Хлориды	До 350 мг/л	120,0 мг/л	85,0 мг/л
Окисляемость	До 4 мг/л	1,38 мг/л	1,65 мг/л
Сульфаты	До 500 мг/л	45,5 мг/л	51,5 мг/л
Водородный показатель	6,5–8,5	7,15	6,88
Прозрачность	Не менее 30см	110 см	90 см
Нефтеуглеводороды	0,05 мг/л	0,03 мг/л	0,03 мг/л
Свинец (Pb)	30 мкг/л	<2,00 мкг/л	<2,00 мкг/л
Кадмий (Cd)	1,00 мкг/л	0,07 мкг/л	0,26 мкг/л
Медь (Cu)	1000 мкг/л	<0,5 мкг/л	<0,5 мкг/л
Кобальт (Co)	100 мкг/л	<1,00 мкг/л	<1,00 мкг/л
Никель (Ni)	100 мкг/л	<20,00 мкг/л	<20,00мкг/л
Бактериологические показатели	Нормативы	Озеро Степед	Озеро Питьево
Общее микробное число	Не более 300–400 в 1 л	320	90
Коли-титр	Не менее 100 мл	Отсутствует	Отсутствует
Коли-индекс	Не более 10	0	0

Приборная база судовой лаборатории при определенном дополнении ее приборами и оборудованием позволяет успешно проводить эту программу.

Наблюдения за колонией императорских пингвинов в ООРА № 127

Важность проведения данных наблюдений была отмечена в предыдущем отчете.

Обследованию подвергались все острова архипелага Хасуэлл, припай в окрестностях архипелага Хасуэлл. Основные орнитологические работы были выполнены на острове Хасуэлл и в колонии императорских пингвинов к востоку от острова Хасуэлл.

Маршруты совершались в светлое время суток от 5 до 10 раз в месяц, в зависимости от погоды.

Количественные учеты в гнездовых колониях производились визуально: тотально или на пробных площадках.

Картирование колоний императорских пингвинов и площадок мониторинга пингвинов Адели и буревестников проводилось с помощью приемника GPS.

Выводы, сделанные на основе полученных данных представлены в разделе «Фундаментальные исследования».

Исследование радиоактивного фона района станции Мирный

Исследование радиоактивного фона проводилось с помощью анализатора ионизирующего излучения (АИР) «Скиф-3», представляющего собой 480-канальный гамма-спектрометр с кристаллическим сцинтилляционным детектором NaI(Tl) размерами 63 × 63 мм, с энергетическим разрешением не хуже 8% на линии 661 кэВ. Выбор прибора обусловлен его высокой чувствительностью в широком диапазоне энергий. В качестве вспомогательного прибора использовался дозиметр-радиометр ДКГ-03Д «Грач».

Было проведено обследование старых складов открытого хранения и свалок в районе станции Мирный с целью обнаружения радиоактивных источников. Выявлено излучение, исходящее от нескольких единиц старой техники (в отчете представлены фотографии), по-видимому, оснащенной приборами со светящимися циферблатами. Их спектры имеют четко выраженные линии. Подобный приборный блок, обнаруженный у правого сиденья в обломках вертолета Ми-1, на расстоянии несколько сантиметров создает МЭД 80 мкР/ч (излучатель Ra²²⁶).

В результате работ обследованы практически все хорошо заметные объекты на складе открытого хранения. Приборы с радиоактивными циферблатами желательно демонтировать и удалить с территории станции.

Съемка радиационного фона в местах выходов скальных пород не показала какого-либо превышения по сравнению с нормальным фоном, за исключением одного места. Порода у крыльца дома геофизиков содержит ториевую руду. Не желательно без надобности находиться в этой точке, например загорать сидя на этих камнях в теплое время. Хотя для набора допустимого предела дозы для населения надо провести на ней 200 часов.

Уровень фона в геодоме не представляет опасности для проживающих.

Исследования химической и бактериальной составляющих антропогенного воздействия на окружающую среду в районах прибрежной Антарктиды

Целью работ являлось исследование химического и бактериологического компонентов антропогенной нагрузки на природную среду на территории береговых станций Антарктиды с последующим составлением планов и карт, отражающих динамику загрязненности данных станций и прилегающих к ним районов.

Работы проводились на станциях захода НЭС «Академик Федоров» – станциях Новолазаревская, базе Молодежная, станции Прогресс-2, включая станции Прогресс-1 и австралийскую базу ЛОУ, а также в обсерватории Мирный.

Станция Новолазаревская

Анализ проб грунта показал, что наиболее загрязненными участками на территории станции Новолазаревская являются: склад открытого хранения, участки у емкостей с ГСМ и участок свалки у старой станции. Так содержание нефтеуглеводородов здесь колебалось от 1017,24 мг/кг до 12637,63 мг/кг, почва имеет характерный запах нефтепродуктов. Концентрация солей тяжелых металлов также несколько увеличена и по меди составила от 7,39 мг/кг до 23,11 мг/кг .

Наиболее благополучными можно считать районы оз. Верхнего, оз. Поморников, хотя нефтеуглеводороды обнаружены в пробах и там. Повсеместно в пробах почвы отмечалось превышение ПДК по меди.

Анализ природных вод показал низкое содержание тяжелых металлов и присутствие нефтеуглеводородов в озере Верхнем, откуда происходит забор питьевой воды. Содержание Н.У. составило 0,132 мг/л. Концентрация биогенов соответствует санитарным нормам. Кислородный режим в норме.

База Молодежная

В настоящее время база Молодежная не работает, поэтому активного воздействия на окружающую среду не происходит.

Наиболее загрязнены участки у емкостей с ГСМ, где содержание нефтеуглеводородов в почве составило от 1692,67 мг/кг до 1700,61 мг/кг. Концентрации солей тяжелых металлов соответствуют санитарной норме.

В целом район станции можно считать благополучным. Пробы озерной воды показали полное отсутствие нефтеуглеводородов и низкие концентрации тяжелых металлов. Кислородный режим в норме, содержание биогенов не превышает ПДК.

Станция Дружная-4

Станция используется только для сезонных работ, поэтому антропогенная нагрузка на окружающую среду снижена. В целом, экологическое состояние станции благополучное.

Пробы воды, взятые из прилегающих к станции водоемов, показали низкое содержание тяжелых металлов и почти полное отсутствие нефтеуглеводородов, концентрация биогенов соответствовала нормам.

В пробах грунта содержание тяжелых металлов не превышало предельно-допустимых концентраций, но около ДЭС был зафиксирован разлив топлива, и содержание нефтеуглеводородов в пробах составило 6245,74 мг/кг.

Качество питьевой воды в норме.

Станция Прогресс

Как и на предыдущих станциях наиболее загрязненные места обнаружены в районе заправки транспорта ГСМ и около ДЭС. Содержание нефтеуглеводородов в почве на этих участках составило от 3760,54 мг/кг до 7404,17 мг/кг.

Количество тяжелых металлов в пробах грунта находится на фоновом уровне, но на загрязненных участках отмечено повышенное содержание меди и никеля.

Пробы воды в озерах Степед и Прогресс показали повышенное содержание Н.У. в озере Степед – 0,675 мг/л, по остальным показателям превышения ПДК не наблюдалось. Кислородный режим в норме.

Исследование воды из кондиционера в доме «Лена» и после прогона через ионообменную установку позволяет судить об эффективности очистки воды. Так, содержание Н.У. понизилось в два раза с 0,091 мг/л до 0,045 мг/л, содержание меди снизилось с 6,65 мкг/л до 3,85 мкг/л, а показатели по никелю – с 42,29 мкг/л до 6,87 мкг/л. Данную воду можно использовать для хозяйственно-питьевых нужд.

Пробы воды после очистки фекально-хозяйственных стоков не выявили превышения предельно-допустимых концентраций по тяжелым металлам и нефтепродуктам, но по микробиологическим показателям отмечено превышение по всем параметрам.

Вода из залива в месте сброса из очистных сооружений характеризуется низкими показателями как по тяжелым металлам, так и по нефтеуглеводородам. Содержание биогенов не превышает предельных концентраций, кислородный режим в норме.

Следует отметить хорошее экологическое состояние станции. Разливов нефтепродуктов не обнаружено, бытовые отходы перерабатываются и утилизируются, отходы металлов собраны в одно место и подготовлены к вывозу.

Обсерватория Мирный

Отбор проб грунта возможен только в местах выхода коренных пород в районе сопки Комсомольской и под станционными зданиями, большая часть обсерватории покрыта снегом. Снежный покров обладает рядом свойств, делающим его удобным индикатором загрязнения. При образовании и выпадении снега в результате процессов сухого и влажного вымывания концентрация загрязняющих веществ в нем оказывается обычно на 2-3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе. Поэтому измерения содержания этих веществ могут производиться достаточно простыми методами и с высокой степенью надежности.

Анализ проб снега показали умеренную загрязненность исследуемых районов станции. В отличие от прошлогодних наблюдений содержание нефтеуглеводородов не превышало предельно-допустимых концентраций и составило от 0,04 мг/л до 1,959 мг/л. Концентрация тяжелых металлов также была в пределах ПДК.

В период отбора проб происходило интенсивное снеготаяние и вымывание загрязняющих веществ из снежного покрова в почву. Пробы грунта показали многократное превышение ПДК по нефтеуглеводородам (Н.У.) в районе сопки Комсомольской, у ДЭС и у емкости с топливом, а также возле гаража. Концентрация Н.У. составила от 1486,73 мг/кг до 9764,30 мг/кг (табл.3.1.24), содержание тяжелых металлов превышало ПДК по меди до 57,3 мг/кг.

Анализ данных, полученных в ходе работ на станциях захода НЭС «Академик Федоров», позволяет оценить степень антропогенного воздействия на эти районы прибрежной Антарктиды.

Как правило, наиболее загрязнены участки станций в районе ДЭС и складов ГСМ, в местах сброса сточных вод и заправки автотранспорта. Основными загрязняющими элементами являются нефтеуглеводороды и тяжелые металлы, такие как медь, свинец. В остальных районах станций, как правило, концентрации загрязняющих веществ ниже ПДК.

Исходя из полученных данных, следует рекомендовать закладку новой скважины для водозабора на ст.Мирный и следить за санитарным состоянием коммуникаций водоснабжения на станциях Прогресс и Новолазаревская.

Следует отметить, что проведение работ по наблюдению за состоянием среды в Антарктиде необходимо продолжить. Но уделять этому надо больше времени, а не считанные часы, которые проводил на станциях сезонный состав экспедиции. Химическая лаборатория судна «Академик Федоров» имеет приборы и оборудование для более полных химико-аналитических работ.

Получение разрешений на деятельность РАЭ в Антарктике

На основе полученных данных для ОВОС, РАЭ получила Разрешение № 017 от 13.02. 2004 г. на деятельность «Строительство зимовочного комплекса и снежно-ледовой взлетно-посадочной полосы на станции Прогресс».

НАПРАВЛЕНИЕ 5. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССИЙСКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ

В соответствии с планом мероприятий по направлению «Материально-техническое обеспечение» подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» федеральной целевой программы «Мировой океан» в 2004 г. планировалось выполнение работ, представленных в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Мероприятия по направлению 5. «Материально-техническое обеспечение деятельности РАЭ», предусмотренные к выполнению в 2004 г.

№	Наименование мероприятий	Наименование работ по реализации мероприятий
1.	Реконструкция и поддержка сети постоянных российских антарктических станций.	<ul style="list-style-type: none"> – Поддержание работ на круглогодично действующих российских антарктических станциях и организация ежегодных Российских антарктических экспедиций – Поэтапная реорганизация и перестройка станции Прогресс. – Минимизация инфраструктуры закрытой станции Молодежная и демонтаж ее оборудования – Переоснащение антарктических станций современными системами связи и коммуникации
2.	Реконструкция системы транспортного обеспечения работ РАЭ.	<ul style="list-style-type: none"> – Доработка и модернизация базовых гусеничных тягачей и транспортеров для внутриконтинентальных транспортных походов и поэтапное переоснащение ими транспортной базы РАЭ. – Строительство снежно-ледового аэродрома на станции Прогресс

5.1. РЕКОНСТРУКЦИЯ И ПОДДЕРЖКА СЕТИ ПОСТОЯННЫХ РОССИЙСКИХ АНТАРТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

5.1.1. ПОДДЕРЖАНИЕ РАБОТ НА КРУГЛОГОДИЧНО ДЕЙСТВУЮЩИХ РОССИЙСКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЕЖЕГОДНЫХ РОССИЙСКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ ЭКСПЕДИЦИЙ

Работы 48-й зимовочной и 49-й сезонной РАЭ проводились в рамках минимально допустимых параметров, установленных постановлением Правительства Российской Федерации от 28.08.1997 г, в соответствии с утвержденными руководством Росгидромета и согласованными с Научным советом РАН по изучению Арктики и Антарктики План – программами, а также утвержденными Росгидрометом Планами экспедиционных работ РАЭ на 2002–2004 гг. Цели и задачи исследований и работ соответствовали основным направлениям подпрограмм «Изучение и исследования Антарктики» и «Минерально-сырьевые ресурсы Арктики, Антарктики Мирового океана» ФЦП «Мировой океан»

В период работы 48-й зимовочной и 49-й сезонной РАЭ продолжалась реализация плана мероприятий по обеспечению деятельности РАЭ в 2002–2005 гг., принятого в ка-

честве приложения к постановлению Правительства Российской Федерации от 24.09.01 № 685. «О мерах по обеспечению интересов России в Антарктике и деятельности Российской Антарктической экспедиции в 2002–2005 гг.».

Зимовочная 48-я РАЭ

Зимовочная 48-я РАЭ (начальник А.В.Попов) выполняла свои работы на российских антарктических станциях Мирный, Восток, Новолазаревская, Прогресс и Беллинсгаузен.

Таблица 5.2.

Смена составов антарктических станций 48-й и 49-й РАЭ

Станция	Начало работ 48-й РАЭ	Завершение работ 48-й РАЭ	Начальник станции 48-й РАЭ	Начальник станции 49-й РАЭ
Мирный	28.03.2003	22.03.2004	В.А.Попов	Л.Н.Матвеечев
Восток	20.01.2003	25.02.2003	В.Ю.Веледин	А.В.Кондратьев
	30.12.2003	06.02.2004		
Новолазаревская	25.02.2003	00.11.2003	В.С.Сазиков	В.М.Вендерович
Прогресс	21.01.2003	11.01.2004	С.Р.Борзенков	А.А.Николаев
Беллинсгаузен	20.03.2003	11.02.2004	В.И.Геллер	О.С.Сахаров

Плановые задания 48-й РАЭ с учетом их корректировки после консервации станции Восток выполнены в полном объеме. В том числе, обеспечена расконсервация станции Восток и возобновление в полном объеме выполнения здесь программ наблюдений, что явилось следствием выполнения специального (второго) рекордного по скорости санно-гусеничного похода Мирный–Восток 30.12.2003 г.

Составом зимовочной 48-й РАЭ выполнены круглогодичные наблюдения по комплексной программе мониторинга природной среды Антарктики в области метеорологии, актинометрии, аэрологического зондирования атмосферы, гелиогеофизического мониторинга ионосферы, магнитологии, сейсмологии, циркуляции атмосферы, гидрологии, океанологии, гляциологии, определения параметров загрязнения окружающей среды и природоохранных мероприятий.

В ходе реализации плана мероприятий по охране окружающей среды и постепенному сокращению объема отходов, накопившихся за предшествующий период, был подготовлен к пуску комплекс утилизации отходов, очистки сточных вод и водоподготовке на станции Прогресс. Запущена установка по утилизации отходов путем сжигания на станции Новолазаревская, где подготовлены для вывоза два 20 футовых контейнера с отходами (главным образом металлоломом). На станции Мирный подготовлены два трехтонных контейнера с отходами. Все это погружено на НЭС «Академик Федоров» и вывезено за пределы зоны действия Договора об Антарктике.

Продолжались работы на станции Новолазаревская по поддержанию в рабочем состоянии снежно-ледового аэродрома интенсивно используемого в рамках международной программы DROMLAN.

На станции Беллинсгаузен проведена завершающая стадия неотложных природоохранных мероприятий по очистке территории в рамках международной программы сотрудничества с неправительственной британской организацией «Миссия Антарктика».

На станции Восток введен в эксплуатацию цифровой комплекс для вертикального зондирования ионосферы (ионозонд «Бизон»). Начаты регулярные наблюдения за

общим содержанием озона (ОСО) и малыми газовыми примесями в атмосфере на станции Новолазаревская.

Проведен цикл гидрографических работ с припайного льда на станции Прогресс силами специалистов гидрографического предприятия. Получен материал для создания навигационной карты подходов к станции.

К наиболее значимым выводам по выполнению программ комплексного мониторинга природной среды Антарктики в период 48-й РАЭ можно отнести следующие:

– продолжающееся увеличение повторяемости положительных аномалий температуры воздуха, причем не только в Западной Антарктике в районе Антарктического полуострова, но и на других российских станциях. Повторяемость среднемесячных положительных аномалий температуры при этом превышает 60%. Вместе с тем, следует отметить, что наиболее значительные положительные аномалии приходятся на теплый период года, а крупные отрицательные – чаще формируются в период антарктической зимы. В то же время, для вывода о характере этих процессов в центральных областях континента, в настоящее время недостаточно материала (станция Восток в течение года не давала информации);

– в средней тропосфере отмечено сохранение превышения в сравнении с нормой повторяемости зональной формы циркуляции. (Стратосферные сезонные перестройки происходят без заметных отклонений от климатической нормы);

– отмечались исключительно большие колебания общего содержания озона по данным станций Мирный и Новолазаревская, подтвержденные спутниковыми данными NASA. Площадь озоновой дыры» по этим данным превышала 10-11 тыс. кв. км. Самое низкое в сентябре среднесуточное значение ОСО опускалось до 100 единиц Добсона. На станции Новолазаревская отмечено минимальное за всю историю наблюдений значение концентрации озона, однако к этим величинам следует подходить осторожно из-за отсутствия методики расчета для столь малых величин (методика ГГО);

– отмечались аномально высокие значения площадей всех трех основных ледовых массивов Антарктики при максимально возможном суммарном очищении морей Индоокеанского сектора. Атлантический ледовый массив приобрел много лет не наблюдавшееся максимальное развитие, и даже к концу периода таяния занимал большую часть акватории моря Уэдделла. Не получила развития традиционная стационарная полынья в море Росса. Впервые за 50 лет не взломался припай в заливе Мак-Мердо;

– в 2003 г. отмечен существенно более высокий уровень колебаний магнитной возмущенности по сравнению с прошлым годом, в соответствии с фазой солнечной активности (в начале ветви спада). Самые сильные магнитные бури отмечались в октябрь-ноябре 2003 г. Наряду с этим, было отмечено вторжение энергичных солнечных протонов, вызвавшее мощное поглощение в ионосфере вплоть до полного отсутствия отражений сигналов ионозонда;

– сейсмическая активность в южном полушарии не отличалась значительной интенсивностью, однако за пределами Антарктики российскими сейсмическими станциями РАЭ зарегистрировано 65 событий с магнитудой более 6 единиц. Очаги землетрясений при этом находились чаще всего в двух регионах: 1 – район Плато Рио-Гранде; 2 – район о-ва Н. Гвинея и о-ва Борнео наряду с землетрясениями у берегов Японии, у африканского побережья Средиземного моря и в Западной Сибири.

Сезонная 49-я РАЭ

В работах сезонной 49-й РАЭ (начальник В.А.Кучин) выделяются семь самостоятельных этапов, указанных в таблице 5.3.

Этапы проведения сезонных операций 49-й РАЭ

Наименование сезонных операций	Начало	Окончание	Ответственные исполнители
1. Рейс судна НЭС «Академик Федоров» с целью доставки снабжения и смены зимовочных станций Мирный, Прогресс, Восток, и Новолазаревская. (Направление 5 подпрограммы) Обеспечение развертывания сезонной базы Дружная-4 и выполнение комплекса сезонных исследований, как на территории станций, так и в антарктических морях. (Направления 1, 2, 3 подпрограммы)	10.11.03	12.05.04	В.А.Кучин – начальник сезонной 49-й РАЭ
2. Работы на станции Новолазаревская по программе DROMLAN и сезонные научные исследования при авиационной поддержке в рамках этой программы. (Направление 2 подпрограммы)	17.11.01	07.02.02	В.Д.Клоков – вед. специалист РАЭ
3. Морские геолого-геофизические исследования на НИС «Академик Александр Карлинский». (Направления 1, 2 подпрограммы)	14.11.03	06.05.04	В.Г.Гандюхин (ГТ МГРЭ) – начальник рейса
4. Геолого-геофизические исследования получение новой информации о геологическом строении горных районов Восточной Антарктиды на Земле Мак-Робертсона и на Земле Принцессы Елизаветы, оценка минерагенических перспектив; продолжение изучения подледникового озера Восток в Центральной Антарктиде; осуществление комплекса природоохранных работ. (Направления 1, 2 подпрограммы)			Волнухин В.С. зам начальника сезонной 49-й РАЭ по геолого-геофизическим исследованиям.
5. Работы микробиологического направления в районе острова Кинг-Джордж (Направление 2 подпрограммы)	10.01.04.	23.02.04	О.С.Сахаров – начальник станции
6. Выгрузка строительных конструкций и закладка фундаментов нового зимовочного комплекса на станции Прогресс. (Направление 2 подпрограммы)			Г.Н.Иванов – начальник отряда
7. Проведение межведомственной инспекции российских антарктических станций (По постановлению Правительства РФ № 685)	20.12.03	20.02.04	В.Л.Мартьянов

Сезонные работы с базированием на борту НЭС «Академик Федоров»

В ходе 20-го рейса НЭС «Академик Федоров» выполнен большой комплекс экспедиционно-логистических задач.

Среди наиболее и значимых следует отметить следующие события:

1. Полную выгрузку снабжения и обеспечение топливом всех станций упомянутых в рейсовом задании.

2. Подготовку взлетно-посадочной полосы на аэродроме ст. Новолазаревская, предъявление ее аттестационной комиссии и обеспечение выполнения восьми рейсов Ил-76 с ноября 2003 по февраль 2004 г.

3. Подготовку и проведение в плановые сроки второго похода на Восток.

4. Полную выгрузку строительных конструкций на станции Прогресс (в условиях отсутствия припайного льда).

5. Полное обеспечение снабжением и расконсервацию базы Дружная-4, организацию полевых лагерей на Земле Мак-Робертсон.

6. С борта НЭС «Академик Федоров» выполнена серия гидрологических разрезов в море Содружества по меридианам 70, 71 и 72° из 28 станций до дна.

7. С помощью НЭС «Академик Федоров» выполнен гидрологический разрез по нулевому меридиану на север от кромки льда с использованием отрывных зондов.

8. Обеспечена работа межведомственной инспекции Российских антарктических станций.

9. Обеспечены природоохранные мероприятия, в том числе вывезены отходы из зоны действия Договора об Антарктике.

Работы по исследованию подледникового озера Восток

Выполнена радиолокационная съемка ледника на подходах к Мирному и трассы Мирный – Комсомольская на протяжении 814 км. Радиолокационная съемка в районе подледникового озера Восток по 32 маршрутам на протяжении 848 км позволила:

- уточнить положение береговой черты в юго-западной и северной частях озера;
- выявить морфологические особенности полуострова в юго-западной части озера;
- определить характер коренного рельефа в исследуемых районах.

Работы по организации полевого лагеря Озеро Радок

В период сезона 49-й РАЭ 26 января 2004 г. на берегу восточного залива озера Радок был открыт полевой лагерь «Озеро Радок». Исследования озера Радок имеют целью определение методик исследований подледниковых озер, поскольку данное озеро никогда не вскрывается и по своей природе происхождения, по мнению специалистов геологов, может быть некоторым аналогом подледникового озера Восток. В сезонный период на озере Радок был проведен комплекс геодезических, гидрологических и метеорологических наблюдений. Заложены пункты высокоточной геодезической сети и выполнены определения, соответствующие установленным допускам.

Работы в рамках международной авиационной антарктической сети «DROMLAN»

В сезонный период 49-й РАЭ была продолжена работа по проекту кооперативной воздушной сети на Земле Королевы Мод (DROMLAN). Вместе с Россией в работах по созданию воздушной сети участвуют национальные антарктические программы Бельгии, Великобритании, Германии, Индии, Голландии, Норвегии, Швеции, Финляндии, Южной Африки и Японии.

В течение сезона 2003/04 г. РАЭ проводила работы по эксплуатационному содержанию снежно-ледового аэродрома на Новолазаревской. В период летнего сезона из Кейптауна в Новолазаревскую было выполнено 8 рейсов самолета ИЛ-76 ТД. Всего перевезено в Антарктиду 314 пассажиров и из Антарктиды 300 пассажиров. Выполнены десятки рейсов по доставке участников национальных экспедиций из Новолазаревской на станции, расположенные на Земле Королевы Мод. Доставлены в Антарктиду участники межведомственной инспекции Российской Федерации.

Успешное проведение межконтинентальных воздушных операций было во многом обеспечено благодаря эффективному сотрудничеству РАЭ с ГосНИИ Гражданской Авиации и Международным Антарктическим Логистическим Центром (АЛСИ).

Сезонные работы на станции Беллинсгаузен.

Произведен отбор проб путем установки споро-пыльцевых ловушек. Вместе с образцами снега и мха, материал обрабатывается в АНИИ в сотрудничестве с Ботаническим институтом РАН.

Продолжено выполнение комплексных природоохранных мероприятий, осуществлен вывоз из Антарктики собранных отходов жизнедеятельности станции, проведены работы по реконструкции нефтебазы в соответствии с требованиями Протокола по охране окружающей среды.

Основные результаты геолого-геофизических исследований

В ходе полевых геолого-геофизических работ 49-й РАЭ, состоявшихся в относительно приемлемые сезонные сроки (январь—март 2004 г.), проведены специализированные геологические исследования на массиве Мередит и в районе озера Рэдок (горы Принс-Чарльз, Земля Мак-Робертсона), горах Гров и восточном борту ледников Ламберта и Эймери (Земля Принцессы Елизаветы); выполнена аэромагнитная съемка масштаба 1:500000 с попутной радиолокацией на берегу Моусона; реализован комплекс природоохранных и экологических мероприятий на станции Прогресс, полевых базах Дружная-4 и Союз.

Морские геолого-геофизические исследования

В период с 11 ноября 2003 г. по 6 мая 2004 г. был выполнен рейс НИС «Академик Александр Карпинский» по программе морских геофизических исследований. Закончена комплексная трехлетняя работа по изучению структуры осадочного чехла моря Дейвиса. В рейсе были выполнены запланированные сейсморазведочные работы МОГТ в комплексе с гравимагнитными наблюдениями, а также серия сейсмозондирований МПВ.

Межведомственная инспекция российских антарктических станций

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2001 № 685 «О мерах по обеспечению интересов Российской Федерации в Антарктике и деятельности Российской антарктической экспедиции в 2002–2005 гг.» Росгидромет совместно с заинтересованными министерствами, ведомствами и РАН организовал и проведение межведомственной инспекции российских антарктических станций. Участники инспекции ознакомились с работой станций Мирный, Прогресс, Новолазаревская, базой Дружная и НЭС «Академик Федоров, а также посетили антарктические станции и базы Индии, ЮАР и Норвегии. По материалам работы инспекции был подготовлен отчет в Правительство Российской Федерации, который будет учтен при планировании дальнейшей работы РАЭ.

Подготовка и начало проведения 50-й РАЭ

В 2004 г. была в основном подготовлена 50-я РАЭ. Подготовка включала в себя закупку необходимого оборудования, техники, расходных материалов, ремонт судна после выполнения им арктического рейса по программе, связанной с организацией дрейфующей станции «Северный полюс», подбор кадрового состава экспедиции, согласование научных программ.

Подготовительные работы были завершены в срок, и судно НЭС «Академик Федоров» вышло в рейс 26 октября, что соответствует оптимальным климатическим срокам проведения операций.

Основные этапы работ сезонной 50-й РАЭ отражены в табл. 5.4.

Примечательно, что в 2004 г. работы по сезонной программе были начаты до прихода НЭС «Академик Федоров» в антарктические воды за счет использования авиационного пути доставки участников экспедиции к месту работы в рамках международной программы DROMLAN.

Основные этапы работ сезонной 50-й РАЭ

Этапы 50-й РАЭ	Начало	Конец
1. Сезонные работы с помощью НЭС «Академик Федоров», обеспечение смены и завоза необходимых расходных материалов и запчастей на станции Мирный, Восток, Прогресс, и Новолазаревская. Обеспечение сезонных научных исследований, природоохранных мероприятий и поддержка авиационного обеспечения (продолжительность 177 суток).	26.10.04	10.05.05
2. Авиационные работы самолета типа ВТ-67 на лыжно-колесном шасси по обеспечению работ на станции Восток.	05.12.04	05.02.05
3. Воздушные операции на станции Новолазаревская с целью выполнения сезонных программ РАЭ и доставки грузов и персонала национальных антарктических программ по проекту Dromlan.	06.11.03	15.02.04
4. Морские геолого-геофизические исследования на НИС «Академик Александр Карпинский» (продолжительность 175 суток).	10.11.04	03.05.05

5.1.2. ПОЭТАПНАЯ РЕОРГАНИЗАЦИЯ И ПЕРЕСТРОЙКА СТАНЦИИ ПРОГРЕСС

Поэтапная реорганизация и перестройка станции Прогресс по плану на 2004 г. включала начало строительно-монтажных работ по сооружению объектов первой очереди зимовочного комплекса на станции Прогресс, включая:

- здание электростанции с гаражом-мастерскими (ЗЭМ);
- вертолетной площадки,
- нефтебазы.

Обоснование инвестиций (ТЭО) на данное строительство было выполнено в 2001-2002 гг. по договору между ААНИИ и ЛЕНАЭРОПРОЕКТОМ. В декабре 2002 г. ААНИИ представил Обоснование инвестиций в Государственную экспертизу Госстроя РФ. В марте 2003 г. было получено положительное заключение Главгосэкспертизы №133-03/ГГЭ-074/04. Согласно этому заключению было рекомендовано утвердить общую стоимость строительства в объеме 346 640, 00 тыс. руб. в ценах IV квартала 2001 г. С учетом рекомендаций и замечаний Главгосэкспертизы №133-03/ГГЭ-074/04 ЛЕНАЭРОПРОЕКТ по договору с ААНИИ был разработан «Рабочий проект первой очереди строительства зимовочного комплекса станции Прогресс».

Согласно письму Госстроя России от 03.02.2003 г. № 568/10 «О переходе на новую сметно-нормативную базу ценообразования в строительстве» расчет смет Рабочего проекта выполнен в ценах IV квартала 2003 г. Общая стоимость строительства в ценах IV квартала 2003 г. составляет 622 220, 91 тыс. руб.

По результатам проведенного открытого конкурса в июне 2003 г. ГУ ААНИИ заключил с ЗАО НТК «Аэротехнический центр» Контракт подряда № 33 на строительство зимовочного комплекса и снежно-ледовой ВПП на российской антарктической станции Прогресс на период 2003–2007 гг. в объеме инвестиций на сумму 205 737 720 руб. на период 2003–2007 гг. для первой очереди строительства. Такой порядок финансирования стройки определялся лимитом ассигнований в соответствии с утвержденным инвестиционным планом на 2003–2007 гг. по подпрограмме «Изучение и исследование Антарктики», а также закупки оборудования, входящего в смету стройки и затрат на авторский и технический надзоры.

В течение 2003 г. в рамках подготовки строительства подрядчик закупил строительные конструкции и подготовил прочие материально-технические средства для начала строительно-монтажных работ. В ноябре 2003 г. в составе 49-й РАЭ на станции Прогресс отправлен строительный отряд, который в январе 2004 г. приступил к строительно-монтажным работам.

На проведение строительства в течение 2004 г. было выделено вместо требуемых 98,3 млн рублей только 11,08 млн рублей, что не позволило проводить строительные работы в течение всего года. В этой связи в марте 2004 г. строительный отряд был эвакуирован со станции Прогресс. 25 декабря 2004 г. строительный отряд подрядчика вновь прибыл к месту производства работ на станции Прогресс и продолжил работы. Такая неритмичность в ведении строительства объясняется характером выделения бюджетных ассигнований на ведение строительства, указанных ниже.

Таблица 5.5

Объемы инвестиционных ассигнований на строительство нового зимовочного комплекса станции Прогресс

Год	Объем инвестиций (тыс. рублей)	Выполненные работы
2000	1 550	ТУ на проектирование.
2001	9 340	Проектные работы, закупка оборудования, входящего в смету стройки.
2002	2 510	Завершение разработки проектно-сметной документации
2003	33 260	Строительно-монтажные работы, корректировка проекта.
2004	11 080	Строительно-монтажные работы, корректировка проектно-сметной документации, технадзор

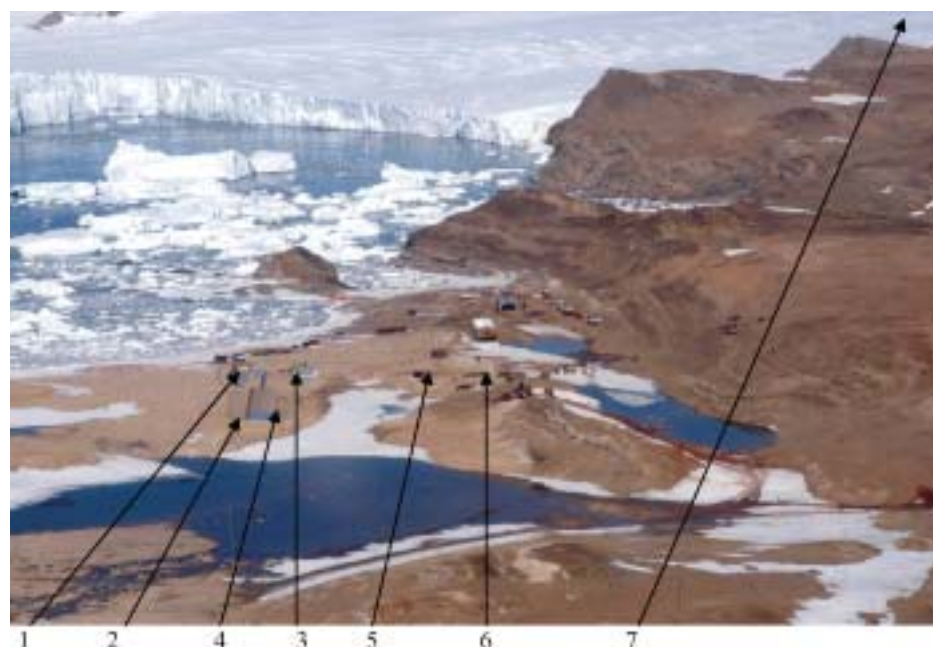


Рис. 5.1 Проектное и окончательное расположение объектов строительства на станции Прогресс.

Цифрами на рисунке обозначены: 1 – проектное расположение здания ЗСЖ; 2 – проектное расположение здания ЗЭМ; 3 – проектное расположение вертолетной площадки; 4 – реальное расположение вертолетной площадки; 5 – расположение здания ЗЭМ; 6 – расположение здания ЗСЖ; 7 – место для строительства снежно-ледового аэродрома

За 2004 г. были выполнены следующие работы по строительству:

- изучение грунтов на запроектированных пятнах застройки;
- геодезическая привязка к территории всех строящихся и проектируемых объектов;
- забурены и установлены свайные металлическое основания фундаментов под вертолетную площадку и здание ЗЭС;
- изготовлены и завезены к месту строительства строительные конструкции для каркаса здания ЗЭС, вертолетной площадки и нефтебазы.

5.1.3. МИНИМИЗАЦИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЗАКРЫТОЙ СТАНЦИИ МОЛОДЕЖНАЯ И ДЕМОНТАЖ ЕЕ ОБОРУДОВАНИЯ.

Целью работ по данному проекту является свертывание инфраструктуры самой большой антарктической станции России (более 70 зданий и сооружений), их демонтаж, очистка территории Оазиса Молодежной и вывоз отходов за пределы Антарктики.

После завершения работ по консервации и природоохранным мероприятиям станции Молодежная на ее месте должна быть оставлена законсервированная полевая база, что позволит сохранить присутствие России в этом антарктическом оазисе, и, в случае необходимости, в будущем иметь базу для сезонных работ для 8–15 чел.

Работы по консервации, ликвидации и природоохранным мероприятиям на станции Молодежная были начаты в период 43-й РАЭ. После завершения всех подготовительных работ станция Молодежная 14.07.1999 г. была законсервирована с предварительным созданием на ее основе полевой базы, предназначенной для выполнения дальнейшего комплекса природоохранных работ, связанных с демонтажем всех объектов, очистке территории оазиса и вывоза отходов за пределы Антарктики.

В 2001–2002 г. комплекс природоохранных работ на территории законсервированной станции Молодежная продолжить не удалось в связи с поздним выходом экспедиционного судна «Академик Федоров» в рейс по программе 46-й РАЭ и использованием в период 47-й РАЭ арендованного судна. По результатам проведенного в 2001 г. обследования состояния объектов инфраструктуры этой законсервированной станции был намечен план и проведена подготовительная работа по развертыванию комплекса работ в период проведения сезонных работ 48–50-х РАЭ. Однако эти работы были выполнены в минимальном объеме вследствие того, что ледовые условия на подходе к базе Молодежная оказались неблагоприятными для вывоза уже заготовленного и демонтированного оборудования и техники. По этой причине в феврале 2003 и 2004 гг. с базы Молодежная было вывезено только то оборудование, которое было необходимо на других станциях РАЭ.

В ноябре–декабре 2004 г. в связи с началом реализации воздушных операций между станциями РАЭ с помощью самолета на лыжном шасси типа ДС-3, база Молодежная была вновь расконсервирована для того, чтобы стать промежуточным аэродром при перелетах самолета по маршруту Новолазаревская — Прогресс. Созданная в предшествующие годы минимальная, но надежная инфраструктура этой базы, позволила в течение одних суток подготовить базу для автономной работы.

Снежно-ледовый аэродром для самолетов на лыжном шасси был разбит на удалении семи километров от станционного поселка.

Вывоз подготовленных отходов из года в год откладывается вследствие объективных причин. В сезонный период между станциями РАЭ операции проводит только одно научно-экспедиционное судно — «Академик Федоров». Проведение масштабных операций на рейде базы Молодежная потребует значительного судового времени на операции, учитывая сложную ледовую ситуацию на подходах к станции. Для того, чтобы провести операции у барьера Молодежной, необходимо, чтобы судно подошло к базе в конце декабря, когда еще сохраняется устойчивый припайный лед. В то же время именно эти

же сроки являются оптимальными для работы судна в районе станции Мирный. Поскольку операции на Мирном являются одним из ключевых элементов программы сезонных работ судна, то в район Молодежной судно подходит уже тогда, когда при сохраняющемся массиве льдов, под берегом образуется чистая вода, препятствующая операциям с использованием припайного льда. А позднее, с уходом припайного льда, на открытой воде такие операции в районе Молодежной провести невозможно вследствие отсутствия причала. Именно так произошло и в период сезонных операций 48-й РАЭ (2002–2003 гг.) и 49-й РАЭ (2003–2004 гг.).

Важным формальным обстоятельством, влияющим на работы, связанные с Молодежной, является ее статус. По Постановлениям Правительства №№ 1113 (1997 г.), 1027 (1999 г.) 685 (2001 г.) Молодежная не была утверждена ни как станция, ни как сезонная база. К таким «незаконным объектам» деятельности РАЭ относятся все ранее закрытые станции и базы (Русская, Ленинградская, Молодежная, Оазис Бангера и ряд других). Направление сюда персонала и материальных ценностей для выполнения работ, а также включения таких работ в планы очередных экспедиций с формальной точки зрения не логичны. Правда Молодежная в этом плане занимает особое место — здесь сосредоточено большое количество имущества, запчастей, материалов и оборудования, которые могут быть использованы на других станциях. Поэтому все сезонные РАЭ, как правило, заходят на эту базу и вывозят с нее то, что нужно на других станциях. До тех пор пока экспедиция оперирует в режиме минимально допустимых параметров, положение с выполнением данной программы будет сохраняться.

Новое направление использования базы Молодежная, как промежуточного аэродрома, дает основание для официального включения этой базы в состав действующей инфраструктуры РАЭ в режиме оптимальных параметров функционирования РАЭ, и выполнения здесь масштабных природоохранных работ, наряду с поддержкой авиационных работ.

5.1.4. ПЕРЕОСНАЩЕНИЕ АНТАРКТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ СОВРЕМЕННЫМИ СИСТЕМАМИ СВЯЗИ И КОММУНИКАЦИИ

В 2004 г. были продолжены работы по оснащению российских антарктических станций современными системами связи и коммуникаций.

В табл. 5.6 приведена схема потребности и фактической оснащенности основными средствами радиосвязи и навигации всех объектов инфраструктуры РАЭ.

В 2004 г. в соответствии с планом программных мероприятий были продолжены работы по внедрению принципиально новых систем высокоскоростной спутниковой связи на базе терминала FLIT-77. Такие терминалы, уже внедренные на станциях Мирный и Восток, были приобретены также для станций Прогресс и Новолазаревская. В течение 2005 г. они будут установлены и запущены в эксплуатацию на этих станциях. Таким образом, все действующие антарктические станции будут оснащены высокоскоростным доступом через спутниковые сети к базам данных, а также для входа в глобальную сеть Интернет. Учитывая, что большинство антарктических центров в настоящее время свою оперативную информацию, включая метеосиноптическую и ледовую, размещает именно в Интернете на своих сайтах, то решение проблемы доступа в Интернет для оперативных целей с антарктических станций становится все более актуальной проблемой. С установкой терминалов типа ФЛИТ-77 этот вопрос перестает быть технической проблемой. Скорость передачи информации в канале связи доведена до 60–78 кБт в секунду. Однако, учитывая финансовый аспект этой проблемы, РАЭ пока не разрешает станциям работать в таком режиме, поскольку оплата в системе производится за переданный и принятый объем информации, а в глобальной сети есть огромное количество т.н. «спама» — паразитной рекламы, ненужных картинок и иллюстраций.

Таблица 5.6

Оснащенность радионавигационным оборудованием экспедиционных объектов РАЭ по результатам работ 2004 г.

Экспедиционный объект, Оборудование	Мирный	Восток	Прогресс, включая аэродром	Новолазаревская, включая аэродром	Беллинсгаузен	Дружная-4 и полевые лагеря	Молодежная	СГП Мирный – Восток	НЭС «Академик Фелоров»
Спутниковые терминалы телекеной связи (Inmarsat-C)	2/2	2/2	2/1	2/1	2/1	1/0	1/0	1/1	2/2
Спутниковые терминалы ТЛФ, ФАКС, ДАТА связи Inmarsat B, M, mini-M	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/0	1/1	0/0	1/1
Спутниковые терминалы высокоскоростной связи FLEET-77, M-4	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0/0	0/0	0/0	1/0
ПВ-КВ трансиверы	2/1	2/2	2/1*	2/1	1/1	4/2	1/0	2/1	1/1
УКВ станции авиационного диапазона	1/0	1/0	2/1	2/2	1/0	1/0	1/0	0/0	2/1
УКВ трансиверы транспортные	1/1	1/0	1/0	5/0	3/0	3/0	1/0	12/12	0/0
УКВ носимые радиостанции	25/12	5/2	10/2	15/7	7/3	15/5	5/0	3/1	10/10
Радиолокаторы авиационные	1/0	1/0	1/0	1/0	0/0	1/0	1/0	0/0	2/0
Радиолокаторы транспортные (морские)	1/0	0/0	1/0	2/2	1/1	0/0	0/0	3/2	3/3
Спутниковые навигаторы, включая носимые и транспортные	5/2	2/2	2/1	5/2	2/2	5/1	1/1	10/3	+
Телефонные станции	1/1	1/0	1/0	1/1	1/1	1/0	0/0	0/0	1/1
Компьютерные сети локальные	1/0	1/0	1/0	1/1**	1/1	0/0	0/0	0/0	1/1**
УКВ радио компьютерные сети	0/0	0/0	1/0	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Общая оценка оснащенности	54%	49%	27%	70%	73%	11%	25%	71%	67%

Примечания: Числитель – потребность, знаменатель – фактическое наличие по состоянию на 31.12.2004 г., включая находящееся в стадии установки оборудование; * – без усилителя; ** – частичная.

При разрешении доступа станций в глобальную сеть Интернет сразу же встанет проблема получения новостей, частной переписки и другого использования сети. Решение всех этих проблем РАЭ планирует в течение 2005 г. путем создания специальных программных ограничений для компьютеров, работающих в глобальной сети на антарктических станциях.

В 2004 г. были закуплены современные УКВ радиостанции для походных машин взамен старых приемопередатчиков типа Р-123, которые были установлены на тягачах типа АТТ. Все эти аппараты морально и физически изношены, и не подлежат ремонту, поскольку их комплектующие не выпускаются промышленностью уже более 30 лет. Новое поколение УКВ мобильных радиостанций имеет специальную гарнитуру, которая позволит механику-водителю во время вынужденного выхода из кабины, оставаться на связи для других участников похода. Данные УКВ станции имеют расширенный до 10 км диапазон действия. В 2005 г. все тягачи санно-гусеничного похода Мирный - Восток будут оснащены устойчивой радиосвязью, что значительно улучшит безопасность проведения этих экспедиционных работ.

В рамках улучшения безопасности проведения экспедиционных операций были проведены также следующие мероприятия:

– плавающие средства на станции Беллинсгаузен оснащены морским эхолотом, и спутниковым навигатором,

– СГП Мирный – Восток и Новолазаревская – барьер были оснащены радиолокационными станциями для передвижения в условиях отсутствия видимости;

– для аэродромов станций Прогресс и Новолазаревская были приобретены УКВ радиостанции авиационного диапазона;

– был пополнен парк носимых УКВ радиостанций, которые остро необходимы практически каждому находящемуся на антарктических станциях; численность этих УКВ станций была увеличена на 5 штук и достигла величины 32 штук. Несмотря на это потребность в этих приборах не снижается, поскольку постепенно они выходят из строя в процессе эксплуатации;

– для станций Новолазаревская, Мирный и Прогресс были приобретены трансляционные усилители с музыкальными центрами для стационарного радиовещания.

Существенной проблемой для РАЭ остается проблема доступа к общественно-политической информации для полярников антарктических станций. В силу практически полного отсутствия в радио эфире устойчиво работающих российских радиостанций, вещающих на южное полушарие, полярники РАЭ месяцами не знают ничего о событиях в стране и мире. В последнее время наметилось два пути решения этой проблемы.

Первый путь – передача в режиме высокоскоростной передачи данных на антарктические станции специальных аудио и видео файлов с обзором важнейших общественно-политических событий в стране. Такие файлы планируется изготавливать с помощью профессиональных студий в Петербурге и передавать с использованием терминалов ФЛИТ-77.

Второй путь – это поэтапное оснащение антарктических станций приемными комплексами телевидения России с помощью системы «Москва – Глобальная». Первый космический аппарат этой системы «Горизонт 37» уже находится на позиции 14° западной долготы. Стабильность удержания этого спутника невысокая, и составляет $\pm 14^\circ$, что делает его устойчивым для приема в течение 16 ч в сутки. В 2004 г. был включен спутник «Экспресс» на позиции 11° з. д. (стабильность удержания $\pm 0,5^\circ$). В 2005 г. планируется запуск нового космического аппарата «Экспресс АМ» на позицию $96,5^\circ$ в.д., который будет вещать в глобальном луче на сеть станций «Москва – Глобальная» в восточном полушарии. Проблема этой системы пока в том, чтобы перейти от аналогового распространения телевизионного сигнала на цифровое, для чего потребители (а это в основном заграничные учреждения системы МИДа России) сделали такой переход, для чего необходимы дополнительные ассигнования бюджета. Исходя из перспектив развития данной спутниковой системы, можно сделать вывод о перспективе оснащения всех станций РАЭ аппаратурой для приема спутникового телевидения с помощью антенн диаметром 4 м. Кроме телевизионного сигнала, все спутники системы «Москва – Глобальная» имеют луч на прием, что дает возможность принимать не только ТВ каналы, но и высокоскоростной Интернет по другому каналу. Такой принцип построения системы позволит в ближайшей перспективе уменьшить диаметр приемо-передающих антенн до 3 м.

В 2004 г. московская компания «Вим-биль-данн», спонсор строительства православного храма на станции Беллинсгаузен, решила оплатить первый комплект оборудования телевизионной системы «Москва – Глобальная» для станции Беллинсгаузен. В марте 2005 г. этот комплект будет доставлен на борту НЭС «Академик Федоров» на станцию и там смонтирован. По планам ВНИИ Радио, который поставил это оборудование и будет его устанавливать, на станции Беллинсгаузен можно будет смотреть 4 канала телевидения России (РТР, ОРТ, НТВ, РТР-спорт). По результатам этой опытной эксплуатации, а также по мере введения в действие спутника «Экспресс-АМ» можно будет приступить к поэтапному оснащению остальных станций РАЭ телевизионным спутни-

ковым оборудованием. А для тех станций, где такой прием будет практически затруднен (прежде всего это станция Восток), будет развиваться первый из указанных способов доведения общественно-политической информации.

Стоимость аппаратуры и ее установки для приема аналогового сигнала ТВ достигает 70 тыс. долларов, стоимость подключения к Интернету – 10 тыс. долларов, стоимость аренды канала связи 64 кБт в секунду – 30 тыс. долларов в год.

С переходом на цифровое вещание, стоимость аппаратуры (антенна диаметром 3 м) существенно снижается до уровня в 15 тыс. долларов (прием 3-х программ). Именно этот уровень стоимости и необходимо взять за ориентир при рассмотрении перспектив оснащения станций РАЭ телевидением. Теоретически возможен прием и на станции Восток, для чего необходимо ее оснащение специальной антенной диаметром 5 м, или двумя антеннами по 3,8 м, плюс аппаратурой сложения и фазирования сигналов.

Важной частью системы сбора и обработки информации на антарктических станциях является наличие парка персональных компьютеров, соединенных в единую сеть, связанную с терминалами спутниковой связи. В 2004 г. продолжалось пополнение и обновление парка компьютеров на станциях. На конец 2004 г. на станциях РАЭ установлено и работает следующее количество компьютеров:

– Мирный – 17 единиц, в том числе действует локальная сеть, охватывающая лаборатории дома радио и кают-компаний;

– Восток – 10 единиц;

– Прогресс – 5 единицы;

– Новолазаревская – 12 единиц, в том числе создана частичная локальная сеть в метеодоме и аэрологии станции;

– Беллинсгаузен – 6 единиц, в том числе действует локальная станционная сеть, которая имеет выход не только на аппаратуру спутниковой связи, но и на каналы Интернет через сеть соседней чилийской станции.

В 2004–2005 гг. будут осуществлены мероприятия по созданию единой радио-УКВ компьютерной сети для станции Новолазаревская. Проблема создания такой сети заключается в том, что между станцией и аэродромом нужно создать возможность передачи файлов и ведения радиотелефонных переговоров. Существуют по крайней мере три технических подхода к этой проблеме с учетом удаленности объектов, отсутствия энергосети для ретрансляторов и полного поглощения любых радиосигналов ледниковым куполом, находящимся между этими объектами. В течение 2004 – первой половины 2005 гг. все три технических подхода будут проверены на практике, после чего будет принято решение о закупке того или иного комплекта оборудования. Аналогичная ситуация с созданием телефонно-компьютерной сети имеется на станции Прогресс и ее аэродроме. Технические решения, принятые для станции Новолазаревская будут далее распространены и для станции Прогресс.

На остальных станциях РАЭ, где нет аэродромов, планируется создание обычных локальных компьютерных сетей. Такая сеть в полном объеме работает в настоящее время только на станции Беллинсгаузен. Частично сеть создана на станции Мирный и охватывает потребителей, находящихся в зданиях на сопке Радио. Однако в перспективе, станция Мирный перейдет в здание дома геофизиков на сопке Комсомольская, поэтому в настоящее время нет необходимости создания единой сети для всей станции, тем более, что расстояние между сопками около 1 км, что создает значительные технические сложности по конструкции единой компьютерной сети по причине больших потерь в каналах передачи информации.

Важной, с точки зрения выполнения научных программ, является проблема создания единой локальной сети на станции Восток. Однако аварийное состояние здания дома радио, постоянные частичные замораживания зданий, пока препятствуют этому.

5.1.4. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАЭ В 2004 Г.

Финансирование деятельности РАЭ в 2004 г. обеспечивалось из средств федерального бюджета и предусматривало по статье 365 «Финансирование деятельности Российской антарктической экспедиции» подраздела 09, раздела 04 Федерального бюджета на завершение работ 48-й зимовочной РАЭ, проведение 49-й РАЭ и подготовку и начало проведения 50-й РАЭ средства в общем объеме 349 813,78 тыс. рублей, распределение которых представлено ниже в табл. 5.7.

Таблица 5.7

Операционные расходы на деятельность РАЭ в 2004 г.

Наименование мероприятий РАЭ	Расходы (тыс. руб.)
1. Завершение 48-й РАЭ:	33225,32
1.1. Заработная плата	22669,60
1.2. Начисления на заработную плату	8115,90
1.3. Полевое довольствие	1357,40
1.4. Оперативная связь	482,90
1.5. Оплата текущих ремонтных работ в Антарктике	599,50
2. Проведение 49-й РАЭ:	128721,10
2.1. Рейсовые расходы НЭС «Академик Федоров»	41666,50
2.2. Обеспечение выполнения работ 49-й РАЭ	1385,10
2.3 Возвращение НЭС «Академик Федоров» в Санкт-Петербург	2380,00
2.5. Авиационные работы 49-й РАЭ	12398,20
2.6 Работа межведомственной инспекции	9374,10
2.7. Обеспечение ст. Беллинсгаузен	1111,70
2.8. Оперативная связь	1207,20
2.9. Заработная плата	35047,90
2.10. Начисления на заработную плату	12547,30
2.11. Полевое довольствие	8441,60
2.12. Оплата текущих ремонтных работ в Антарктике	3161,50
3. Проведение 50-й РАЭ:	187867,50
3.1. Заработная плата	1268,30
3.2. Начисления на заработную плату	454,00
3.3. Ремонт НЭС «Академик Федоров»	63000,00
3.4. Содержание НЭС в период подготовки к рейсу 50-й РАЭ	14845,00
3.5. Материально-техническая подготовка станций 50-й РАЭ	53585,30
3.6. Авиабеспечение 50-й РАЭ	20693,60
3.7. Обеспечение сезонных работ на ст. Беллинсгаузен	2973,40
3.8. Рейсовые расходы НЭС «Академик Федоров»	28614,30
3.9. Полевое довольствие участников 50-й РАЭ	845,40
3.10. Оперативная связь	241,00
3.11. Коммунальные расходы	484,00
3.12. Прочие непредвиденные расходы	952,60
Всего в 2004 г.	349813,78

В 2004 году все предусмотренные выше средства Федерального бюджета на оперативную деятельность РАЭ были выделены в полном объеме.

Таблица 5.8

Оборудование, не входящее в сметы строек (код по КПС 240110), для обеспечения российских антарктических станций в 2004 году
ФЦП «Мировой океан», подпрограмма «Изучение и исследование Антарктики»

№ п/п	Наименование	Стоимость (млн руб.)
1.	Многоцелевые транспортеры типа АТТ, МТТ, ДТ-30П, 2 шт.	5,67
2.	Сани специальные с емкостями, 3 ед.	5,10
3.	УКВ радиостанции типа «Motorolla» GM-550, GM-900, 6 шт.	0,15
4.	Оборудование для высокоскоростной передачи данных	2,25
5.	Навигационное оборудование (радиолокаторы типа «Furuno-430», 2 шт.)	0,90
6.	Диагностическое оборудование медпунктов для антарктических станций, оборудование типа «Амбуланс», 2 компл.	1,10
7.	Средства наблюдений и обработки данных	0,70
8.	Противопожарное оборудование, 1 компл.	0,90
9.	Дизель-генератор 350 кВт, 1 шт.	1,53
10.	Дизель-генераторы ДГМА-100, 2 шт.	1,27
11.	Технологическое природоохранное оборудование (комплекс утилизации бытовых стоков)	1,85
12.	Обновление вычислительной техники	0,45
13.	Геофизическое оборудование (многоканальные озонметры, 2 шт.)	0,45
14.	Океанографическое оборудование (комплект обрывных батитермозондов)	0,60
15.	Самоходная баржа	10,00
Всего		32,92

Инвестиционные средства, выделенные в 2004 г. для РАЭ по подпрограмме «Изучение и исследование Антарктики» Федеральной целевой программы «Мировой океан» в 2004 г. (всего 44 млн. руб.) были направлены, прежде всего, на обновление и поддержку действующей инфраструктуры антарктических станций (8,8 млн рублей) и оснащение их необходимой транспортной техникой (15,67 млн рублей) и природоохранным оборудованием (6,95 млн рублей). В частности, были профинансированы работы (8 млн рублей при общей стоимости 13,5 млн рублей) по постройке баржи ледового класса для обеспечения разгрузки НЭС в районах антарктических станций. Были также обеспечены в минимальном объеме (11,08 млн рублей) работы по продолжению строительства на станции Прогресс (табл. 5.8).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2004 году исследования в рамках проектов направления «**Фундаментальные исследования южной полярной области**» подпрограммы «Антарктика» проводили 27 организаций пяти министерств и ведомств. Все запланированные НИОКР выполнены, полученные результаты соответствуют техническим заданиям. Проведены исследования южной полярной области на основе анализа метеорологических, океанографических, гляциологических, геофизических, биологических и геологических данных, собранных в 48-й и 49-й РАЭ и предыдущих антарктических экспедициях; результатов математического моделирования и анализа спутниковой информации. К наиболее важным результатам выполнения проектов НИОКР можно отнести следующие:

Раздел «Нормативно-правовое обеспечение деятельности России в Антарктике»

Подготовлены План управления для района станции Новолазаревская для планирования и реализации безопасного природопользования с учетом природно-климатических и экологических условий в восточной части оазиса Ширмахера и проект Постановления Правительства «О перспективах деятельности Российской Федерации в структуре Договора об Антарктике в 2006–2010 гг.».

Раздел «Современный климат»

Выполнен анализ изменений температуры воздуха в Антарктике за 2003 и 2004 годы. В 2003 г., по сравнению с 2002 г., уменьшилось число антарктических станций с отрицательными аномалиями среднегодовой температуры и эта тенденция продолжилась в 2004 г. Например, среднегодовая температура воздуха на станции Беллинсгаузен ($-1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) выросла на $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ по сравнению с 2003 г. и превысила многолетнюю норму на $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Отмеченное потепление, в основном, явилось результатом роста температуры в первые два зимних месяца. Амплитуда годового хода температуры составила здесь $6,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, что является абсолютным рекордом за весь период инструментальных измерений. Положительная аномалия температуры в зимний сезон, обусловленная локальным ростом циклонической активности, является одним из признаков глобального потепления. Анализ термического состояния приземной атмосферы Антарктиды в 2003–2004 гг. и оценка межгодовых изменений температуры воздуха на антарктических станциях за период инструментальных наблюдений показали, что в Антарктике, в целом, продолжается устойчивое потепление.

Установлено, в середине 1970-х годов в южном полушарии произошла смена циркуляционных эпох, которая заключалась в смещении атмосферных циркуляционных систем к полюсам, в том числе, концентрации циклонических образований в субполярной зоне и уменьшении межширотного обмена. С середины века до начала 1970-х годов отмечалось ослабление интенсивности западно-восточного переноса на полушарии, а с середины 1970-х годов до конца века ее усиление. Этот результат важен для интерпретации наблюдаемых особенностей климатической изменчивости.

На основе вновь созданных полных архивов срочных приземных измерений (237 годовых серий) и результатов высотного зондирования (200 годовых серий) на отечественных антарктических станциях изучены тенденции изменения климата в Антарктике. В частности, показано, что выраженное потепление в районе Антарктического полуострова распространяется по вертикали с уменьшением амплитуды до верхней тропосферы. Этот феномен, по-видимому, связан с локальным усилением циклонической активности

в последние десятилетия. В нижней стратосфере, наоборот, преобладает тенденция к похолоданию, обусловленная изменениями газового состава атмосферы и динамикой озона.

Влияние процессов синоптического масштаба на формирование климатической изменчивости в Антарктике количественно исследовано на основе поддиапазонного вероятностного анализа данных срочных метеорологических измерений на примере станции Русская, которая является одним из полюсов штормов в Антарктиде. Это позволило изучить межгодовую изменчивость, годовую ритмику, внутрисезонную изменчивость, процессы синоптического масштаба и суточный ход скорости приземного ветра. В результате определена низкочастотная модуляция многолетней изменчивости параметров годовой ритмики, синоптических процессов и суточного хода скорости ветра. Это важно для понимания механизмов формирования и прогнозирования экстремальных погодных условий на побережье Антарктиды.

Установлены корреляционные связи между климатическими изменениями облачного покрова и приземной температуры для восточной, западной и центральной частей Антарктиды. Количественные оценки параметров вертикальной макроструктуры облачного покрова важны для понимания причин наблюдаемых климатических изменений в Антарктике и обслуживания транспортных операций в Антарктике, таких как межконтинентальные авиаперелеты.

Исследована изменчивость положения некоторых характеристик Антарктического циркумполярного течения (АЦТ) и фронтов на разрезе от Антарктиды до Африки в диапазоне долгот 0° – 20° в.д. Высокое пространственное разрешение (15–20 морских миль) позволило получить подробную картину термической структуры верхнего 750-метрового слоя океана, определить положение и некоторые характеристики фронтов и границ АЦТ и примыкающих циркуляционных систем (субполярного круговорота Уэдделла и Агульсоева течения). Получены оценки горизонтальных градиентов температуры в областях основных фронтов Южного океана, исследованы особенности их поверхностного и подповерхностного проявления.

На северо-западе залива Прюдс с борта НЭС «Академик Федоров» выполнено три меридиональных разреза, пересекающих шельф и верхнюю часть материкового склона. Разрезы, впервые выполненные в этом районе с высоким пространственным разрешением, позволили получить уникальную информацию о структуре вод в области Антарктического склонового фронта, установить параметры фронта, определить характеристики водных масс. Впервые получено экспериментальное подтверждение формирования в этом регионе антарктических донных вод.

Проведено исследование распределения, численности, происхождения и морфологии айсбергов на акватории морей Дейвиса и Моусона (83 – 110° в.д.). Основу для их проведения составила опытная база данных отечественных наблюдений за айсбергами по маршруту следования российских судов за 50 лет. В итоге получена оценка суммарного объема массы глетчерного льда, заключенного в айсбергах морей Космонавтов, Содружества, Дейвиса и Моусона.

Проведены исследования неравновесной реакции глобального климата на различные сценарии антропогенного воздействия в XXI веке (в виде эмиссий парниковых газов и аэрозолей) с акцентированием внимания на изменчивости климата Антарктики. На основе результатов численного моделирования глобальной климатической системы по модели ГГО был выполнен анализ возможностей модельного воспроизведения наблюдаемой изменчивости климата Антарктики, включая вероятностные функции распределения различных климатических характеристик; проведено исследование эволюции изменчивости климата высоких широт в XXI веке и выявление на фоне естественной климатической изменчивости возможных изменений климата в Антарктике в XXI веке.

Разработана иерархия математических моделей для описания внутри- и межгодовой изменчивости гидрологического и ледового режима Южного океана и процессов в океане, являющихся современным инструментом научных исследований. С использованием численной модели общей циркуляции океана Гидрометцентра, в которой учтены основные физические процессы, ответственные за формирование крупномасштабной структуры динамических и гидрологических полей, проведено исследование механизмов, определяющих формирование термохалинной структуры глубинных слоев Южного океана.

Проведены лабораторные эксперименты по моделированию динамики и устойчивости фронтального течения вдоль материкового склона Антарктиды в условиях различной ширины и крутизны континентального склона. Установлено, что ширина зоны континентального склона оказывает значительное влияние на режим моделируемого течения. Это влияние заключается в подавлении неустойчивости течения, в уменьшении энергии волно-вихревых структур, а также интенсивности водообмена и переноса примеси в системе «шельф—глубокое море» в области широкого континентального склона. Последнее обстоятельство имеет важное значение, поскольку вентиляция вод шельфовой зоны, напрямую зависит от интенсивности водообменных процессов с глубоководной частью моря.

Проведены работы по реконструкции циркуляции в Южном океане по данным поверхностных и глубоководных дрейфующих буев. Реконструированные по данным буев поля поверхностной циркуляции и рассчитанные вдоль сглаженных траекторий компоненты скорости были использованы для расчета средней и вихревой кинетической энергии и расчетов меридионального и зонального вихревого потока тепла в Южном океане.

Раздел «Палеоклимат и гляциология»

Из кернов льда уникального подледникового озера Восток, полученных с глубины 3623 м, получены новые данные об изотопном составе воды озера, которые свидетельствуют об изменчивости его гидрологического режима и указывают на поступление в озеро гидротермальных вод по разломам земной коры. Этот вывод хорошо согласуется со сделанными ранее находками термофильных бактерий в керне озерного льда, а также с новыми данными о минералогическом составе микровключений осадочных пород в керне. Установлено, что в состав микровключений входят сульфидные минералы, которые являются продуктами гидротермальной деятельности и могли оказаться в донных отложениях в результате поступления горячих, насыщенных газами растворов из глубинных слоев земной коры под озером. Молекулярно-биологические исследования озерного льда показывают, что вода озера практически не содержит микробов. Если это подтвердится дальнейшими исследованиями, то подледниковое озеро Восток может стать первым примером огромного безжизненного водоема на Земле — идеальным полигоном для отработки методов и средств поиска внеземной жизни на планетах и лунах покрытых льдом.

Выполнены исследования баланса массы антарктического материкового ледникового покрова. Оценка проводилась на основе анализа временных серий космических изображений оптического и радарного диапазона и наземных измерений методами спутниковой геодезии. По результатам определения приходной части баланса массы — аккумуляции снега и его расходной части — стока материкового льда установлено, что среднегодовой баланс массы большей части ледникового покрова Восточной Антарктиды являлся положительным во второй половине XX века. Показано, что среднегодовой баланс массы был близок к постоянному на протяжении последних 50 лет, т.е. практически не реагировал на климатические изменения.

Раздел «Верхняя атмосфера»

Исследована динамика долговременного тренда озонового слоя в Антарктике на основе анализа натуральных данных и численного моделирования содержания озона и других малых газовых составляющих после сильных протонных вспышек 23-го цикла активности Солнца. Показано, что озоносфера Земли в высоких широтах в периоды усиления протонной активности Солнца испытывает сильные изменения, обусловленные дополнительным образованием окислов азота и водорода, разрушающих озоновый слой. Подобные воздействия могут давать накапливающийся эффект из-за большого времени жизни окислов азота на этих высотах. Изменения озона могут вызвать заметные изменения температуры и ветра и внести вклад в глобальные изменения природной среды и климата.

Исследованы параметры реакции ионосферы Антарктики на вторжение потоков энергичных электронов. Показано, что вариации потоков высыпающихся магнитосферных электронов (включая частицы релятивистских энергий) являются фактически единственной причиной крупномасштабных ионосферных возмущений, связанных с магнитными бурями и наблюдающихся на широтах от $\sim 70^\circ$ до $\sim 40\text{--}30^\circ$ в обоих полушариях Земли. Эти потоки даже в условиях минимального высыпания создают на высотах $\sim 55\text{--}75$ км источник ионизации, доминирующий на инвариантных широтах $\sim 55\text{--}60^\circ$; при усилении высыпания магнитосферных электронов этот источник может стать доминирующим и на меньших (до ~ 40 км) высотах. Показано, что наиболее интенсивные ионосферные возмущения вызываются случаями одновременного высыпания потоков солнечных протонов и энергичных электронов.

Раздел «Свободная и приземная атмосфера»

Исследованы механизмы и тенденции изменчивости озона в атмосфере полярных областей. Выполнен сравнительный анализ изменений общего содержания озона в атмосфере Арктики и Антарктики. Результаты измерений содержания озона в весенний период над северной и южной полярной областями продемонстрировали тенденцию к его уменьшению с начала восьмидесятых годов XX века, особенно значительную в Антарктиде. Показано, что различия между величиной общего содержания озона в Антарктике и Арктике связаны со спецификой циркуляционных процессов над каждым из полюсов. Получены новые экспериментальные данные о содержании в атмосфере Антарктики озона, водяного пара, углекислого газа, метана и окиси углерода. Разработана глобальная трехмерная транспортно-фотохимическая модель, которая учитывает основные процессы, формирующие газовый и аэрозольный состав атмосферы: атмосферные фотохимические реакции (как газофазные, так и гетерогенные), радиационные процессы, перенос воздушных масс, гравитационное оседание, вымывание примесей облаками и осадками. На ее основе проведено моделирование формирования весенней озоновой антарктической аномалии весной 2003 г.

Впервые проведен статистический анализ рядов суточных сумм параметров радиационного баланса по данным измерений за весь период наблюдений. Выполнены расчеты и анализ характеристик непрерывной продолжительности рядов суточных сумм прямой солнечной радиации, поступающей на перпендикулярную поверхность, и суммарной радиации. Оценена изменчивость потоков различных видов радиации в Центральной Антарктиде, на побережье материка и на побережье Антарктического полуострова. Проведен статистический анализ полных и аэрозольных индикатрис рассеяния света, измеренных на станции Мирный и в акватории Южного океана. Произведен расчет среднемесячных значений радиационного баланса, построены карты среднемесячных значений альbedo, суммарной радиации и радиационного баланса на территории Антарктики в декабре 1994 года. Получены количественные оценки сравнения составляющих радиационного баланса по спутниковым и актинометрическим данным.

Раздел «ГИС «Антарктика»

Сформированы интегрированные базы данных ГИС по разделам «Океанография» и «Метеорология». Создан макетный образец ГИС на уровне распределенной базы данных и возможности визуализации картооснов, тематических карт и справочной информации о пространственном распределении данных и информации в интегрированные базы данных. Разработан локальный сегмент ГИС с возможностью редактировать и обновлять базы данных версии 2004 г. Подготовлена новая цифровая радиолокационная карта Антарктиды. Обновлены базы гидрометеорологических, геофизических, гляциологических и спутниковых данных, пополненные новой информацией, собранной в Антарктике и прошедшей контроль качества. Осуществлены публикации бюллетеня «Состояние природной среды Антарктики» и публикации данных мониторинга на сайте подпрограммы.

Раздел «Экосистемы»

Обобщены данные по структуре различных сообществ и экосистем Антарктики с целью организации их мониторинга, охраны и оценки возможного использования биоресурсов. Подготовлены аннотированные списки видов донных и пелагических беспозвоночных животных Южного океана (фораминифер, мшанок, кишечнополостных, актиний, немертин, полихет, моллюсков и ракообразных, асцидий, погонофор) с описанием новых видов и родов. Исследован таксономический состав рыб Южного океана, дана оценка промысловых запасов шуковидной белокровки и клыкачей. Определены параметры количественного анализа соотношения биомассы фито- и зоопланктона с учетом салпы. Получена оценка состояния динамики численности птиц в районе обсерватории Мирный. Исследован флористический состав лишайников суши и особенности распространения и распределения антарктических лишайников в связи с особенностями топографии оазисов, всего выявлен 21 вид лишайников. Изучено состояние автохтонной и привнесенной вторичной микрофлоры в районах отечественных станций, в том числе облигатная и психрофильная микрофлора в почвах и грунтах на незначительном удалении от станций Новолазаревская, Молодежная и Мирный.

Исследования экологии зоны морских льдов Антарктики показали, что в зимний период микроскопические водоросли (главным образом, диатомовые) фотосинтезируют во льду и создают органическую продукцию, которая является основной пищей для криля и рыб в этот период, и, следовательно, для высших звеньев трофической сети, включая птиц и млекопитающих. Полученные количественные оценки численности и биомассы ледовых водорослей позволяют на новом уровне знания судить о роли морского льда и его биоты в поддержании запасов криля особенно в районе Антарктического полуострова, где промысловая нагрузка привела к перестройке структуры морских экосистем.

Раздел «Литосфера»

В результате геолого-геофизических работ создан банк данных по потенциальным полям юго-восточной части Индийского океана в секторе 80–150° в.д. (континентальная окраина Восточной Антарктиды) и составлены карты магнитного поля, поля силы тяжести и тектонического районирования этого региона. Реконструирована история распада восточной Гондваны и тектонической эволюции земной коры юго-восточной части Индийского океана. Составлен комплект геологических и геофизических карт южной части Земли Принцессы Елизаветы (горы Гров, уступ Моусона). Подготовлен макет карты датировок горных пород Восточной Антарктиды. Разработана модель эволюции земной коры Восточной Антарктиды по данным изотопно-геохимических исследований.

В соответствии с выводами Межведомственной комиссии по приемке – сдаче научно-технической продукции по НИОКР подпрограммы в 2004 г., полученные резуль-

таты НИОКР соответствуют ожидаемым результатам по проектам и отвечают фактическим затратам на реализацию подпрограммы. Результаты выполнения мероприятий подпрограммы в 2004 г. находятся в полном соответствии с требованиями и показателями утвержденной подпрограммы и соответствующих нормативных документов заказчика (Росгидромета). Качество и объем полученных за рассматриваемый период результатов находятся в полном соответствии с фактическими затратами на реализацию подпрограммы.

Результаты работ 2004 г. содержатся в **14 научно-технических отчетах** по каждому проекту, хранящихся в фондах ААНИИ, в головных организациях по проектам, в ВНТИЦ (в виде микрофильмов). Настоящий сводный отчет распространяется на CD-ROM и выставлен на Интернет-сайте подпрограммы (<http://south.www.aari.nw.ru>).

В целом, проекты НИОКР, выполненные в 2004 году, продолжали исследования 1999–2003 гг. и реализованы в соответствии с техническими заданиями и календарными планами работ. Ожидаемые результаты по проектам НИОКР достигнуты и являются существенным вкладом в достижение основополагающей цели подпрограммы – определении прошлых, текущих и прогнозирования будущих изменений антарктической природной среды. Большинство полученных результатов являются новыми, соответствуют международному уровню и представляют собой вклад России в различные международные программы.

Результаты работ 2004 г. найдут применение для диагноза современного состояния климата и прогноза эволюции климатической системы, что важно как для оценки перспектив развития разных отраслей хозяйственной деятельности, так и для принятия решений по таким международным соглашениям как Киотский Протокол. Результаты будут использоваться при проектировании и строительстве объектов в высоких широтах и для обеспечения морских транспортных операций, для улучшения предсказания погоды и, прежде всего, экстремальных синоптических ситуаций.

Результаты исследования озонового слоя важны для понимания механизмов возникновения «озоновой дыры», как в южном, так и в северном полушарии, и для оценки негативного влияния ультрафиолетового излучения на людей и на экосистемы в полярных областях Земли. Гелио-геофизические исследования являются теоретической основой для разработки рекомендаций по охране здоровья людей на случай прогнозируемых экстремальных отклонений гелиогеофизических параметров. Биологические исследования позволят дать научно-обоснованные оценки возможных объемов добычи криля в антарктических водах и оценить воздействия изменений климата на морские и наземные экосистемы Антарктики. Геолого-геофизические исследования Антарктики необходимы для оценки объема потенциальных минеральных ресурсов Антарктики.

Результаты работ планируется использовать для:

- обеспечения российских и международных организаций информацией о современном состоянии климата Антарктики;
- обеспечения российской деятельности в Антарктике, в том числе проектирования и строительства объектов в высоких широтах и для обеспечения морских транспортных операций.

Выполнение пунктов Системы программных мероприятий подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» по направлениям **«Научно-прикладные исследования и разработки»**, **«Мониторинг окружающей среды Антарктики»**, **«Охрана окружающей среды»**, **«Материально-техническое обеспечение деятельности РАЭ»** было обеспечено в период проведения очередных Российских антарктических экспедиций. В 2004 г. были успешно завершены работы 48-й зимовочной, начаты 50-й сезонной РАЭ и развернуты

в полном объеме работы 49-й зимовочной РАЭ в соответствии с утвержденными Планами-программами указанных экспедиций.

Инвестиционные средства были выделены на реализацию практических мероприятий подпрограммы - строительство зимовочного комплекса станции Прогресс и модернизацию инфраструктуры антарктических станций (приобретение транспортной техники, средств связи и навигации, дизельных электростанций, комплекта очистных сооружений, медицинского и противопожарного оборудования и средств наблюдений). Это позволило укрепить материально-техническую базу Российской антарктической экспедиции, продолжить выполнение постановления Правительства Российской Федерации от 28.08.97 № 1113 «О деятельности Российской антарктической экспедиции» и постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.01 № 685 «О мерах по обеспечению интересов Российской Федерации и деятельности Российской антарктической экспедиции в 2002–2005 гг.».

Средства федерального бюджета расходовались строго целевым порядком и в соответствии с заданиями утвержденной подпрограммы и требованиями госзаказчика.

Нормативно правовая основа работ по подпрограмме строго соответствует существующему законодательству в рассматриваемой области и международным соглашениям Российской Федерации, прежде всего Договору об Антарктике и Протоколу по охране окружающей среды к Договору об Антарктике.

Результаты выполнения мероприятий подпрограммы в 2004 г. не несли экологической нагрузки на природную среду.

Контроль за реализацией подпрограммы в 2004 г. осуществлялся со стороны руководства Росгидромета, Межведомственного научно-технического совета (МНТС), Дирекции подпрограмм, Коллегии Росгидромета и Научно-технического совета Росгидромета. Работа Дирекции подпрограмм и Межведомственного научно-технического совета эффективна и полностью отвечает возложенным на них задачам по оперативному управлению и научной координации подпрограммами. Координация выполнения мероприятий подпрограммы осуществлялась в ГУ Арктическом и антарктическом НИИ Росгидромета. За отчетный период проведено одно заседание Дирекции подпрограммы, одно заседание Коллегии Росгидромета, одно заседание Научно-технического совета Росгидромета, два заседания секции Межведомственного научно-технического совета по подпрограмме.

За отчетный период состоялись два заседания Морской коллегии при Правительстве Российской Федерации (16.06 и 17.12.2004), на которых рассматривались вопросы использования инвестиционных средств по подпрограмме на строительство зимовочного комплекса станции Прогресс.

В 2004 г. проведено заседание Научного совета РАН по изучению Арктики и Антарктики, посвященное деятельности по подпрограмме.

27–30 декабря 2004 года Межведомственной комиссией проведена приемка-сдача научно-технической продукции НИОКР подпрограммы за 2004 год, по итогам которой определено, что ожидаемые результаты по проектам НИОКР в 2004 году достигнуты (акт приемки-сдачи от 30.12.2004).

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОЕКТОВ ПОДПРОГРАММЫ
«ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АНТАРКТИКИ» В 2004 Г.**

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССИИ В АНТАРКТИКЕ

ПРОЕКТ 1. (2.2.1.1)

Наименование: Разработать нормативно-правовые документы, регламентирующие присутствие граждан России в Антарктике, социальную защиту участников российских антарктических экспедиций

Организация-исполнитель: ААНИИ*

СОВРЕМЕННЫЙ КЛИМАТ

ПРОЕКТ 2. (2.2.2.1)

Наименование: Исследовать процессы формирования современного климата и его будущих изменений с учетом многообразия факторов и связей в антарктической системе «атмосфера—лед—океан—материк» и их влияния на глобальные климатические процессы.

Организация-исполнитель: ААНИИ, ГГО, ВНИИГМИ-МЦД, ИГКЭ, ДВНИГМИ, РГГМУ

ПРОЕКТ 3. (2.2.2.2)

Наименование: Определить климатообразующую роль Южного океана

Организация-исполнитель: ААНИИ, ГМЦ, ИО РАН

ГЛЯЦИОЛОГИЯ И ПАЛЕОКЛИМАТ

ПРОЕКТ 4. (2.2.3.1)

Наименование: Провести комплексные исследования подледникового озера Восток, оценить прошлые изменения климата по данным ледяных кернов, колонок морских и озерных отложений

Организация-исполнитель: ААНИИ, ПИЯФ, ИНМИ РАН, СПб ГГИ, ПМГРЭ, КГУ, ВНИИ Океанология, ИГ РАН, ВСЕГЕИ

ПРОЕКТ 5. (2.2.3.2)

Наименование: Дать оценку строения, режима и эволюции ледников краевой зоны Антарктиды и Субантарктики

Организация-исполнитель: ИГ РАН

ВЕРХНЯЯ АТМОСФЕРА

ПРОЕКТ 6. (2.2.4.1)

Наименование: Исследовать влияние энергичных заряженных частиц и динамических вариаций солнечного ветра на стратосферу и тропосферу полярных областей Земли. Изучить механизмы воздействия вариаций гравитационного поля на ритмику биологических процессов в условиях Антарктики

Организация-исполнитель: ААНИИ, ЦАО

ПРОЕКТ 7. (2.2.4.2)

Наименование: Исследовать структуру геофизических процессов различного масштаба и динамику ионосферных неоднородностей в полярных шапках

Организация-исполнитель: ААНИИ

* Полу жирным шрифтом выделены головные организации по проектам

СВОБОДНАЯ И ПРИЗЕМНАЯ АТМОСФЕРА**ПРОЕКТ 8. (2.2.5.1)**

Наименование: Исследовать малые газовые составляющие атмосферы Антарктики

Организация-исполнитель: НПО «Тайфун», ААНИИ, ГГО, ЦАО, ИФА РАН, СпбГУ, РГГМУ

ПРОЕКТ 9. (2.2.5.2)

Наименование: Исследовать условия формирования аэрозольно-оптических свойств атмосферы и составляющих радиационного баланса над Антарктикой

Организация-исполнитель: ААНИИ, ГГО, НПО «Тайфун»

СОЗДАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «АНТАРКТИКА»**ПРОЕКТ 10. (2.2.6.1)**

Наименование: Создать компоненты геоинформационной системы «Антарктика», электронно-справочные пособия и совокупности баз и банков данных, обобщающих данные наблюдений в Антарктике

Организация-исполнитель: ААНИИ, ВНИИГМИ-МЦД, НИЦ «Планета»

ЭКОСИСТЕМЫ**ПРОЕКТ 11. (2.2.7.1)**

Наименование: Провести комплексное изучение антарктической биоты.

Организация-исполнитель: ЗИН РАН, БИН РАН, ИОЗ РАН, СпбГУ, ВНИРО, АтлантНИРО

ПРОЕКТ 12. (2.2.7.2)

Наименование: Дать оценку экологии зоны морских льдов Антарктики

Организация-исполнитель: ИО РАН, МГУ

ПРОЕКТ 13. (2.2.8.1)

Наименование: Изучить основные черты строения, фундаментальные закономерности эволюции и особенности минерагении антарктической литосферы. Дать оценку минерально-сырьевого потенциала Антарктики.

Организация-исполнитель: ВНИИ Океангеология, ПМГРЭ

ПРОЕКТ 14. (2.2.8.2)

Наименование: Провести геолого-геофизические исследования узловых районов Антарктики в рамках международных геотраверзов (АНТАЛИТ, ГЕОМОД) и программ (АНТОСТРАТ). Создать базы геофизических данных и комплекты специализированных карт геолого-геофизического содержания среднего масштаба для перспективных на минеральные ресурсы районов Антарктики.

Организация-исполнитель: ВНИИ Океангеология, ПМГРЭ

