

**Федеральная служба России  
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды  
Государственный научный центр Российской Федерации  
Арктический и антарктический научно-исследовательский институт**

**Экспресс-информация  
Выпуск 15**

**НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
ИССЛЕДОВАНИЯ И ОХРАНА  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АНТАРКТИКИ**

**(Санкт-Петербург, 13–15 ноября 2002 г.)**

**ТЕЗИСЫ  
ДОКЛАДОВ**

**Санкт-Петербург  
2002**

*Цели конференции состоят в обсуждении результатов научных исследований природной среды Антарктики, полученных на первом этапе (1999 – 2002 гг.) реализации подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» Федеральной целевой программы «Мировой океан», а также результатов других исследований, относящихся к антарктической проблематике.*

*Конференция проводится в рамках Плана важнейших научно-технических конференций Росгидромета на 2002 г. и в соответствии с рекомендациями Научно-экспертного совета ФЦП «Мировой океан» от 14.09.2001 г.*

*Программа докладов конференции сформирована на основе заявок от желающих принять участие в конференции в соответствии с соответствующими научными разделами подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики»:*

*Современный климат*

*Палеоклимат, гляциология, озеро Восток*

*Верхняя атмосфера*

*Свободная и приземная атмосфера*

*Экосистемы и охрана окружающей среды*

*Литосфера*

*Развитие информационных технологий*

*Научно-прикладные исследования и разработки*

НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
ИССЛЕДОВАНИЕ И ОХРАНА  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АНТАРКТИКИ  
(Санкт-Петербург, 13–15 ноября 2002 г.)

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Редактор: Н.П.Муравьева  
Оригинал-макет: А.А.Меркулов

Подписано в печать 31.10.2002.

Формат 60 × 90 1/16.

Печать офсетная. Печ. л. 8.

Тираж 100 экз.

199397, Санкт-Петербург, ул. Беринга, 38  
Ротапринт ААНИИ

## СОДЕРЖАНИЕ

---

<i>С.С.Абызов, Н.Е.Бобин, М.Ю.Мирохин, С.В.Янкилевич.</i> Способы асептического опробования подледниковых водоемов .....	7
<i>А.П.Андріяшев.</i> Липаровые рыбы ( <i>Liparidae, Scorpaeniformes</i> ) Южного океана и сопредельных вод .....	8
<i>А.П.Андріяшев, Н.В.Чернова, Д.Л.Стайн.</i> Сравнительный анализ эндемичной фауны липаровых рыб антарктических вод и Австралийского региона .....	10
<i>Н.Н.Антипов, А.В.Клепиков, В.К.Королев, В.Л.Кузнецов.</i> Крупномасштабные циклонические круговороты антарктической зоны Восточной Антарктики .....	12
<i>В.Н.Арефьев, Ф.В.Кашин, Ю.И.Баранов, В.П.Устинов, Н.Н.Парамонова.</i> Результаты измерений содержания парниковых газов в атмосфере Атлантики и Антарктиды .....	13
<i>В.В.Асмус, В.А.Кровотынцев, О.Е.Милехин.</i> Радиолокационный мониторинг полярных ледяных покровов Антарктики по данным ИСЗ серии «Океан» .....	15
<i>В.М.Бажуков.</i> Разработка и испытание криогенной кислородной аппаратуры в условиях низких температур .....	15
<i>А.В.Балушкин.</i> Повторное видообразование у рыб отдаленных островов Южного океана .....	16
<i>С.А.Баталкина, А.Л.Белинских, А.А.Воронцов.</i> Практическая реализация локального сегмента ГИС «Антарктика» .....	17
<i>А.Л.Белинских, А.А.Воронцов.</i> Принципы и основные проектные решения построения локального сегмента ГИС «Антарктика» .....	18
<i>О.А.Бережинский, А.В.Зимин.</i> Универсальный программный комплекс для обработки и хранения океанологической информации в экспедиционных условиях .....	19
<i>П.В.Богородский, Б.В.Иванов, В.В.Лукин, И.А.Немировская, Н.Н.Помелов.</i> Особенности распространения дизельного топлива через антарктический припайный лед .....	20
<i>Д.Ю.Большаинов, Д.Андерсен.</i> Современное оледенение оазиса Бангера как показатель последнего позднеплейстоценового оледенения Антарктиды .....	21
<i>С.А.Булат, И.А.Алехина, Л.П.Васильева.</i> Молекулярно-биологическое исследование атмосферного и озерного льда керна со станции Восток ....	23
<i>Н.И.Васильев, [Р.Н.Вострецов], А.Н.Дмитриев, В.М.Зубков, А.В.Красилев, П.Г.Талалай, В.М.Шашкин.</i> Перспективы продолжения бурения глубокой скважины и вскрытия подледникового озера Восток .....	25
<i>С.Р.Веркулич, З.В.Пушина, И.Н.Кузьмина.</i> Голоценовые изменения климата на побережье Антарктиды: интерпретация результатов исследования донных осадков озер и эпишельфовых водоемов .....	26
<i>Н.М.Воронина.</i> Зависимость жизненных циклов массовых видов антарктического зоопланктона от разной ледовитости вод .....	28

О.С.Воскобойникова. О происхождении рыб подотряда <i>Notothenioidei</i> ( <i>Perciformes</i> ) в свете данных онтогенетического анализа .....	29
О.С.Воскобойникова, Е.Б.Малашичев, Е.П.Воронина. О развитии некоторых костных элементов в онтогенезе нототениевых рыб ( <i>Notothenioidei</i> ) .....	31
И.П.Габис, О.А.Трошичев. Влияние вариаций солнечного УФ излучения на квазидвухлетние осцилляции в стратосфере .....	32
В.И.Гонтарь. Состав и распределение фауны мшанок моря Уэдделла, Антарктика .....	32
В.В.Гордеев, В.С.Волнухин. Опыт природоохранных работ на антарктических станциях и базах МПР России .....	34
А.К.Гусев, Е.А.Захарчук, В.Р.Фукс. Градиентно-вихревые волны в поле уровня моря и течений Южного океана по данным альтиметрических измерений .....	36
А.И.Данилов, В.В.Лукин, И.Е.Фролов. О реализации подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» в 1999–2002 гг. ....	37
Т.А.Егорова, В.Е.Лагун. Моделирование трендов озона в Антарктиде .....	40
А.А.Екайкин, Ю.А.Шибачев, В.Я.Липенков, И.Н.Кузьмина. Климатические изменения в Антарктиде за последние 200 лет по результатам геохимических исследований шурфов и данным о температуре ледниковой толщи .....	41
А.Г.Зацепин, В.В.Кременецкий, С.Г.Полярков, Н.А.Шеремет. Лабораторное моделирование плотностных течений применительно к процессу распространения и опускания плотных морских вод по континентальному склону .....	42
А.М.Звягинцев, Г.М.Крученицкий. Весенняя антарктическая озоновая аномалия: результаты наблюдений и их анализ .....	43
А.А.Зеленько, Ю.Д.Резнянский. Структура и изменчивость водообмена между океаническими бассейнами в Южном океане по данным численных экспериментов с моделью общей циркуляции океана .....	46
А.В.Зимин. Пространственно-временная изменчивость температуры вод на шельфе о-ва Южная Георгия .....	47
Б.В.Иванов, П.В.Богородский, О.М.Андреев. Процессы энергомассообмена в системе «атмосфера – морской лед – океан» .....	48
А.В.Клепиков, А.И.Данилов, В.М.Катцов, В.Е.Лагун, Е.И.Александров. Современные изменения в климатической системе Антарктики и сценарии будущих изменений .....	48
С.В.Ковачев. Развитие информационных технологий для работы с данными по Антарктике .....	50
А.И.Коротков, В.Е.Федяков. Морские льды и айсберги моря Содружества ..	51
К.Н.Кособокова. Влияние антропогенного загрязнения на зоопланктон антарктических вод .....	51
В.М. Котляков, В.Г.Захаров, М.Ю.Москалевский, Т.Е.Хромова. Динамика края Антарктиды .....	52
В.В.Кузин, О.В.Матыцин, А.В.Смоленский, Д.А.Волков. Алгоритм медико-биологического обеспечения подготовки экспедиции в Антарктиду .....	55
В.Е.Лагун. База данных и справочник по климату Антарктики .....	55

<i>В.Е.Лагун, Н.Е.Иванов.</i> Статистическая структура поля приземной температуры воздуха и атмосферного давления на уровне моря в районе Антарктического полуострова .....	57
<i>В.Е.Лагун, С.В.Яговкина.</i> Метан в атмосфере Антарктиды .....	59
<i>В.Е.Лагун, Э.И.Луценко.</i> Климатология циклонов и мезоциклонов в Южной полярной области .....	62
<i>А.А.Лайба, Д.М.Воробьев, Н.А.Гонжуров, Ю.В.Толюнас.</i> Предварительные результаты геологических исследований оазиса Ширмахера в 47-й РАЭ ...	64
<i>Г.Л.Лейченко, Г.Э.Грикуров, Е.Н.Каменев, Е.В.Михальский, А.В.Гольинский, В.Н.Масолов, Г.А.Кудрявцев, В.В.Гандюхин, Ю.Б.Гусева.</i> Российские исследования Антарктической литосферы: достижения, нерешенные проблемы .....	67
<i>В.Я.Липенков, В.А.Истомин, А.В.Преображенская.</i> Исследования газового режима подледникового озера Восток .....	69
<i>В.Я.Липенков, Л.М.Саватюгин, С.А.Булат, В.В.Лукин, В.Н.Масолов, Н.И.Васильев.</i> Результаты исследований палеоклимата и подледникового озера Восток .....	70
<i>В.В.Лукин.</i> Современные тенденции в системе Договора об Антарктике .....	71
<i>В.В.Лукин, В.Д.Клоков.</i> Перспективная схема транспортного обеспечения и развития инфраструктуры российской антарктической экспедиции .....	73
<i>В.А.Мартыщенко, В.В.Лукин.</i> Реформирование деятельности России в Антарктике .....	74
<i>В.В.Масленников.</i> О роли климатических колебаний в распределении антарктического криля ( <i>Euphausia superba Dana</i> ) .....	75
<i>В.Н.Масолов, С.В.Попов, А.Н.Шереметьев, А.М.Попков, Г.А.Кудрявцев, В.В.Лукин.</i> Основные результаты первого этапа исследований подледникового озера Восток наземными дистанционными методами ...	77
<i>И.А.Мельников.</i> Экосистемы морских льдов Антарктики: сравнительный анализ .....	79
<i>А.В.Неелов, И.С.Смирнов.</i> Современное состояние изученности антарктических экосистем .....	80
<i>И.А.Неелов, А.В.Клепиков.</i> Модель сезонной изменчивости циркуляции Южного океана .....	82
<i>И.А.Полищук, А.В.Зимин.</i> Характер временной изменчивости метеопроцессов в промысловых районах Антарктической части Атлантики .....	83
<i>В.Н.Помелов.</i> Деятельность РАЭ в области охраны окружающей среды Антарктики .....	84
<i>С.В.Попов, В.Н.Масолов, В.В.Лукин, А.Н.Шереметьев.</i> Центральная часть Восточной Антарктиды: коренной рельеф и подледниковые озера .....	84
<i>С.В.Попов, В.Я.Липенков, Д.В.Мандрикова, А.Н.Шереметьев, В.Н.Масолов, В.В.Лукин.</i> Стратификация ледникового покрова в районе подледникового озера Восток по радиолокационным данным и ее применение для построения изохронных поверхностей .....	86
<i>В.П.Природина.</i> Систематическое положение литоральных и глубинных видов рода <i>Harpagifer</i> ( <i>Harpagiferidae</i> , <i>Nototherioidei</i> ) из Кергеленской зоогеографической подобласти .....	86

<i>В.Ф.Радионов, В.Н.Арефьев, Ф.В.Кашин, Е.Е.Сибир, Г.Г.Сакунов.</i> Исследование газового и аэрозольного состава и радиационных характеристик атмосферы над Антарктикой .....	88
<i>В.Ф.Радионов, Е.Е.Сибир, А.А.Мишин.</i> Анализ характеристик радиационного режима и общего содержания озона на российских антарктических станциях .....	89
<i>Т.Н.Ратькова.</i> Динамика фитопланктона у кромки льдов в море Лазарева в декабре—январе 1994/95 г. ....	92
<i>И.А.Репина.</i> Изменчивость составляющих энергетического баланса в зависимости от метеоусловий и структурных характеристик подстилающей поверхности по данным измерений в прибрежных районах Антарктиды .....	93
<i>Р.Роура, А.Д.Хеммингс, Н.С.Семенова.</i> Стратегические потребности, стратегические процессы: использование стратегической оценки окружающей среды в Системе Договора об Антарктике .....	94
<i>Л.Ю.Рыжаков, Г.Е.Рябов, С.А.Зарин.</i> Результаты мониторинга атмосферной циркуляции в Южной полярной области за последние 45 лет .....	95
<i>Б.И.Сиренко, В.Арнц, И.С.Смирнов.</i> Особенности фауны моря Уэдделла .....	96
<i>В.Г.Смирнов, В.Э.Ницс.</i> Алгоритм вычисления толщины заснеженного ледяного покрова по данным спутниковой альтиметрии .....	99
<i>И.С.Смирнов, А.Л.Лобанов, А.А.Голиков, А.В.Неелов, Е.П.Воронина.</i> Информационно-поисковая система «ЭКОАНТ» по экологии и коллекциям антарктических морских беспозвоночных и рыб .....	99
<i>В.М.Смоляницкий.</i> Ледовые условия Антарктики на основе данных SSM/I ИСЗ DMSP — оперативное и климатическое картирование .....	101
<i>С.П.Смышляев.</i> Исследование газового состава атмосферы Антарктики с помощью усвоения результатов измерений фотохимической моделью атмосферы .....	102
<i>О.А.Трошичев.</i> Исследования верхней атмосферы в Южной полярной области .....	104
<i>О.А.Трошичев, Л.В.Егорова, В.Я.Вовк.</i> Влияние вариаций солнечного ветра на атмосферные процессы в Южной полярной области .....	105
<i>В.В.Федоров.</i> Современные представления о систематике рыб семейства бельдюговых ( <i>Zoarctidae</i> ) в Южном океане .....	106
<i>И.В.Федорова, С.Р.Веркулич, И.Н.Кузьмина.</i> Оценка современного состояния и устойчивости водоемов восточно-антарктических оазисов .....	107
<i>А.В.Франк-Каменецкий, О.А.Трошичев, В.Н.Морозов.</i> Связь между вариациями атмосферного электрического поля в Южной полярной области и грозовой активностью .....	109
<i>Н.В.Чернова, Г.Дюамель.</i> Новые данные о составе и распределении липаровых рыб ( <i>Liparidae, Scorpaeniformes</i> ) района о-вов Кергелен и Крозе .	110
<i>В.С.Чуков.</i> Испытания полноприводных колесных вездеходов на шинах сверхнизкого давления .....	111
<i>К.В.Шуст, А.Н.Козлов.</i> Биоресурсы Антарктики, перспективы их изучения промыслового использования .....	111
<i>Список сокращенных наименований организаций</i> .....	114

## СПОСОБЫ АСЕПТИЧЕСКОГО ОПРОБОВАНИЯ ПОДЛЕДНИКОВЫХ ВОДОЕМОВ

Отбор проб для проведения микробиологических, геохимических, и других исследований требует обеспечения высокой степени чистоты отбираемых проб. К настоящему времени наличие жизнеспособных микроорганизмов во льду на глубине до 3600 м экспериментально установлено и не вызывает сомнений. В то же время на контакте лед–вода может происходить как намерзание льда, так и его таяние. И вполне можно предположить, что при таянии льда микроорганизмы могут попасть в воду подледниковых водоемов. Наличие растворенного в воде воздуха при давлении более 30 МПа, обусловленном весом 3,5-километровой толщи льда, позволяет допустить возможность существования там простейших форм жизни, не требующих процесса фотосинтеза. Содержание их в воде будет ничтожным и для их обнаружения объем пробы должен быть достаточно большим.

Именно по этим соображениям применение обычных батометров, используемых для отбора проб воды, в данном случае невозможно. Наиболее приемлемым представляется способ фильтрования воды через блок биологических фильтров непосредственно в озере. При этом объем исследуемой пробы воды может быть практически неограниченным.

Поэтому одновременно с разработкой методики вскрытия подледного озера в СПГГИ (ТУ) проработана конструкция скважинного пробоотборника для отбора микробиологических проб из воды подледникового озера Восток.

Пробоотборник состоит из легкоъемного корпуса, закрепленного с помощью кабельного замка бурового снаряда на грузонесущем кабеле. Внутри корпуса на монтажной плате закреплены: блок электрических разъемов, съемный блок микробиологических фильтров, насос и система обогрева.

Блок микробиологических фильтров и насос снабжены электромагнитными клапанами, нормальное положение которых – закрытое. На блоке фильтров имеется также заливная горловина.

Перед спуском пробоотборника в скважину блок микробиологических фильтров и насос с клапанами стерилизуются в автоклаве и заполняются стерильной водой. При спуске пробоотборника в скважину включают систему обогрева. При вхождении в воду систему обогрева отключают и открывают клапаны, включают насос и вода прокачивается через блок фильтров. Объем прокаченной через блок фильтров воды определяется скоростью фильтрации воды через фильтры и временем работы пробоотборника. По окончании прокачки воды электромагнитные клапаны закрываются, изолируя отобранную на филь-

тры пробу от окружающей среды. После подъема на поверхность блок фильтров вместе с электромагнитными клапанами отсоединяется от пробоотборника и передается в лабораторию для проведения микробиологических исследований проб.

При рассмотрении способов вскрытия озера Восток на первый план выдвинут проект с использованием пилотного долота малого диаметра. Эта технология вскрытия озера не позволит пока использовать пробоотборник, о котором шла речь выше. В этих обстоятельствах первое микробиологическое изучение воды озера Восток возможно с использованием простейшего пробоотборника малого диаметра. Имея малый диаметр при значительной длине, он позволяет отобрать пробу воды объемом не менее 15 литров. Эта вода после подъема на поверхность переливается в предварительно простерилизованный резервуар диаметром около 120 мм и замораживается. Таким образом, получают искусственный ледяной керн, который может быть использован на установке УСЛ-3М по методике, разработанной в СПГГИ (ТУ) совместно с ИНМИ РАН и признанной специалистами многих стран.

А.П.Андряшев  
ЗИН РАН

### **ЛИПАРОВЫЕ РЫБЫ (*LIPARIDAE*, *SCORPAENIFORMES*) ЮЖНОГО ОКЕАНА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ВОД**

В конце прошлого века в результате интенсивных отечественных и зарубежных исследовательских работ в Южном океане была открыта и описана богатая эндемичная фауна липаровых рыб (сем. *Liparidae*), всеветно распространенных в водах Мирового океана, которые в южном полушарии, как оказалось, представлены настолько богато и разнообразно, что по числу видов они сходны с коренной фауной высокоэндемичных автохтонных нототениевых рыб Антарктики.

Всего в южном полушарии к настоящему времени выявлено и описано 105 видов липарид, относящихся к 8 родам, не считая 26 видов рода *Paraliparis*, недавно описанных из вод Австралии (*Stein, Chernova, Andriashev, 2001*). Из этих 105 видов 95 описаний видов и 5 родов опубликованы в последние 20 лет в разных изданиях как новые для науки, причем автором (самостоятельно или в соавторстве) было описано 67 видов и 4 рода. Материалы, послужившие для описания видов собраны в различных экспедициях разных стран; это сборы отечественных ихтиологов, переданные в Зоологический институт РАН, и значительные коллекционные материалы ряда немецких («Walter Herwig» и др. суда), американских («Eltanin»), польских и австралийских экспедиций. Однако следует заметить, что очень многие виды известны пока лишь по немногим или даже единичным экземплярам и находкам, особенно рыбы с глубин свыше тысячи и более метров.



В результате изучения всего биоразнообразия фауны липаровых рыб Южного океана и сопредельных вод сделаны следующие таксономические изменения. В роде *Careproctus* выделен новый подрод *Careproctula subgen. n.*, к которому отнесено большинство (84%) южноокеанских видов, отличающихся значительной редукцией структур плечевого пояса, плевральных ребер, зубной системы и другими морфологическими особенностями. В роде *Pseudnos* выделен подрод *Protopsednos subgen. n.*, в который включены виды из вод южной Австралии, отличающиеся наличием ряда отчетливо плезиоморфных (предковых) признаков.

Анализ эндемичной фауны липаровых рыб Южного океана, насчитывающий в общей сложности 131 вид (вместе с австралийскими), позволил обсудить некоторые общие вопросы морфологии, эволюции, экологии и биогеографии липаровых рыб южного полушария.

1. Изучение строения грудного плавника и ряда других морфологических признаков привело к заключению о преимущественно редукционном характере эволюции липаровых рыб. Показано, что при расширении батиметрического ареала и освоении жизни в пелагиали у южноокеанских липарид происходил преимущественно процесс олигомеризации (уменьшения числа) гомологичных метамерных структур.

2. У наиболее глубоководных (ультраабиссальных) видов (*под Notoliparis*) выявлено плезиоморфное состояние элементов сейсмочувствительной системы, которое рассматривается не как сохранение примитивных признаков (*Андрияшев, 1982*), но как реверсия от более древних предков.

3. Обосновано предположение о том, что причина сдвигаania вперед анального и мочеполювого отверстия у липарид (в онто- и филогенезе), особенно у видов рода *Careproctus*, может быть связана с особенностями их размножения — карцинофелией последних (откладыванием икры в околожаберную полость разных видов крабоидов семейства *Lithodidae* или двустворчатых моллюсков), т.е. является у них репродуктивной адаптацией.

4. Установлено наличие морфологических маркерных признаков у видов родов *Careproctus* и *Paraliparis*, имеющих сходство лишь в степени эволюционной редукции и в однотипных (южноокеанских) ареалах. Обнаружение этих маркерных признаков у ряда атлантическо-арктических липарид позволяет выявить их южноокеанское происхождение.

5. Обоснована гипотеза о трансокеанском (неарктическом) расселении вторичноглубоководных видов липарид из северной Пацифики по батимальным глубинам обоих американских материков и вокруг Огненной Земли в антарктическую Атлантику и далее по срединно-океаническим хребтам в другие районы Мирового океана, на север вплоть до глубин Полярного бассейна. Таким образом, показано, что известные на глубинах Арктики эндемичные липаровые рыбы имеют исходно не северотихоокеанское, а непосредственно южноокеанское происхождение.

Результаты данного исследования обобщены в монографии автора «Липаровые рыбы (*Liparidae*, *Scorpaeniformes*) Южного океана и сопредельных вод», рукопись которой, объемом 600 с. со 118 тотальными и морфологическими рисунками и 107 картами, подготовлена автором к печати в серии «Результаты биологических исследований отечественных антарктических экспедиций» том 9.

А.П. Андрияшев,<sup>1</sup> Н.В. Чернова<sup>1</sup>, Д.Л. Стайн<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> ЗИН РАН, <sup>2</sup> NOAA

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭНДЕМИЧНОЙ ФАУНЫ ЛИПАРОВЫХ РЫБ АНТАРКТИЧЕСКИХ ВОД И АВСТРАЛИЙСКОГО РЕГИОНА

Долгое время считалось, что представители семейства липаровых рыб (*Liparidae*: *Scorpaeniformes*) распространены почти исключительно в морских водах северного полушария (*Burke*, 1930), из южного полушария были известны лишь 3 вида. Однако исследования последних десятилетий показали, что фауна липарид Южного океана и сопредельных вод очень богата и разнообразна и к настоящему времени насчитывает 131 вид 8 родов (*Андрияшев*, 2002), что сопоставимо по количеству видов с фауной нототениевидных рыб (*Notothenoidei*) этого региона. Неожиданным открытием последнего времени оказалось описание эндемичной фауны липаровых рыб в водах Австралии на глубинах около 900–1400 м (*Stein*, *Chernova and Andriashev*, 2001). Здесь обнаружено 30 новых видов липарид, относящихся к 3 родам: *Paraliparis* (26 видов), *Pseudnos Barnard* (3) и *Careproctus* (1 вид). Все виды оказались эндемичными для австралийских вод.

Сопоставление эндемичных фаун липаровых рыб антарктических и австралийских вод имеет большой интерес. По составу родов в обоих регионах можно сделать следующие заключения. Для обеих фаун характерно отсутствие представителей рода *Liparis*, как считается, наиболее примитивного рода в семействе, наибольшее видовое разнообразие которого приурочено к северной части Тихого океана. Род *Careproctus* в антарктической фауне представлен 28 видами (*Andriashev*, *Stein*, 1998), тогда как в Австралийском регионе обнаружен лишь один вид, *C. paxtoni*, наиболее сходный с эндемичным новозеландским видом *C. novaeseelandiae*. Напротив, представители мезопелагического рода *Pseudnos* до сих пор не обнаружены собственно в антарктических водах, тогда как в водах Австралии выявлено 3 вида. Причем, по сравнению с видами северного полушария, австралийские пседносы характеризуются плезиоморфными морфологическими признаками (большее число позвонков, наличие межрадиальных отверстий в хрящевой пластинке плечевого пояса), что подтверждает гипотезу о южноокеанском происхождении этого рода (*Andriashev*, 1992; *Андрия-*

шев, 1993). Наибольшим числом видов в обоих регионах представлен род *Paraliparis* – 44 в антарктических водах и 26 видов в австралийских. Анализ межвидовой изменчивости этой группы в пределах каждого региона показывает следующее. Виды *Paraliparis* из антарктических вод хорошо отличаются друг от друга формой зубов, размером жаберного отверстия, формулой грудных радиалий, меристическими признаками и другими существенными особенностями. Значения меристических признаков у разных видов антарктических паралипарисов варьируют в довольно больших пределах: число позвонков 51–81, число лучей D 45–73, A 41–66, P 15–31, C 4–11, пилорических придатков 0–15. Жаберное отверстие по размеру изменяется от поровидного до сравнительно большого (15–16 % SL). Почти все виды имеют светлую окраску кожи – разных оттенков розово-оранжевых или лиловых тонов при жизни, бесцветную в фиксированном состоянии. Австралийская группа видов *Paraliparis* в целом заметно отличается от группы антарктических видов. Различаясь такими признаками, как общая форма тела, форма рыла и оперкулярной лопасти, число и положение радиалий грудного плавника, расположение подбородочных пор, форма рыльной складки и т.д, они сходны между собой по ряду существенных особенностей. Например, все австралийские виды характеризуются близкими значениями меристических признаков, варьирующих в ограниченных пределах: число позвонков составляет от 65 до 71, число лучей D 58–64, A 52–57, P 19–24, C 8(9), пилорических придатков 3–7. Все они имеют небольшое жаберное отверстие (3–4,3 % SL) и темную окраску тела (черную или коричневую). Почти половина австралийских видов имеет плезиоморфные признаки в строении плечевого пояса (выемчатые радиалии и наличие межрадиальных отверстий), тогда как в антарктической фауне липарид известен лишь один вид с такими признаками (*P. stehmanni*). Кроме того, некоторые австралийские виды рода *Paraliparis* имеют уникальные морфологические особенности, не известные для липарид из других районов Мирового океана (продольные килевидные гребни на боках тела, поддерживаемые окончаниями утолщенных эпинеуральных и эпиплевральных ребер, наличие необычной сотовидной ткани на подбородке, функции которой неизвестны). Сравнительно-морфологические данные позволяют считать обоснованным предположение о том, что австралийские паралипарисы представляют собой монофилетическую группу видов, сформировавшуюся сравнительно недавно в условиях длительной изоляции австралийского континента и омывающих его вод (Stein, Chernova and Andriashev, 2001).

*Российские авторы были финансово поддержаны грантом РФФИ № 00-15-07794 и Федеральной программой «Мировой Океан», Проект 16 «Проведение комплексного изучения антарктической биоты» подпрограммы «Антарктика».*

## **КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ЦИКЛОНИЧЕСКИЕ КРУГОВОРОТЫ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИКИ**

Рассматривается структура и циркуляция вод в антарктической зоне восточного сектора Южного океана. Для района  $60^\circ$  ю.ш. – побережье Антарктиды в диапазоне долгот  $0-170^\circ$  в.д. сформирован архив, содержащий данные глубоководных гидрологических наблюдений на более чем 3500 станциях, выполненных в период с 1920 по 2000 гг. Практически все данные прошли экспертный контроль, что позволяет считать архив одним из наиболее полных и достоверных на настоящий момент.

Анализ рассчитанных схем циркуляции и пространственного распределения характеристик ядер основных водных масс показал, что в пределах рассматриваемого района выделяются: восточная периферия круговорота Уэдделла, круговорот моря Космонавтов, круговороты моря Содружества и залива Прюдс, круговорот моря Дейвиса, круговорот в диапазоне  $110-130^\circ$  в.д. и западная область круговорота Росса. Положение и масштабы выявленных циклонических ячеек циркуляции определяются в первую очередь ветровым режимом и топографией дна.

Сделан вывод об основополагающей роли крупномасштабных циклонических круговоротов в формировании океанологического и ледового режима антарктической зоны Южного океана, определяемой в первую очередь адвекцией теплых и соленых глубинных вод от Антарктического циркумполярного течения в область шельфа и материкового склона Антарктиды.

Показано, что аномальное развитие процессов вертикального обмена во внутренних областях круговоротов может приводить к созданию условий, благоприятных для формирования в ледовом покрове полыней открытого океана.

Выявлены региональные особенности характеристик антарктических водных масс, формирующихся главным образом на южных перифериях круговоротов, в области Фронта антарктического склона.

Показано, что пространственная изменчивость структуры Фронта антарктического склона определяется в значительной степени различиями характеристик взаимодействующих водных масс, а также топографическими, физико-географическими и динамическими особенностями конкретных районов (площадью прилегающей области шельфа, наличием порога и локальных понижений бровки шельфа, наличием шельфовых ледников, положением относительно центров крупномасштабных циклонических круговоротов).

*В.Н.Арефьев<sup>1</sup>, Ф.В.Кашин<sup>1</sup>, Ю.И.Баранов<sup>1</sup>,  
В.П.Устинов<sup>1</sup>, Н.Н.Парамонова<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>НПО «Тайфун», <sup>2</sup>ГГО*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРЕ АТЛАНТИКИ И АНТАРКТИДЫ**

Приведены результаты измерений содержания водяного пара, углекислого газа и метана в атмосфере Антарктиды на ст. Новолазаревская и концентрации углекислого газа и метана в приземном слое воздуха в Атлантическом океане по пути следования научно-исследовательского судна в рамках сезонных работ 45 и 46-й РАЭ (1999–2001 гг.).

За период январь – март в Антарктиде общее содержание водяного пара изменялось в относительно широком пределе от 0,70 г/см<sup>2</sup> до 0,14 г/см<sup>2</sup>. Среднее содержание водяного пара за время наблюдений составило  $(0,43 \pm 0,12)$  г/см<sup>2</sup> при общей тенденции уменьшения со средней скоростью около 24 % в месяц.

За период летнего сезона в Антарктиде зарегистрированы вариации концентрации метана от 1,54 млн<sup>-1</sup> до 1,70 млн<sup>-1</sup>. Средняя концентрация метана за период наблюдений равна  $(1,63 \pm 0,04)$  млн<sup>-1</sup> при общей тенденции уменьшения со средней скоростью 1,8 % в месяц. В атмосфере Южной Атлантики концентрация метана меньше, чем Северной. За 10 лет его концентрация увеличилась примерно на 0,1 млн<sup>-1</sup> со средней скоростью примерно 0,01 млн<sup>-1</sup> в год.

Средняя концентрация углекислого газа в летний сезон была  $(366,4 \pm 2,5)$  млн<sup>-1</sup>. Отрицательный линейный тренд –0,14 % в месяц. В южном полушарии концентрация углекислого газа в атмосфере больше, чем в северном. За период между 32 (1987 г.) и 46 (2001 г.) экспедициями его объемная концентрация выросла примерно на 21 млн<sup>-1</sup>.

*В.В.Асмус, В.А.Кровотынцев, О.Е.Милехин  
НИЦ «Планета»*

## **РАДИОЛОКАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ПОЛЯРНЫХ ЛЕДЯНЫХ ПОКРОВОВ АНТАРКТИКИ ПО ДАННЫМ ИСЗ СЕРИИ «ОКЕАН»**

Регулярные спутниковые радиолокационные наблюдения Антарктики в НИЦ «Планета» проводятся с 1983 г., с момента запуска первого спутника океанографического назначения «Космос-1500» с радиолокационной станцией бокового обзора (РЛС БО) на борту. Информация, полученная в рамках проведения спутникового радиолокационного мониторинга, использовалась для решения трех основных задач:

- радиолокационное зондирование ледяного щита Антарктиды;
- наблюдение за отколами и дрейфом гигантских айсбергов, используемых как трассеры при изучении циркуляции ледяных и водных масс в Антарктике;

— получение оперативной информационной продукции для обеспечения судоходства в Антарктике.

В ходе проведения спутникового радиолокационного мониторинга Антарктики в НИЦ «Планета» была создана технология обработки радиолокационных данных, включая построение ледовых карт и мозаик. В том числе, разработаны методы радиометрической коррекции (относительной и абсолютной калибровки данных РЛС БО), а также коррекции угловой зависимости РЛ-изображений и сглаживания стыков при построении радиолокационных мозаик.

В рамках решения первой задачи, в НИЦ «Планета», впервые в мире, была построена цифровая радиолокационная карта Антарктиды. Карта была составлена из 36 РЛ-изображений, полученных с ИСЗ «Космос –1500» в период 21.01 – 3.03.1986 г. На карте выделяется множество разномасштабных структур различной яркости, которые не видны на изображениях оптического и ИК диапазона. Они представляют большой интерес для геофизики, гляциологии, климатологии и др. Были также выполнены работы по определению радиофизических характеристик (удельной эффективной площади рассеяния – УЭПР) различных типов ледяного покрова (шельфовых и вывальных ледников, морского и материкового льда).

В рамках изучения динамики отколов и дрейфа айсбергов, на основе данных с ИСЗ Космос-1500, Океан-01 № 5, Океан-01 № 7, RADARSAT и NOAA в 1986–2000 гг. проводились наблюдения за отколом трех гигантских айсбергов (A22, A23 и A24) от шельфового ледника Фильхнера и их дрейфом в море Уэдделла. Айсберг A24 до 1990 г. прочно удерживался на отмели в 230 км от места откола, а затем совершил дрейф вдоль Антарктического полуострова и побережья Южной Америки. В районе 35° ю.ш. он растаял. Айсберги A22 и A23 до настоящего времени прочно удерживаются на отмели в 180–200 км от места откола. Узкое пространство между айсбергом A23 и берегом Антарктиды в течение последних нескольких лет заполнялось битым морским льдом. Образовалась жесткая перемычка, перекрывшая движение дрейфующего льда на этом участке. В последние годы лед перемычки уплотнился, неоднородности заполнились снегом и, в результате, образовался ледяной полуостров длиной около 200 км и шириной около 50 км.

В 1988/89 г. была проведена серия РЛ-наблюдений за дрейфом гигантского айсберга в море Росса, откол которого произошел в 1987 г. В результате выполненных работ определены размеры и местоположения айсберга в разные периоды времени, а также траектория и скорости дрейфа.

В 1991/92 г. в рамках сотрудничества между НИЦ «Планета», немецким космическим агентством (DLR) и институтом Альфреда Вегенера (AWI ФРГ) проводились исследования динамики ледяных полей на основе комплексного использования спутниковой информации ИСЗ «Океан» и ERS, а также судовых измерений с исследовательского суд-

на «Polarstern». Данное исследование было нацелено на изучение циркуляции ледяных и водных масс в море Уэдделла.

В период доставки грузов на российские антарктические станции в НИЦ «Планета» в оперативном режиме составились радиолокационные мозаики районов нахождения экспедиционных судов в Антарктике по результатам съемки с ИСЗ серии «Океан». Полученная информация использовалась для обеспечения безопасности мореплавания в Антарктике.

Осуществляя ведение разделов Госфонда РФ по спутниковой информации, НИЦ «Планета» создал специализированный архив и базу данных РЛ-информации ИСЗ серии «Океан» за весь период функционирования спутников данной серии (1983–2000 гг.).

В соответствии с Федеральной космической программой России в 2005 г. планируется запуск ИСЗ серии Метеор с бортовой радиолокационной системой, близкой по своим характеристикам к РЛС БО ИСЗ серии «Океан», что позволит продолжить радиолокационные исследования Антарктики.

*В.М.Бажуков*

*Международный альпинистский клуб*

## **РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ КРИОГЕННОЙ КИСЛОРОДНОЙ АППАРАТУРЫ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР**

В последние 5 лет Международным альпинистским клубом ведутся активные разработки новых типов кислородной аппаратуры для их использования альпинистами в условиях гипоксии. Отечественные разработки кислородного оборудования, изготовленные к советской экспедиции на Эверест 1982 г. до сих пор успешно применяются спортсменами всех стран при восхождении на восьмитысячники, а также в медицинских целях при проведении спасательных работ в экстремальных условиях. Советское кислородное оборудование в настоящее время считается лучшим в мире. Однако новые разработки МАК позволяют сделать качественный скачок вперед в этой области.

Криогенная кислородная аппаратура (ККА-1) рассчитана на использование не сжатого, а жидкого кислорода. Эта техническая особенность ККА-1 значительно облегчает транспортировку кислорода к месту проведения спортивных или спасательных работ, а также позволяет в три раза увеличить наполнение баллонов кислородом. Использование ККА-1 открывает совершенно новые возможности и перспективы в области высотного альпинизма и при проведении спасательных работ в экстремальных условиях.

Испытания ККА-1 успешно прошли на Кавказе (зима 2002 г.) и в Гималаях (осень 2002 г.) Зимой 2003 г. альпинисты МАК планируют провести испытание ККА-1 в условиях крайних широт в Антарктиде.

## ПОВТОРНОЕ ВИДООБРАЗОВАНИЕ У РЫБ ОТДАЛЕННЫХ ОСТРОВОВ ЮЖНОГО ОКЕАНА

Со времен А.Уоллеса и Ч.Дарвина изучение островных фаун предоставляет богатый фактический материал для анализа явлений прерывистой изменчивости, факторов и способов видообразования, закономерностей географического распространения организмов.

Шельфы островов Южного океана заселены преимущественно нототениоидными рыбами – отдельным подотрядом окунеобразных рыб, насчитывающим, согласно последним данным, 139 видов, относящихся к 48 родам и 8 семействам (*Balushkin, 2000*). Детальные таксономические исследования последнего десятилетия, проведенные в лаборатории ихтиологии ЗИН РАН, позволили выявить интересные примеры полифилетизма, закономерным образом возникающие в разных семействах нототениоидных рыб.

Эволюционные феномены, при которых в двух разобщенных областях параллельно, из однородного материала, возникают две почти тождественные формы, А.П.Семенов-Тянь-Шанский (1910) назвал изокинетическим состоянием форм. Один из примеров независимого образования видов среди нототениоидных рыб – дивергенция бычковвидных нототений рода *Gobionotothen Balushkin* из сем. *Nototheniidae*. В двух географически разобщенных районах Южного океана (Западная Антарктика и Кергеленское плато) бычковвидные нототении образуют две морфологически близкие формы: мелкую «малопозвонковую» и более крупную «многопозвонковую». Малопозвонковая форма представлена в Западной Антарктике (острова дуги Скотия) видом *G. angustifrons (Fischer, 1885)*, а у о-вов Кергелен – *G. acuta (Günther, 1880)*, а многопозвонковая – соответственно, видами *G. gibberifrons (Lönnberg, 1905)* и *G. barsukovi (Balushkin, 1991)*. Помимо числа позвонков и размеров взрослых рыб виды одной формы сходны также по степени очешуения головы и передней части туловища, числу лучей в анальном плавнике и общему числу чешуй в боковых линиях, а также батиметрическим распределением (многопозвонковая форма обитает в более глубоких водах).

Изокинетические превращения испытали и антарктические рогатки рода *Harpagifer* из сем. *Harpagiferidae*. Заселяя отдаленные от материка острова Южного океана, находящиеся в зоне циркумантарктического течения, рогатки неоднократно дивергировали на две морфологически и батопатически сходные формы: «литоральную», отличающуюся слабым вооружением головы, боковой линии туловища и формой шипа жаберной крышки, и «глубинную» (или «рогатую», по выражению А.П.Андрияшева и А.К.Токарева, 1958). Первая форма представлена видами *H. marionensis (Nybelin, 1947)* у о-ва Марион,



*H. kerguelensis* (Nybelin, 1947) у о-вов Кергелен, *H. macquariensis* Prirodina, 2000 у о-ва Маккуори, вторая — *H. spinosus* Hureau et al., 1980 у о-вов Крозе и *H. andriashevi* Prirodina, 2000 у о-ва Маккуори (Природина, 2000). По личному сообщению В.П.Природиной, недавно ей выявлены также 2 новых вида рогаток, один из которых представляет собой глубинную форму, обитающую у о-ва Кергелен, а второй — литоральную форму от о-ва Крозе.

Общей чертой диверсификации бычковидных нототений и антарктических рогаток является то, что морфологическое сходство, приобретенное видами в ходе параллельного развития, проявляется в более явном виде, чем сходство, которое имеют генеалогически ближайšie виды, составляющие в районах совместного обитания смежно-симпатрические пары.

Схема «конвергентной дивергенции» (Цвелев, 1979) может быть предложена в качестве наглядной модели формирования полифилетических группировок (понимаемых как таксоны надвидового ранга) в ходе повторного видообразования.

*Работа выполнена при поддержке программы ФЦП «Изучение и исследование Антарктики», проект № 16 «Проведение комплексного изучения антарктической биоты» и грантов Российского фонда фундаментальных исследований № 00-15-07794 «Петербургская ихтиологическая школа» и № 00-04-48838 «Рыбы Южного океана (систематика, эволюция, зоогеография)».*

С.А.Баталкина, А.Л.Белинских, А.А.Воронцов  
ВНИИГМИ-МЦД

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЛОКАЛЬНОГО СЕГМЕНТА ГИС «АНТАРКТИКА»**

В рамках работ первого этапа создания ГИС «Антарктика» практическая реализация локального сегмента ГИС выполнена с применением продуктов фирмы ESRI ArcView с расширением Spatial Analyst и 3D Analyst: в виде СУБД- и ГИС-приложений с дополнением фрагмента базы данных под управлением СУБД.

Локальный сегмент ГИС создан в распределенной среде и состоит из программы-оболочки; базы данных; модуля поисковой функции; расчетно-модельного блока, средств визуализации на картографической основе пространственной информации; средств визуализации в отдельных окнах текстовых, табличных и графических файлов; средств подготовки и отображения отдельных страниц в отчетной форме и модуля функции помощи. При реализации применена архитектура клиент-сервер.

Основа локального сегмента ГИС реализована в среде ArcView в виде ГИС-приложения и позволяет объединять на функциональном уровне базы данных, модели и методы расчетов стандарты и руковод-

ства, системные и прикладные программы в виде интегрированной информационной среды для получения комплексной информации и состоит из программы-оболочки; базы данных; средств навигации данных; расчетно-модельный блок, средств визуализации в отдельных окнах текстовых, табличных и графических файлов; и широкого набора средств подготовки и визуализации на картографической основе пространственной информации.

Для работы с локальным сегментом ГИС в верхней части экрана размещены четыре вида меню: «Метаданные», «Данные», «Сопутствующая информация» и «Отчет».

С помощью меню можно по разделу «Метаданные» выполнять следующие операции: визуализация съемок, визуализация станций, визуализация общего описания данных.

В меню «Данные» входит перечень следующих процедур: отбор данных, визуализация таблиц, расчет статистик, построение графиков и полей.

Меню «Сопутствующая информация» позволяет отбирать любые сопутствующие материалы и отображать их на экране, а «Отчет» помогает формировать отчетные материалы, в том числе картографические по всем видам информации, загруженной в базу данных сегмента.

*А.Л.Белинских, А.А.Воронцов  
ВНИИГМИ-МЦД*

## **ПРИНЦИПЫ И ОСНОВНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ПОСТРОЕНИЯ ЛОКАЛЬНОГО СЕГМЕНТА ГИС «АНТАРКТИКА»**

В понятие локальный сегмент (ЛС) в ГИС «Антарктика» закладывается отдельно создаваемая структура (подсистема) в независимой среде разработки с использованием выбранных программных продуктов и технологических решений. Стыковка ЛС с базовым фрагментом осуществляется на основе стандартизации протоколов и файлов обмена, единых для всей системы в целом.

ЛС представляет собой инфраструктуру в виде совокупности информационных ресурсов, информационных технологий и технических средств.

ЛС должен предоставлять пользователю возможность оперативного доступа к данным (первичная информация в виде точечных наблюдений, временных рядов, съемок и др.; результаты стандартной обработки данных; режимные обобщения; специализированные характеристики и др.), преобразования и обработки по заданным алгоритмам и моделям; немедленной утилизации полученной информации в наиболее удобном пользователю представлении.

Исходя из этих положений, ЛС ориентирован на выполнение ряда основных системных функций:

- доступ к первичной и специализированной информации;
- доступ к наиболее важным и полным, ранее выполненным режимным обобщениям в компьютерном виде;
- проведение расчетов на основе базы специализированных данных других специальных характеристик;
- выполнение моделирования;
- сохранение новых данных и информации;
- визуализацию разнородной информации, в том числе на картографической основе;
- получение необходимых материалов в отчетной форме.

Основные технологические решения по реализации ЛС основаны на использовании СУБД типа Oracle 8, ГИС ArcView 3.2 с расширениями Dialog Designer, Spatial Analyst, 3D Analyst, MapObjects, языков программирования Avenue, Delphi 4/5, Fortran90, а также принятых стандартов подключения аналитических модулей и визуализации исходных и расчетных данных.

Рассмотрены варианты построения фрагмента ЛС в виде совокупности отдельных автоматизированных рабочих мест (АРМ).

*О.А.Бережинский, А.В.Зимин*  
*АтлантНИРО*

### **УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЭКСПЕДИЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ**

В ходе проведения регулярных экспедиций, важной задачей информационного обеспечения является организация обработки и хранения разнородных данных, поступающих от различных измерительных комплексов.

В нашей стране так сложилось, что на дорогостоящем компьютерном оборудовании эксплуатируются морально устаревшие, зачастую вынуждено изготовленные гидрологами, программы. На практике, чаще всего, используются нерусифицированные программные средства для оперативной обработки гидрометеорологических данных, которые идут в комплекте с конкретными СТД системами и метеорологическими комплексами, настроенные на работу только со «своим» оборудованием. Все это программное обеспечение, как правило, несовместимо по многим параметрам, не имеет единого интерфейса, имеет необоснованно усложненные процедуры взаимодействия между модулями, а также вынуждает пользователя выполнять большой объем непроизводительной работы.

В результате, сотрудниками АтлантНИРО, специалистами в области океанографии и информационных технологий была предпринята попытка воплощения идей по созданию программного средства, которое не содержит большинства вышеперечисленных недостатков.

Созданная программа функционирует в операционных системах, начиная с Microsoft Windows 98, под управлением и с использованием средств СУБД Microsoft Access 2000.

Программа реализует, с использованием удобного пользовательского интерфейса ряд важных для оперативной работы функций: коррекции грубых выбросов, гидрологических характеристик с полным визуальным контролем, осреднения данных по глубине и давлению с заданным шагом, построения диаграмм и графиков по результатам зондирования, автоматического расчета глубины погружения прибора, солености, плотности, процентного содержания кислорода, динамических высот, геострофических скоростей; выбор и сохранение в базе данных гидрологических характеристик по стандартным горизонтам; построение схемы расположения станций по району работ; фильтрацию данных по времени, координатам, номеру станции; хранение и выбор данных метеорологических наблюдений произведенных на станциях; автоматическое составление телеграмм по коду КН-05; создание отчетов по форме ТГМ-3М; хранение и создание отчетов по попутным метеорологическим наблюдениям.

Программный комплекс прошел успешное тестирование в 31-м рейсе СТМ «Атлантида» в районы Юго-Западной Атлантики и Антарктической части Атлантики в период с декабря 2001 по апрель 2002 г.

В целом успешный опыт практического использования данной программы позволяет утверждать, что примененный подход к построению агрегированной специализированной информационной системы повышает эффективность и качество обработки гидрометеорологических данных, расширяет возможности их оперативного анализа и облегчает процесс обучения персонала. Кроме того, универсализация методов ввода и обработки информации позволяет не зависеть от используемых СТД и метеорологических комплексов.

*П.В.Богородский<sup>1</sup>, Б.В.Иванов<sup>1</sup>, В.В.Лукин<sup>1</sup>,  
И.А.Немировская<sup>2</sup>, Н.Н.Помелов<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>ААНИИ, <sup>2</sup>ИО РАН*

## **ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ЧЕРЕЗ АНТАРКТИЧЕСКИЙ ПРИПАЙНЫЙ ЛЕД**

Приводятся данные натуральных экспериментов по распространению антропогенных углеводородов (УВ) через молодой припайный лед залива Прюда и моря Дейвиса, выполненные в мае 2001 г. На основе химического анализа обнаружено быстрое просачивание УВ через припай в морскую воду и их аккумуляция в барьерной зоне лед–морская вода (преимущественно во взвешенной форме). Выявленные особенности позволяют говорить о конвективной фильтрации как важном механизме переноса загрязнений через антарктический морской лед.

## СОВРЕМЕННОЕ ОЛЕДЕНЕНИЕ ОАЗИСА БАНГЕРА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ПОСЛЕДНЕГО ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ АНТАРКТИДЫ

Оазис Бангера со всех сторон окружен ледниками разного типа: шельфовым с севера, выводным с юга и запада, ледниковым щитом с востока, пассивными ледниками с юга. По сути, это остров, с запада и севера контактирующий с морским бассейном, а с востока и юга — с налегающими на морское дно ледниками. Современный режим ледников обеспечивает ледниковый сток, при котором вся масса сбрасываемого льда проходит в обход оазиса.

Наиболее распространенным типом ледников и снежников непосредственно на территории оазиса являются снежно-ледовые плотины, образующиеся при перераспределении снега в результате действия господствующих ветров восточного направления. Снежники и ледники образуются в ветровой тени холмов и гряд и развиваются до вытянутых в западном направлении тел льда длиной до нескольких сотен метров и толщиной в десятки метров. Вследствие циклических колебаний климатических параметров в оазисе возникновение и исчезновение плотин происходит с периодичностью в 5, 11 и 23 года, что установлено по появлению в разрезах донных отложений приледниковых озер песчаных и гравийных прослоев. Исчезновение плотин влечет за собой катастрофические события в виде спуска водных бассейнов, ими подпруженных. Колебания заснеженности и количества ледниковых плотин прослеживаются и по данным дешифрирования аэрофото- и космоснимков оазиса, отснятого в разные годы.

Наилучшими примерами мертвых ледниковых плотин являются ледниковые тела, развитые по южной границе оазиса. Там они подпруживают постоянно покрытые льдом озера Белых Дымов и Полянского.

Исследование ледниковой стены озера Белых дымов произведено с помощью подводной самодвижущейся видеокамеры и в ходе наземных наблюдений, которые показали, что это ледниковое тело мощностью до 110 м совершенно пассивно в рельефоформировании. Оно образовалось в течение последних столетий во время Малой ледниковой эпохи, точное время проявления которой для оазиса Бангера пока не определено.

По современным представлениям (*Olafur Ingolfsson и др., 1998*) во время последнего ледникового максимума, имевшего место в конце позднего неоплейстоцена, все оазисы Восточной Антарктиды, включая и оазис Бангера, перекрывались антарктическим ледниковым щитом.

По тем же представлениям в начале голоцена край ледникового щита отступил, и оазисы освободились от покрывавшего их ледникового покрова.

Такое утверждение противоречит полученным фактам о строении рельефа оазиса и распространенности по его площади органических отложений и растительности.

Измерения направления штриховки в пределах оазиса — той штриховки, которую принято называть ледниковой, показывает, что эти данные не могут однозначно свидетельствовать о направлении движения ледников.

Анализ распространенности и возраста накоплений желудочного жира снежных буревестников (так называемого антарктического мумия) в оазисе Бангера (*Веркулич и др., 1999*) указывает на наиболее мощные и древние накопления этого вещества в центре оазиса. Это означает, что освобождение оазиса Бангера от ледников в конце позднего неоплейстоцена происходило по направлению из центра к краям.

Анализ распространенности и размера черных накипных лишайников вида *Buellia frigida* также показывает, что наибольшие размеры лишайников, а значит и их наиболее древний возраст, приходится на центральную часть оазиса. Очевидно, что возраст лишайников не может быть таким же, как и возраст мумия (до 10 000 лет). Их возраст исчисляется всего лишь десятками и сотнями лет. Однако пространственные закономерности нахождения лишайников подсказывают, что и после освобождения оазиса от ледников в начале голоцена последующие стадии оледенения носили тот же характер — накопление и таяние широтно ориентированных пассивных ледников. Последняя стадия оледенения оазиса также закончилась освобождением оазиса от ледников из его центра. К тому же наиболее крупные экземпляры лишайников приурочены к вершинам холмов Бангера. На склонах они закономерно уменьшаются при движении вниз. Значит, первыми от снежного и ледникового покрова освобождались вершины холмов.

Эти факты вместе с выявленными закономерностями о строении и распространении современных ледниковых тел позволяют предположить, что оазис Бангера не был занят ледниковым щитом в конце позднего неоплейстоцена, а имел собственное локальное оледенение в виде мертвых полей ледников и снежников. Последние датировки отложений оазиса Бангера методом OSL (*D. Gore и др., 2001*) также показали, что во время последнего ледникового максимума его территория не занималась антарктическим ледниковым покровом.

В конце позднего неоплейстоцена лед антарктического ледникового щита, так же как и в настоящее время, обтекал возвышенность оазиса Бангера в виде выводных ледников, и размеры ледникового щита Антарктиды не могли быть значительно больше современных. В течение последних 10 000 лет восточно-западная ориентировка периодически накапливавшихся местных пассивных ледников оазиса сохранялась. Значит, и ветровой режим над этой территорией в голоцене был более или менее стабилен.

## МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРНОГО И ОЗЕРНОГО ЛЬДА КЕРНА СО СТАНЦИИ ВОСТОК

В докладе представлены результаты двухлетних исследований в рамках работы по проектам 6 и 7 в рамках ФЦП «Мировой океан», под-программы «Антарктика».

Одной из основных задач, поставленной и, в основном, решенной в ходе выполнения работ по данным проектам, явилась разработка методов и условий деконтаминации и процессинга льда (воды), выделения ДНК и ее амплификации в ПЦР, гарантирующих максимально возможно чистую обработку образцов льда в связи с очень низким содержанием в нем биоматериала.

Лучшим местом для предбиологической обработки льда (до выделения ДНК) признана лаборатория гляциологии в Гренобле, Франция, где помимо специальных помещений класса 10000 и ультра-чистой воды (ELGA maxima, UK, производящая воду с DOC 3–7 ppb) возможно одновременно проводить анализ льда на содержание растворенного органического углерода (DOC) и некоторых химических ионов, служащих индикаторами загрязнения. Вместе с тем, лучшим местом для проведения биологического анализа (за исключением ДНК секвенирования) осталась лаборатория в ОМРБ ПИЯФ РАН, Гатчина.

Основным методом молекулярно-биологического анализа было изучение последовательности рибРНК генов (16S рибРНК – для бактерий и рибРНК спейсеров – для грибов) путем прямого выделения ДНК изо льда и ее амплификации, клонирования и секвенирования. На основе последующего сравнения нуклеотидной последовательности с известными базами данных проводили идентификацию клонов или определяли их филогенетическое родство.

Особое внимание в исследованиях было уделено вопросам контаминации и использованию контролей. Так, на примере образца атмосферного льда 3001 м выполнен специальный эксперимент по идентификации бактерий, которые могут представлять поверхностное загрязнение керна жидкостью для бурения, микрофлорой человека и т.д.

Анализ показал, что внешняя часть льда содержит смесь самых различных бактерий, включая керосин-деградирующие (20–30 %) типа *Sphingomonas yanoikuyae*, комменсалы и патогены человека (25 %) типа *Acinetobacter lwoffii*, а также олиготрофы (30 %) типа *Caulobacter sp.* В настоящее время начаты эксперименты по анализу микробного состава оригинальной жидкости для бурения.

Анализ образцов атмосферного льда выявил пока только *Psychrobacter glacincola* и два клона *Bacillus* (царство Бактерии), которые можно «приписать» образцам глубинного атмосферного льда керна со станции Восток.

В отличие от бактерий, выявленные клоны грибов однозначно происходили из льда (отсутствовали во всех контролях). Из них, используя базы данных, удалось идентифицировать только *Penicillium chrysogenum*, тогда как другие клоны остались неопределенными. Один из них может представлять неизвестный науке зигомицет. Попытки оживления грибов не дали никаких результатов (Всероссийская коллекция микроорганизмов, Москва), что может свидетельствовать, в частности, о плохой сохранности ДНК во льду.

В целом, полученные данные по бактериям и грибам указывают, что в древнем атмосферном льду, хотя и редко, но можно вскрывать известные и неизвестные организмы, и тем самым изучать аспекты их биоразнообразия и эволюции на протяжении четырех ледниковых периодов в истории Земли.

В заключение отметим, что в поверхностном снеге в районе станции Восток были молекулярно выявлены пыльца растений родов типа *Nothofagus*, *Alnus*, а также клоны, родственные некультивируемым пикоцианобактериям из пресноводных озер.

Анализ образцов озерного льда показал отсутствие в них ДНК известных представителей цианобактерий (царство Бактерии), архея (царство Архея) и грибов (все группы, за исключением оомицетов), хотя с «архейными» и «грибными» праймерами в особых условиях ПЦР была обнаружена неизвестная ДНК.

Проведен полный молекулярно-биологический анализ образца 3607 м (образец с включениями) озерного льда на присутствие бактерий. В результате обнаружено три вида бактерий, прямо или косвенно относящиеся к умеренным термофилам (40–55 °С). Одна из бактерий описана ранее как водород-окисляющий и углекислоту-восстанавливающий хемолитоавтотроф, найденный в горячих источниках. Два других вида неизвестны науке, но филогенетически относятся к автотрофным (метанотрофным и тиосульфат-окисляющим) бактериям, связанным с гидротермальными сайтами.

Находка этих бактерий может поменять современные представления о гидротермальном режиме (и циркуляции воды), газовом составе и микробиоте озера Восток. Все три бактерии оказались термофильными, способными к автотрофному способу жизни и с большой вероятностью представляющими истинную микробиоту озера Восток (по видимому, в его осадках). Для подтверждения данной находки (фактически обнаружения жизни в озере Восток) планируется сделать особый акцент на верификации полученных результатов.



Н.И.Васильев, Р.Н.Вострецов, А.Н.Дмитриев, В.М.Зубков,  
А.В.Красилев, П.Г.Талалай, В.М.Шашкин СПбГИ (ТУ)

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОДОЛЖЕНИЯ БУРЕНИЯ ГЛУБОКОЙ СКВАЖИНЫ И ВСКРЫТИЯ ПОДЛЕДНИКОВОГО ОЗЕРА ВОСТОК

Важнейшим и наиболее эффективным способом изучения строения, структуры, вещественного состава и динамики ледниковых отложений в полярных областях является бурение скважин с полным оборотом керна. Это дает возможность проводить кристалломорфологические исследования льда с больших глубин, геофизические наблюдения в скважинах, изучать химический состав льда, содержание изотопов кислорода и углерода, различных включений (земная и космическая пыль, вулканический пепел, бактерии, споры растений и др.).

В Санкт-Петербургском государственном горном институте (техническом университете) – СПбГИ (ТУ) в течение 30 лет ведутся работы по созданию эффективных энергосберегающих технологий и технических средств колонкового бурения льда тепловым и механическим способами. Разработан и внедрен целый ряд буровых устройств, передвижных и стационарных комплексов, обеспечивающих бурение скважин глубиной до нескольких тысяч метров.

Высший уровень международного признания получила реализация проекта глубокого бурения на станции Восток в Антарктиде и комплексные палеогеографические исследования ледяного керна, выполняемые СПбГИ (ТУ) и Государственным научным центром РФ – Арктическим и антарктическим НИИ (ГНЦ РФ ААНИИ) совместно с учеными Франции и США.

Скважина 5Г-1 на станции Восток в Антарктиде достигла глубины 3623 м, что является абсолютным мировым рекордом бурения в сплошных льдах. Бурение скважины было остановлено примерно в 130 м от поверхности подледникового озера Восток.

Скважина 5Г-1 представляет собой сложное многоступенчатое сооружение. В верхней части скважины установлена обсадная колонна до глубины 120 м с внутренним диаметром 165 мм. До глубины 2200 м скважина пройдена термобуром ТБЗС-152 с коронкой диаметром 152 мм; минимальный диаметр скважины в этом интервале составляет 153 мм. С глубины 2200 м бурение велось электромеханическим снарядом КЭМС-132. Минимальный диаметр скважины по интервалам глубин составляет: 2200÷3095 м – 139 мм; 3095÷3321 м – 138,4 мм; 3321÷3500 м – 137,9 мм; 3500÷3570 м – 136,2 мм; 3570÷3623 м – 135. Общий объем заливаемой жидкости (смесь авиационного топлива ТС-1 и фреона F-141b) в скважине составляет около 60 м<sup>3</sup>. После остановки бурения (январь 1998 г.) в сезонные периоды в скважине выполняются геофизические наблюдения с целью исследования температурного режима и динамики ледникового покрова, а также оценки ее технического состояния.

Естественным продолжением проекта бурения явилась разработка технологии и технических средств экологически чистого вскрытия подледникового озера Восток с использованием уже имеющейся скважины. В 2001 г. получено положительное заключение Государственной экологической экспертизы проекта технологии вскрытия подледникового озера, разработанного совместно с ГНЦ РФ ААНИИ.

Сооружение буровых скважин, так или иначе, связано с изменением (и, в основном, с ухудшением) практически всех составляющих окружающей среды: атмосферного воздуха, поверхностных и подземных толщ, ландшафта, растительного и животного мира. Загрязнения промышленными и бытовыми отходами наносят природе Антарктики гораздо больший урон, чем в средних широтах. При низких температурах, характерных для полярных районов, распад химических веществ оказывается очень продолжительным, а вредное воздействие на животный и растительный мир – катастрофическим.

Основным источником загрязнения при бурении являются материалы и реагенты, применяемые для приготовления промывочной жидкости. В практике бурения глубоких скважин во льдах используются, в основном, три типа органических жидкостей: углеводородные жидкости, содержащие различного рода утяжелители, водные растворы спиртов, сложные эфиры.

Использование новых современных синтетических полимеров – кремнийорганических жидкостей может существенно улучшить экологическую обстановку в районе проведения буровых работ. Эти жидкости абсолютно безвредны по отношению к здоровью людей и животных, для них не установлены какие-либо нормативные предельно допустимые концентрации. В качестве низкотемпературной промывочной жидкости для бурения скважин во льдах возможно использование соединений класса олигодиметилсилоксановых жидкостей, представляющих собой наиболее многочисленный и наиболее широко используемый класс кремнийорганических жидкостей.

*С.Р.Веркулич<sup>1</sup>, З.В.Пушина<sup>2</sup>, И.Н.Кузьмина<sup>1</sup>*  
*<sup>1</sup> ААНИИ, <sup>2</sup> ВСЕГЕИ*

### **ГОЛОЦЕНОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ПОБЕРЕЖЬЕ АНТАРКТИДЫ: ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ ОЗЕР И ЭПИШЕЛЬФОВЫХ ВОДОЕМОВ**

Изучение донных осадков из озер и эпишельфовых водоемов оазисов Восточной Антарктиды проводилось в течение последних лет сотрудниками ААНИИ и ВНИИОкеангеология в рамках проекта «Исследовать изменения климата и окружающей среды по данным изучения ледяных кернов из глубоких скважин и донных отложений водоемов антарктических оазисов и окраинных морей Антарктиды» (под-

программа «Изучение и исследование Антарктики» ФЦП «Мировой океан»). Аналитические исследования включали гранулометрический, геохимический, изотопный и диатомовый анализы, а также радиоуглеродное датирование образцов из более 20 колонок донных осадков, отобранных в водоемах оазисов Бангера и Ширмахера.

Наиболее представительной в палеогеографическом аспекте явилась коллекция колонок из оазиса Бангера. Данные, полученные при ее изучении, позволили выявить хронологически достоверную картину изменения климатических условий в районе в течение голоцена. Относительно теплые климатические условия, существовавшие здесь от рубежа позднего плейстоцена и голоцена до около 8 тыс.л.н., способствовали интенсивной дегляциации территории. В течение периода времени 8,0–4,5 тыс. л.н. в районе оазиса отмечается наиболее продолжительное и значительное за весь голоцен похолодание. Оно сменилось новым потеплением, достигнувшем максимума около 3 тыс. л.н. (климатический оптимум голоцена?) и завершившимся вновь резким и кратковременным (несколько сот лет) похолоданием около 2 тыс. л.н.

Масштабность реконструированных для района оазиса Бангера голоценовых изменений климата можно оценить при сравнении наших палеовыводов с предварительными данными диатомового анализа донных осадков озер оазиса Ширмахера, а также с результатами изучения осадков других антарктических водоемов, полученными зарубежными учеными. Так, изменения диатомовых комплексов в осадках озера Зуб (оазис Ширмахера), свидетельствующие о чередовании здесь периодов относительно благоприятных (теплых) и суровых (холодных) условий вегетации диатомовых водорослей, в целом совпадают с установленным в оазисе Бангера ходом изменений климата. Сравнение с палеоклиматическими интерпретациями, полученными зарубежными учеными для оазиса Вестфоль, Сухих Долин, островов Кинг-Джордж и Ливингстон, также позволяет обнаружить некоторые черты сходства: существование относительно холодных климатических условий в среднем голоцене до около 4,0 тыс. л.н., существенное потепление в период времени от около 4,0 до 2,5 тыс. л.н. (с максимумом тепла около 3 тыс. л.н.) и сменившее его похолодание около 2 тыс. л.н.

Климатические сигналы в донных осадках, накапливавшихся в водоемах в течение последних полутора тысяч лет, весьма противоречивы. Они показывают несовпадение как общего климатического тренда, так и кратковременных климатических флуктуаций в пределах этого периода на разных территориях. С одной стороны, такое несовпадение может указывать на влияние локальных особенностей реакции природной среды конкретных районов на общие колебания климата с незначительной амплитудой. В то же время, истинная картина изменения климата в районах может быть искажена вследствие недостаточной точности радиоуглеродной хронологии, а также разницы во временном разрешении полученных результатов исследования колонок.

Итоги работ по проекту указывают на важность дальнейшего сбора детальной информации об изменениях природной среды на побережье Антарктиды. Это позволит получить более корректную картину принципиального сходства и местных различий голоценовых климатических условий на всем антарктическом побережье, что, в свою очередь, будет способствовать выявлению как глобальных, так и локальных механизмов формирования этой палеоклиматической картины.

Н.М.Воронина  
ИО РАН

### ЗАВИСИМОСТЬ ЖИЗНЕННЫХ ЦИКЛОВ МАССОВЫХ ВИДОВ АНТАРКТИЧЕСКОГО ЗООПЛАНКТОНА ОТ РАЗНОЙ ЛЕДОВИТОСТИ ВОД

Вся колоссальная акватория Антарктики населена единой планктонной фауной, но ее обилие, количественное соотношение и продукция массовых компонентов существенно различаются на разных участках. Стабильны ли эти различия, чем они обусловлены, образуют ли отдельные регионы самостоятельные сообщества – вот вопросы, ответы на которые важны для понимания функционирования всей экосистемы. Одним из актуальных вопросов является исследование различия жизненных циклов массовых видов копепод в водах разной ледовитости. В ходе наших работ по этой проблеме использован подледный материал, собранный на американо-российской дрейфующей станции «Уэдделл-1» в марте–мае 1992 г., на акватории с сезонным льдом в юго-восточной части моря Уэдделла в декабре–мае 1985–1995 гг., а также сборы в точке на 62°30' ю.ш., 15° з.д., выполненные в феврале–апреле 1989 г. Рассмотрены 4 вида копепод: *Calanoides acutus*, *Calanus propinquus*, *Rhincalanus gigas*, *Metridia gerlachei*.

Различия между отдельными популяциями в водах меньшей и большей ледовитости сводятся, главным образом, к более раннему размножению в первом и, обычно, к более позднему погружению. Основное внимание было обращено на возможность существования в условиях нетающего льда. Различия между обитателями под ним были гораздо более существенны.

Развитие *C. acutus*, запасающего липиды и впадающего зимой в диапаузу, запаздывало в южном направлении и прекращалось подо льдом на V копеподитной стадии. Там популяция оставалась жизнеспособной до конца наблюдений – до возраста рачков 17 месяцев, частично достигала половозрелости, но не размножалась. Развитие *C. propinquus* тоже запаздывало на юге. Этот вид может питаться зимой, но за 3 месяца подледного дрейфа численность популяции уменьшилась в 45 раз, выжили только незрелые старшие особи. В результате, подледное местообитание признано зоной стерильной экспатриации для этих двух

видов. Популяция *R. gigas*, тоже запасующего липиды и питающегося зимой, подо льдом представлена всеми стадиями, но малочисленна. По-видимому, на развитие энергии ему не хватает. Развитие *M. gerlachei* на 62° 30' ю.ш. сильно опережало таковое на юге. Подо льдом эта популяция, в отличие от остальных, способна к полноценному существованию и активна в течение всего года. Она типичный эврифаг, имеющий наиболее разнообразный список потребляемых объектов.

В разных местообитаниях доминантами оказались разные виды. На 62° 30' ю.ш. это был *S. propinquus*, на юго-востоке моря — *S. acutus* и подо льдом — *M. gerlachei*. Полученные результаты показывают, что основные факторы, определяющие способность популяций длительное время жить подо льдом, это широта пищевого спектра и способность питаться зимой.

О.С.Воскобойникова  
ЗИН РАН

### О ПРОИСХОЖДЕНИИ РЫБ ПОДОТРЯДА *NOTOTHENIOIDEI* (*PERCIFORMES*) В СВЕТЕ ДАННЫХ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

В литературе имеются две точки зрения о родственных отношениях нототениевидных рыб. По одной из них, нототениевидных включают в группу подотрядов *Blennioidei s.l.*, где в качестве сестринской для них группы выступают представители подотряда *Trachinoidei* (Gosline, 1968; Nelson, 1984, 1994; Pietch, 1989; Hastings, 1993; Балужкин, 1997 и др.). При этом диагностические признаки и монофилия подотряда нототениевидных периодически ставятся под сомнение (Louder, Liem, 1983; Hastings, 1993; Lecountre et al, 1998). Вторая точка зрения о близком родстве подотрядов *Notothenioidei* и *Zoarcoidei* была высказана Андерсоном (Anderson, 1990).

Целью настоящей работы послужил сравнительный анализ индивидуального развития костного скелета и выполненный на его основе кладиристический анализ нототениевидных и других окунеобразных рыб для выяснения особенностей развития *Notothenioidei*, явившихся основой для их обособления от остальных подотрядов *Blennioidei s.l.* и проливающих свет на происхождение *Notothenioidei*.

В результате анализа установлено, что все подотряды *Blennioidei s.l.* обособлены от *Percoidei* на основании пяти апоморфий: положение основания *V* на уровне или впереди основания *P*, *radialia* в *P* плоские; три или менее *pharyngobranchialia* в скелете жаберных дуг. Подотряды *Notothenioidei*, *Blennioidei* и *Zoarcoidei* отделены от *Trachinoidei* тремя апоморфиями: радиалии крупные; нет медиального и заднего отростков *pelvis*; гребень *supraoccipitale* не выступает в верхнем профиле чере-

па. Подотряд *Notothenioidei* характеризуется следующими апоморфиями: отсутствие шипов на *praeoperculum*; образование трех радиалей в *P*; появление *urostyle* как тонкой полоски кости вдоль верхнего края хорды; *pelvis* в виде широкого треугольника; развитие верхнего отростка *operculum*. Подотряды *Blennioidei* и *Zoarcoidei* обособлены от *Notothenioidei* тремя синапоморфиями: в эпаксиальной лопасти *S* лишь одна закладка; число позвонков более 40; скапулярное отверстие заключено в *scapula*. Наконец, большинство семейств *Notothenioidei* обособляются от *Bovichtus* по двум синапоморфиям: ранняя закладка *quadratojugale* и наличие длинного отростка преурального центра в скелете хвостового плавника. Очевидно, что *Bovichtus* демонстрирует тип развития скелета, наиболее близкий к гипотетическому предку нототениевидных. Судя по некоторым общим признакам строения скелета, такой же тип развития может быть характерным для всего семейства *Bovichtidae*, которое рассматривается как наиболее примитивное среди нототениевидных по данным строения висцерального скелета у взрослых рыб, а также молекулярно-биологическим и кариологическим (Воскобойникова, 1986; Lecountre et al, 1997; Ozouf-Costaz et al., 1998).

Данные кладистического анализа показывают, что *Bovichtus* сохраняет все апоморфные признаки *Notothenioidei*, поэтому я считаю, что нет необходимости выводить это семейство из подотряда нототениевидных, как это было предложено Леконтре с соавторами (Lecountre et al, 1997). Вместе с тем, по комплексу данных морфологического, онтогенетического, кариологического и молекулярно-биологического анализов это семейство заслуживает повышения своего таксономического статуса до уровня надсемейства.

На основании кладистического анализа подотряд *Notothenioidei* группируется с подотрядами *Zoarcoidei* и *Blennioidei*, а *Trachinoidei* представляют собой их предковую группу. Этот вывод не соответствует ни одной из ранее предложенных гипотез о происхождении нототениевидных рыб и, тем не менее, представляется вполне вероятным в свете зоогеографических данных. Наиболее примитивные представители подотряда нототениевидных населяют воды вблизи Австралии, из чего ряд авторов делает предположение, что этот район является вероятным центром происхождения нототениевидных (Pietch, 1986; Last et al, 2002). Здесь и севернее обитает большинство представителей подотряда *Trachinoidei*, в том числе и его наиболее примитивные представители из родов *Cheimarrichtys* и *Parapercis*. Учитывая, что 39 млн. л. н. (предполагаемое время возникновения первых нототениевидных) и Австралия, и Антарктида занимали несколько более северное положение по отношению к современному, можно предположить, что у берегов Австралии в то время обитал и общий предок *Notothenioidei*, *Zoarcoidei* и *Blennioidei*. В таком случае, позднее нототениевидные переместились к югу, а зоаркоидные к северу, занимая в этих регионах сходные экологические ниши.

**О РАЗВИТИИ  
НЕКОТОРЫХ КОСТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
В ОНТОГЕНЕЗЕ НОТОТЕНИЕВЫХ РЫБ  
(NOTOTHENIOIDEI)**

Гистологические исследования развития скелета в онтогенезе высших костистых рыб в наше время немногочисленны. Вместе с тем, они могут пролить свет на происхождение отдельных костных элементов и выявить как преемственность между современными различными систематическими группами, так и монофилию конкретной группы рыб. Целью нашего исследования послужило изучение развития у 5 видов нототениевых рыб костных элементов сложного происхождения — *angulo-* и *retroarticulare*, связанных с задним концом меккелева хряща, *quadratum*, а также *urostyle*, развитие которого, судя по ализариновым препаратам нототениевых рыб, отличается от развития этой кости у других костистых рыб (*Schultze, Arratia, 1989; Воскобойникова, Гречанов, 2002*).

В результате проведенного исследования установлено, что в развитии заднего конца нижней челюсти нототениевых рыб происходит как покровное, так и перихондральное окостенение. В развитие *anguloarticulare* эти процессы сочетаются друг с другом, образуя кость сложного происхождения. *Retroarticulare* является костью перихондрального происхождения. Развитие окостенений нижней челюсти нототениевых рыб соответствует ранее описанному для других высших костистых рыб (*Haines, 1937; Nelson, 1973; Francillon, 1974*).

Впервые подтверждено гистологическими методами, что *quadratum* у нототениевых рыб является результатом слияния ранее появляющегося покровного элемента, рассматриваемого как гомолог *quadrato-jugale* палеонисков, и более позднего перихондрального окостенения собственно *quadratum*. Отмечено, что такая последовательность образования элементов *quadratum* не отмечена ранее у других костистых рыб и является апоморфным признаком нототениевидных рыб.

*Urostyle* в онтогенезе изученных нами рыб впервые появляется как покровный элемент, расположенный на дорзальной поверхности хорды. В дальнейшем эта кость разрастается книзу, охватывая хорду. Такое развитие *urostyle* до сих пор не было описано у других высших костистых рыб (*Zschultze, Arratia, 1989*) и, возможно, также является апоморфией нототениевидных рыб.

На основании проведенного исследования обнаружены важные дополнительные признаки, подтверждающие монофилию и таксономический статус подотряда нототениевидных рыб.

## **ВЛИЯНИЕ ВАРИАЦИЙ СОЛНЕЧНОГО УФ ИЗЛУЧЕНИЯ НА КВАЗИДВУХЛЕТНИЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ В СТРАТОСФЕРЕ**

Изучение взаимосвязи между вариациями солнечного УФ излучения и квазидвухлетними осцилляциями (QBO) в земной атмосфере проведено по данным Mg II индекса как показателя солнечного УФ излучения. Детальный анализ изменений в направлении стратосферных ветров на высотах от 10 мВ до 70 мВ за 1978–2001 гг. показал, что изменения ветра начинаются на больших высотах и спускаются к низким высотам, при этом максимальная интенсивность ветров имеет место в слое максимальной концентрации озона (около 20 мВ). Определенное соответствие между периодичностью изменений в солнечном УФ излучении и квазидвухлетних осцилляций обнаруживается, если QBO фаза определяется в соответствии с наблюдениями на высоте 20 км: средний уровень УФ излучения, осредненный за 10 восточных KDO фаз, оказывается в 2 раза выше, чем уровень для западных фаз. Сделан вывод, что солнечное УФ излучение испытывает квазидвухлетнюю периодичность (QBP), при этом уровень УФ излучения достигает максимума для восточной фазы и минимума для западной фазы QBP. Обращение в направлении стратосферного ветра идет сверху вниз с определенной цикличностью и эффективность влияния УФ излучения на стратосфере оказывается различной для разных стадий этой цикличности. Это обстоятельство может быть причиной несоответствия между QBP и QBO фазами в определенные периоды. Вариации солнечного УФ излучения влияют на структуру атмосферной циркуляции. В частности, скорость заполнения озоновой дыры во время антарктической весны зависит от уровня УФ радиации.

В.И.Гонтарь  
ЗИН РАН

## **СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФАУНЫ МШАНОК МОРЯ УЭДДЕЛЛА, АНТАРКТИКА**

Переуглубленный антарктический шельф часто называют царством мшанок. Однако изучение антарктических мшанок имеет сравнительно недолгую историю (*Hayward, 1995*). По крайней мере, фауна хейлостомных мшанок обладает высокой степенью эндемизма (*Hayward, 1995*) и уникальными физиологическими адаптациями к жизни в относительно стабильных, суровых условиях антарктических морей, которые сильно отличаются от похожих для поверхностного взгляда условий арктических морей, и поэтому она представляет большой интерес для морских гидробиологов и бризоологов. Фауна мшанок моря Уэддел-



ла до недавнего времени оставалось совершенно неизученной из-за чрезвычайной суровых климатических условий.

В сборах немецкой экспедиции XIII/3 (32 станции и 64 количественные и качественные пробы) на экспедиционном судне «Polarstern» в море Уэдделла в 1996 г. были обнаружены более 400 видов и подвидов мшанок из трех современных отрядов *Cyclostomata*, *Stenostomata*, *Cheilostomata*. Основные районы работ экспедиции в море Уэдделла находились у Kapp Norvegia и между Vestkapp и Halley Bay, а также у Drescher Inlett. Часть станций была сделана в пределах переуглубленного антарктического шельфа от 118 до 494 м, другая часть станций в верхней части антарктического склона. Ряд станций был сделан за пределами шельфа на антарктическом склоне от 504 до 628 м, а также было несколько глубоководных станций от 850 м до 2334 м. Самое большое число видов было встречено между Vestkapp и Halley Bay в диапазоне глубин 465–468 м на склоне – 109 видов (станция 17), а также северо-восточнее Kapp Norvegia там, где наружный край шельфа очень близко расположен к леднику в диапазоне глубин 119–123 м у шельфового ледника – 115 видов (станция 24) и в диапазоне глубин 283–286 м ниже шельфового ледника – 137 видов (станция 32). Аннотированный список видов большей части станций опубликован (*Reports on Polar Research, № 372, 2000, с.27–42*). В районе между Vestkapp и Halley Bay все станции (за исключением 16) были сделаны на «наружном» склоне между шельфовым «подъемом» и большими глубинами. Во втором исследованном районе часть станций (6,7,26) были сделаны в районе шельфового «подъема», другие у шельфового ледника (1, 5, 8, 4, 2, 24, 3, 32). В районе между Vestkapp и Halley Bay на «наружном» склоне наблюдается увеличение числа видов по мере увеличения глубины, тогда как в районе Kapp Norvegia происходит небольшое снижение числа встреченных видов с увеличением глубины. Следует отметить также сходное уменьшение количества видов на склоне этих исследованных районов в диапазоне глубин 300–400 м. Самая разнообразная фауна живет в псевдобатии.

Изменения в видовом составе в различных диапазонах глубин моря Уэдделла были проанализированы с помощью степени сходства (*Jaccard, 1901*) и меры включения фаун. Степень сходства между выделенными диапазонами глубин сравнительно невысокая и наибольшие ее значения наблюдаются между соседними по вертикали диапазонами глубин. Однако есть 2 исключения. Исходя из данных, можно предположить, что фауна мшанок до глубин 200 м в районе шельфового подъема отличается от фауны более глубоководной части склона ниже 400 м и, вероятно, в диапазоне глубин от 300 до 400 м на склоне в исследованных районах происходит смена фауны, что находит отражение в уменьшении количества встреченных видов. Глубже, вероятно, преобладают батимальные виды. Можно также предположить, что фауна мшанок моря Уэдделла имеет вертикальную глубинную зональ-

ность, т.е. различна в разных диапазонах глубин, что, вероятно, связано, с различиями в гидрологическом режиме и в составе грунтов. Хотя Питер Хейвард писал, что придонные условия в антарктических морях явно суровые, но предсказуемые и относительно постоянные (Hayward, 1995) в море Уэдделла можно видеть, что эти условия достаточно разнообразны. Антарктические морские мшанки согласно Хейварду (1995) имеют большие долго живущие колонии, которые медленно растут и слабо обывзвествлены, хотя и невозможно сделать простые обобщения. Однако из 375 встреченных хейлостомных видов мшанок по крайней мере 158 довольно сильно обывзвествлены, т.е. около 40 % видов. Роль видов, имеющих вертикально растущие колонии, в фауне мшанок моря Уэдделла в различных диапазонах глубин значительна. Наименьшее значение 59,8 % они имеют на глубинах 200–300 м ниже шельфового ледника у Kapp Norwegia. В других диапазонах глубин эти значения превышают 60 % и 70 %, что может быть связано с преобладанием мягких грунтов в море Уэдделла, которые не очень подходят для обрастающих корковых колоний, нуждающихся в твердом субстрате. Хейвард (1995) отметил большое количество эндемичных видов и родов (215 из 264, описанных в его работе) для фауны хейлостомных мшанок антарктических морей. Это утверждение справедливо и для фауны мшанок моря Уэдделла. В целом, фауну хейлостомных мшанок моря Уэдделла можно охарактеризовать как типично антарктическую с присутствием видов, которые ранее отмечались только в неантарктических водах и отмечены нами впервые для моря Уэдделла, т.е. редких видов, которые часто возможно из-за своих очень маленьких колоний не были обнаружены. Антарктические хейлостомные мшанки разнообразны в систематическом отношении (Hayward, 1995). Наибольшее разнообразие видов в море Уэдделла имеют *Flustridae*, *Bugulidae*, *Cabereidae*, *Cellariidae*, *Sclerodomidae*, *Smittinidae*, т.е. виды с преимущественно вертикальным ростом колоний.

В.В.Гордеев, В.С.Волнухин  
ПМГРЭ

## ОПЫТ ПРИРОДООХРАННЫХ РАБОТ НА АНТАРКТИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ И БАЗАХ МПР РОССИИ

Работы по охране окружающей среды в Антарктиде особенно интенсивно начали проводиться с момента ратификации Протокола по охране окружающей среды к Договору об Антарктике, подписанного Россией в 1997 г.

Основные воздействия на природу в Антарктиде приходится в местах базирования научных отрядов и пунктах проведения логистических операций, требуемых для обеспечения геолого-геофизических исследований. По предложению Международного комитета антаркти-

ческих исследований (СКАР), места базирования надо подразделять на следующие виды: не используемые, используемые и планируемые для использования.

В настоящее время к не используемым объектам МПР относятся Дружная-1, Дружная-2, Дружная-3. К действующим объектам – полевые базы Союз, Дружная-4, сезонные полевые лагеря и станция Прогресс-2. Первоначальная станция Прогресс (станция Прогресс-1) в 1991/92 г. (37-я РАЭ) была своими силами демонтирована, а территория очищена. Качество работ по очистке территории было положительно отмечено международными антарктическими экспедициями. В действующих объектах периодически проводятся работы по раздельному сбору и подготовке к вывозу отходов.

В 2000/01 г. эти работы на станции Прогресс-2 были с удовлетворением отмечены экологом австралийского антарктического отдела Ивэнгом Мак Ивором. Для уменьшения воздействия на окружающую среду на первом этапе (1999–2002 гг.) реализации подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» Федеральной целевой программы «Мировой океан» планировалось создание в Восточной Антарктиде основного логистического центра на базе станции Прогресс-2. Центр планируется создать с современной инфраструктурой, как для проживания и деятельности экспедиционного состава по выполнению научных исследований, так и с системами переработки всех видов отходов (пищевые, ГСМ, бытовые стоки). С этой целью в 43–45-й РАЭ собиралась информация для комплексных проектно-конструкторских работ по обоснованию и созданию перспективных технологий и технических средств, обеспечивающих требования Мадридского Протокола. Одной из важнейших проблем при создании логистического центра является переработка и вывоз бытовых отходов. Как показала сравнительная характеристика способов ликвидации бытовых отходов, наиболее экономичным и целесообразным на сегодняшний день является способ ферментации, создаваемый специальной установкой. Эта установка обеспечивает обеззараживание отходов, а также уменьшает их объемы в 2–4 раза. Смесь пищевых отходов, бумажной упаковки, экскрементов под действием специально созданного технологического режима за несколько дней превращается в материал, удобный для упаковки и транспортировки из Антарктиды. По заказу ФГУНПП ПМГРЭ в СЗ НИИМЭСХ создана макетная установка по переработке твердых бытовых отходов на полярной станции, которую планируется испытать на станции Прогресс. В качестве альтернативного варианта прорабатывается способ сжигания всех видов отходов с использованием отработанных ГСМ, в специально сконструированной печи. Для комплексного решения имеющихся природоохранных проблем на станции и полевых базах требуются совместные усилия специалистов разного профиля с участием заинтересованных организаций и созданием координационной группы при ГНЦ ААНИИ.

## ГРАДИЕНТНО-ВИХРЕВЫЕ ВОЛНЫ В ПОЛЕ УРОВНЯ МОРЯ И ТЕЧЕНИЙ ЮЖНОГО ОКЕАНА ПО ДАННЫМ АЛЬТИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

По комбинированному альтиметрическому данным спутников TOPEX/POSEIDON, ERS-1 и ERS-2 исследована низкочастотная изменчивость полей уровня моря и течений в Южном океане. На карте среднеквадратических отклонений уровня моря, полученной по этим данным, области самой высокой изменчивости уровня моря соответствуют регионам Возвратного Агульясского, Бразильского, Мальвинского, Восточно-Австралийского течений и АЦТ. Причем АЦТ выделяется в виде отчетливой зоны сравнительно повышенных значений среднеквадратических отклонений уровня моря, которая опоясывает весь Южный океан.

Временные изменения уровня моря вдоль меридианов практически во всех регионах Южного океана выявляют в большинстве случаев доминирующую периодичность возмущений уровня моря и синхронность времени наступления возвышений и понижений уровня на различных широтах (т. е. их меридиональное простираие), которые говорят о том, что низкочастотные возмущения имеют волновую структуру и распространяются преимущественно в зональном направлении. Характерные периоды между соседними максимумами (или минимумами) для различных регионов колеблются от 40–50 и до 360–500 суток. Несмотря на выраженную меридиональную протяженность гребней волн, их величины имеют значительную переменяемость в меридиональном направлении. Это может свидетельствовать в пользу возможной горизонтальной модовой структуры низкочастотных волн.

Временные изменения уровня моря вдоль широт показывают, что общим для всех регионов Южного океана является то, что к северу от АЦТ возмущения уровня моря имеют ярко выраженную волновую структуру и распространяются на запад со скоростями, чаще всего, несколько сантиметров в секунду. Высоты волн составляют в основном 20–40 см. Обращает на себя внимание, что ложбины и гребни этих западнонаправленных волн очень устойчивы во времени и прослеживаются без существенных изменений иногда до 2–3 лет, что показывает, что они близки нейтральным волнам. В изменениях уровня моря выделяются также сезонные колебания с годовым периодом, более выраженные в Тихоокеанском секторе и в регионе между Австралией и Антарктидой.

При приближении к АЦТ перепады уровня моря в возмущениях начинают возрастать, достигая иногда 1 м и более, волновая структура в колебаниях уровня или вообще исчезает, или становится более сложной.

В зоне АЦТ в возмущениях уровня моря также отмечается волновая структура. Однако здесь низкочастотные волны распространяют-

ся почти всегда не на запад, а на восток, являются менее устойчивыми и имеют большие высоты, по сравнению с низкочастотными волнами, которые наблюдаются к северу от АЦТ.

К югу от АЦТ в некоторых регионах опять появляются низкочастотные волны, которые распространяются на запад. Но фазовые скорости этих волн заметно больше, чем у волн к северу от АЦТ.

По полученным альтиметрическим временным изменениям уровня моря вдоль широт нами были оценены средние по времени наблюдаемые характеристики низкочастотных волн в Южном океане (длины, периоды и фазовые скорости) в пределах сегментов  $5^\circ$  вдоль параллели и  $1^\circ$  вдоль меридиана. Эти характеристики низкочастотных волн сравнивались с теоретическими дисперсионными соотношениями градиентно-вихревых волн.

Вне зоны АЦТ направленные на запад низкочастотные волны в большинстве регионов хорошо согласуются с теоретическими дисперсионными соотношениями бароклинических волн Россби 1-й и 2-й вертикальных мод.

Волны восточного направления отмечаются только в АЦТ, и нам представляется, что они связаны со струйными волнами. Наблюдаемые по альтиметрическим данным фазовые скорости восточнонаправленных волн лежат в пределах от 0,5 до 23 см/с, что несколько ниже диапазона фазовых скоростей теоретических баротропных струйных волн (12–30 см/с). Предполагается, что волны восточного направления связаны с бароклиническими струйными волнами. Сравнение полученных по альтиметрическим данным характеристик восточнонаправленных волн в зоне АЦТ с теоретическими дисперсионными соотношениями бароклинических струйных волн показывает, что основная масса экспериментальных точек оказывается в пределах, ограниченных теоретическими дисперсионными кривыми.

Для исследования изменчивости течений в поле градиентно-вихревых волн по альтиметрическим наклонам уровня в рамках нестационарного квазигеострофического приближения были рассчитаны поля течений в Южном океане и проведен их векторно-алгебраический анализ. Полученные инвариантные вероятностные характеристики течений подтверждают волновую природу динамических возмущений.

*А.И. Данилов, В.В. Лукин, И.Е. Фролов  
ААНИИ*

## **О РЕАЛИЗАЦИИ ПОДПРОГРАММЫ «ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АНТАРКТИКИ» В 1999–2002 гг.**

Российские исследования в Антарктике, начиная с 1999 г., проводятся в рамках подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» ФЦП «Мировой океан». Начало работ по подпрограмме позволило объе-

динить все направления деятельности России в Антарктике в рамках одной подпрограммы, у работ появился один государственный заказчик — Росгидромет, была осуществлена концентрация научных исследований на решении приоритетных вопросов исследования Антарктики, увеличился круг НИУ — участников антарктических исследований.

Основной целью подпрограммы является проведение научных исследований в Антарктике, как главного элемента осуществления государственной политики в регионе для закрепления 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 основные задачи 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 (фундаментальные исследования Антарктики);

- разработка и совершенствование технологий, обеспечивающих деятельность человека в Антарктике (научно-прикладные исследования и разработки);

- развитие системы мониторинга окружающей среды Антарктики, обеспечивающей диагноз изменений, опасных для научных работ (мониторинг окружающей среды);

- проведение природоохранных мероприятий, направленных на предотвращение ущерба в районах деятельности Российской антарктической экспедиции — РАЭ (охрана окружающей среды Антарктики);

- модернизация сети российских антарктических станций, совершенствование средств и технологий РАЭ по обеспечению исследований в Антарктике (материально-техническое обеспечение деятельности РАЭ).

Основная задача реализации подпрограммы на первом этапе (1999—2002 гг.) состояла в завершении наиболее приоритетных исследований предыдущего пятилетия, осуществлении реорганизации работ РАЭ и стабилизации ее деятельности. Проекты НИОКР (всего 19 проектов по 8 тематическим разделам) входили в направление «Фундаментальные исследования Южной полярной области». Бюджетное финансирование подпрограммы осуществлялось из двух источников: ФЦП «Мировой океан» (НИОКР и инвестиции) и деятельность РАЭ (прочие текущие расходы). Управление подпрограммой осуществлялось различными научными и управляющими органами Минэкономразвития России, Росгидромета, РАН, ААНИИ. В выполнении НИОКР первого этапа участвовали 29 организаций семи министерств и ведомств. Наиболее важные результаты фундаментальных работ следующие:

– реконструированы палеоклиматические условия Антарктики за последние 400 тыс. лет по данным ледового керна из глубокой скважины станции Восток;

– проведены комплексные исследования подледникового озера Восток;

– определены параметры современного состояния климатической системы Антарктики; получены количественные оценки изменений климата Антарктики при удвоении концентрации  $\text{CO}_2$  на основе современной модели климата;

– 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;

– выполнены исследования влияния процессов в ионосфере на процессы и явления в приземных слоях и верхней атмосфере южного полушария;

– определены тенденции и исследованы ключевые механизмы изменений таких метеорологических параметров, как озон и малые газовые составляющие;

– создана совокупность цифровых геолого-геофизических карт Антарктики;

– исследован видовой состав, таксономическая и трофическая структура морских, пресноводных и наземных биоценозов Антарктики.

По другим направлениям работ подпрограммы выполнен комплекс работ, направленный на модернизацию антарктической инфраструктуры и систем обеспечения; ежегодно выполнялись наблюдения за окружающей средой на антарктических станциях Мирный, Новолазаревская, Восток, Прогресс, Молодежная, базе Беллинсгаузен и судне «Академик Федоров»; осуществлены мероприятия по модернизации систем наблюдений и мероприятия по охране окружающей среды.

В целом работы 1999–2002 годов выполнены в соответствии с требованиями утвержденной в 1998 г. «Системой программных мероприятий» подпрограммы. В дальнейшем, на втором этапе будут проведены исследования с учетом проблем, выявленных на первом этапе реализации подпрограммы на основе новых данных натуральных экспериментов. Опыт работ 1999–2002 гг. показал, что для решения задач подпрограммы необходимо сделать упор на комплексные натурные эксперименты по изучению природы Антарктики в период сезонных работ РАЭ с использованием современной приборной и технической базы. Для решения этой проблемы появляется материальная основа – это инвестиционные средства, которые выделяются по ФЦП «Мировой океан». В соответствии с Постановлением Правительства № 685 от 24.09.2001 «О мерах по обеспечению интересов Российской Федерации в Антарктике и деятельности Российской Антарктической экспедиции в 2002–2005 гг.» приоритетными работа-

ми на втором этапе реализации подпрограммы будут климатические исследования, исследования подледникового озера Восток и геолого-геофизические работы.

Т.А.Егорова<sup>1</sup>, В.Е.Лагун<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>ГГО, <sup>2</sup>ААНИИ

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕНДОВ ОЗОНА В АНТАРКТИДЕ

Интерес к вариациям содержания озона в Антарктике определяется уникальными особенностями его регионального распределения и временной изменчивости. Эволюция весенней озоновой аномалии в Антарктике привлекает интерес научной общественности в связи с возможными экологическими последствиями уменьшения озонового слоя Земли. Наметившаяся в сентябре–октябре 2002 г. тенденция уменьшения площади так называемой «озоновой дыры» и распада ее на два очага требует объяснения механизмов этого природного феномена. Возможными причинами вышеуказанных изменений являются преобладающие изменения крупномасштабной стратосферной циркуляции, аномально высокое распределение температуры на периферии полярного циркумполярного вихря и эффект от ограничительных мер, предусмотренных Монреальским протоколом.

Геоинформационная система «Антарктика» включает в себя раздел, посвященный результатам измерения общего содержания озона  $O_3$ , его вертикального и пространственного распределения в южном полушарии за многолетний период на основе данных приземных измерений, озонозондов и спутниковых измерений. Данные приземных измерений содержания озона подвергнуты специальной процедуре контроля качества.

Для интерпретации результатов систематических измерений содержания метана на антарктических станциях для периода 1992–2000 гг. привлечена глобальная транспортная фотохимическая модель атмосферы МЕЗОН (*Model for the Evaluating of oZONe Trends*). Горизонтальное разрешение модели составляет  $4 \times 5^\circ$ , а вертикальная дискретизация атмосферы включает 24 слоя от подстилающей поверхности до 1 гПа. Химический блок модели (*Rozanov et al., 1999*) включает описание 199 газофазных и 16 гетерогенных реакций, позволяющих описать распределение 43 химических компонентов атмосферы. Параметры полярных стратосферных облаков вычислены на основе диагностического метода с учетом процессов конденсации, седиментации и испарения облачных частиц.

Представлены результаты численного моделирования годового хода и многолетних трендов озона на станциях Фарадей/Академик Вернадский и Халли, имеющих однородные ряды результатов измерений общего содержания озона.



## КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В АНТАРКТИДЕ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 200 ЛЕТ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ШУРФОВ И ДАННЫМ О ТЕМПЕРАТУРЕ ЛЕДНИКОВОЙ ТОЛЩИ

Проведенные в последние годы исследования показали необходимость пересмотра существующей палеотемпературной интерпретации изотопных профилей, получаемых при анализе ледяных кернов. Было установлено, что коэффициенты пространственной регрессии между изотопным составом снега и температурой снежной поверхности, на которых базировались сделанные ранее палеореконструкции, в действительности существенно отличаются от коэффициентов соответствующих временных регрессий. В связи с этим, в рамках работ по подпрограмме 9 «Исследование и изучение Антарктики» ФЦП «Мировой океан» был осуществлен сбор и систематизация имеющихся данных об изотопном составе верхнего слоя снежной толщи в районе станции Восток, проведены дополнительные полевые работы и лабораторные исследования, а также выполнены предварительный анализ и интерпретация полученных данных с целью реконструкции температуры и аккумуляции снега за последние 200 лет и уточнения температурной калибровки изотопного профиля глубокой скважины на станции Восток.

В ходе работ был создан банк данных, включающий практически все результаты изотопных и стратиграфических исследований, проводившихся в разные годы в районе станции Восток. Анализ собранных данных показал, что временные колебания изотопного состава и скорости накопления снега с периодами около 2,5, 5 и 20 лет, наблюдаемые в отдельно взятой точке (шурфе, скважине), преимущественно обусловлены миграцией волн снегонакопления (форм снежной поверхности) различного масштаба. Определена доля дисперсии межгодовых рядов, связанная с полезным климатическим сигналом, которая составила около 17 % для изотопных ( $\delta D$ ) рядов и порядка 10 % для рядов аккумуляции. Проведена реконструкция изменений температуры воздуха и скорости накопления снега в районе станции Восток за последние 200 лет. Установлено, что в течение указанного периода времени температура воздуха и скорость аккумуляции снега в Центральной Антарктиде испытывали колебания с периодом около 50 лет, обусловленные вариациями циклонической активности в южном полушарии. Палеоклиматические реконструкции, выполненные по материалам исследования глубоких шурфов, подтверждаются результатами анализа вертикальных профилей температуры ледниковой толщи до глубины 300 м. В целом полученные данные свидетельствуют об относительной стабильности климатических условий в Центральной Антарктиде на протяжении последних двух столетий.

**ЛАБОРАТОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОТНОСТНЫХ ТЕЧЕНИЙ  
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПРОЦЕССУ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И  
ОПУСКАНИЯ ПЛОТНЫХ МОРСКИХ ВОД  
ПО КОНТИНЕНТАЛЬНОМУ СКЛОНУ**

Сползание более плотных вод по континентальному склону Антарктики является важным элементом общей циркуляции вод Южного океана и приводит к формированию донных и глубинных вод Мирового океана, что имеет существенное климатообразующее значение. Изучение этого явления в натуральных условиях сопряжено с большими техническими трудностями в связи с суровыми гидрометеороусловиями и ледовой обстановкой, а также большой удаленностью объекта исследований от центров мировой цивилизации. В связи с этим, основное значение приобретают методы лабораторного и теоретического моделирования, которые позволяют исследовать физические особенности и закономерности этого явления. Результаты моделирования можно использовать как для интерпретации данных натуральных наблюдений, так и для получения количественных оценок влияния изменений внешних климатических условий на данный процесс.

Цель данной работы состоит в разработке лабораторных моделей процесса опускания более плотных вод по наклонному дну как в невращающейся, так и во вращающейся жидкости с учетом влияния турбулентного вовлечения и топографических неоднородностей дна.

Сконструирована лабораторная установка для изучения плотностного течения на наклонном плоском дне в невращающейся жидкости, позволяющая в широком диапазоне изменять параметры эксперимента. Проведено около 50 лабораторных опытов по исследованию структуры и динамики придонного плотностного течения, а также его взаимодействия с «утыкающимся» в дно пикноклином. Установлено существование нескольких различных режимов опускания более плотной воды, в том числе, мало известный ранее волновой режим.

Разработана математическая модель плотностного течения на наклонном гладком дне в невращающейся жидкости. Проведены численные эксперименты по выявлению различных режимов плотностного течения (от ламинарного до турбулентного) с акцентом на воспроизведение волнового режима. Результаты численного моделирования качественно согласуются с результатами лабораторного эксперимента.

Проведена модификация лабораторной установки для изучения плотностного течения на наклонном плоском дне во вращающейся жидкости. Выполнено несколько десятков лабораторных опытов по исследованию структуры и динамики осесимметричного придонного плотностного течения на конусе во вращающейся жидкости.

Описаны и проанализированы условия и основные результаты опытов по лабораторному моделированию осесимметричных плотностных течений на конусе во вращающейся жидкости. Обнаружено существование различных режимов течения, в том числе волнового и неволнового. При волновом режиме плотностное течение не является монотонным, а разбивается на систему фронтальных или роликовых волн. Установлены основные закономерности распространения плотностного течения вниз по склону в широком диапазоне изменения основных параметров эксперимента. Обсуждены возможные приложения лабораторных результатов к натурным условиям.

В лабораторных экспериментах на наклонном дне во вращающейся жидкости выявлен и исследован новый автоколебательный механизм формирования периодической вихревой структуры от локального стационарного источника массы и потенциальной завихренности. Показано, что этот механизм может быть ответственным за расчленение придонного течения на цепочку вихревых линз. Таким образом, экспериментально установлено существование двух режимов плотностного течения на наклонном дне во вращающейся жидкости: геострофического и волно-вихревого.

Выполнено лабораторное исследование влияния расположенных вдоль континентального склона поднятий, хребтов и каньонов на структуру и распространение баротропных и бароклинных течений во вращающейся жидкости. Эксперименты проводились с хребтами и каньонами двух типов: треугольного (с пологими склонами) и квадратного (с отвесными склонами) сечений. Оказалось, что как плотностные, так и волно-вихревые течения легко преодолевают хребты и каньоны с пологими склонами, следуя при этом по изобатам. Однако, препятствия с отвесными стенками становятся труднопреодолимыми как для чисто баротропных вихревых, так и для ярко выраженных плотностных, придонных течений.

*А.М.Звягинцев, Г.М.Крученицкий*  
ЦАО

## **ВЕСЕННЯЯ АНТАРКТИЧЕСКАЯ ОЗОНОВАЯ АНОМАЛИЯ: РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ И ИХ АНАЛИЗ**

О существовании аномалий сезонного хода общего содержания озона (ОСО) над Антарктидой, известных по СМИ и литературе за рубежом как «озоновым дырам», впервые стало известно по результатам экспедиций, организованных основоположником наблюдений за озоновым слоем Г.Добсоном в 1950-е годы. Необычное сезонное поведение ОСО над антарктической станцией Хали-бей (по отношению к поведению ОСО на арктических станциях) Добсон объяснил различными метеорологических характеристик (прежде всего, температурных и

ветровых) в северном и южном полушариях. Затем весенняя озоновая антарктическая аномалия (в дальнейшем ВОАА или просто аномалия) вновь была «переоткрыта» в 1980-х годах. Дж. Фарманом, который высказал предположение, что ее появление и развитие обусловлено ростом промышленного производства хлорфторуглеродов (фреонов) и их накоплением в атмосфере. После выхода работы Фармана ВОАА подверглась усиленному изучению учеными многих стран, и идея Фармана получила воплощение в разработке модели процесса, которая впоследствии неоднократно совершенствовалась. Однако и сегодня наблюдаемое поведение ВОАА в недостаточной степени следует количественным соотношениям, рассчитанным в соответствии с наиболее распространенными «фреоновыми» моделями (*Звягинцев А.М., 2002*). В предлагаемом докладе описаны свойства и особенности ВОАА, которые позволяют сравнивать аномалии различных лет, и обсужден вопрос о возможностях проявления этого явления в северном полушарии.

Несмотря на большое количество публикаций, посвященных ВОАА, общепринятое определение этого явления отсутствует, а потому существует неопределенность, с какого времени оно может рассматриваться как аномалия (бесспорен лишь факт существования аномалии уже в начале 1980-х годов). Первые регулярные наблюдения ОСО в Антарктиде были проведены в 1956–1959 гг., и они сразу же выявили несоответствие наблюдаемых характеристик с тем, что ожидали увидеть по аналогии с уже установленным сезонным ходом ОСО на остальной части земного шара. Если в тропических и средних широтах северного и южного полушарий величины ОСО и их сезонные ходы оказываются близкими, то первая же антарктическая экспедиция обнаружила, что в весенний период (в зимний период из-за отсутствия Солнца наблюдения ОСО в Антарктиде сильно затруднены) ОСО оказались значительно ниже, чем в соответствующих широтах северного полушария; в другие периоды существенных различий не наблюдалось.

Необычно низкие значения ОСО в Антарктиде в весенний период в эти годы отметили также французские и, вероятно, советские (ААНИИ) экспедиции. Аномалии временного хода ОСО на антарктических станциях в 1960-е годы, которые увеличивались с течением времени, выявляются также по данным, хранящимся в мировом банке данных по озону (WOUDC) (*Черников А.А. и др., 2000; Звягинцев А.М. и Крученицкий Г.М., 2002*). В частности, на всех антарктических станциях, имеющих самые длительные ряды регулярных наблюдений (Халли-Бэй, 76° ю.ш., с 1958 г.; Южный полюс, 90° ю.ш., с 1962 г.; и Сева, 76° ю.ш., с 1966 г.), за первые 11 лет отрицательные тренды ОСО примерно одинаковы и составили около 6 % за 10 лет. Хотя с 1950-х гг. до 1978 г. данные по озону в Антарктиде непрерывно пополнялись (в т.ч., за счет новых станций), но оставались эпизодическими, мало-

численными и способными охарактеризовать ситуацию лишь в отдельных пунктах наблюдений.

Систематические наблюдения ВОАА на обширной территории стали возможными лишь с созданием и запуском в 1978 г. спутниковой аппаратуры TOMS, предназначенной для ежесуточных наблюдений глобальных полей ОСО на освещенной Солнцем территории. В настоящее время имеются данные TOMS на ИСЗ «Nimbus-7» за 1978–1993 гг., «Метеор-3» – за 1991–1994 гг. и «Earth Probe» – с 1996 г. по настоящее время, что позволяет осуществить регулярный, оперативный и достаточно надежный мониторинг озонового слоя в глобальном масштабе.

На основе этих данных рассчитаны наблюдаемые тренды ОСО и зарегистрированы изменения его сезонного хода в различных широтных зонах (*Черников А.А. и др., 2000; Звягинцев А.М. и Крученицкий Г.М., 2002*). Значительные нарушения в аномалиях 2000 и 2002 гг. указывают на значительную роль метеорологических факторов при возникновении и развитии явления.

По нашему мнению, основные признаки явление ВОАА следующие:

1) в высоких широтах южного полушария в течение длительного срока (более 2 месяцев) наблюдается значительный провал относительно ожидаемого, близкого по форме к синусоиде сезонного хода ОСО. Провал наблюдается в сезон, во время которого в других вне-тропических широтах имеет место сезонный максимум ОСО. Провал происходит с годовой периодичностью (неопределенность начала – до 2 недель, а конца – до 1 месяца). Накануне провала в течение длительного периода в нижней стратосфере имеют место аномально низкие температуры (до  $-90$  °С и менее). При провале срок сезонного максимума ОСО смещается с начала весны на лето;

2) в профиле вертикального распределения озона в единицах отношения смеси образуется «провал» в той области высот, где в профиле вертикального распределения озона в единицах парциального давления должен наблюдаться его максимум (для Антарктиды это обычно 15–20 км). (*Черников А.А. и др., 2000*);

3) явление ВОАА уникально и в северном полушарии сопоставимого аналога не имеет (слабый аналог наблюдался, возможно, лишь в 1997 г.).

Наибольшая по совокупности параметров ВОАА наблюдалась, по-видимому, в 1998 г. К настоящему времени, вероятно, в большинстве широтных зон пройден минимум значений ОСО. Этот процесс начался около 1990 г. в экваториальной области и постепенно распространяется к полюсам. При сохранении этих тенденций в будущем, по-видимому, в ближайшем десятилетии следует ожидать начала восстановления ОСО в период ВОАА.

## СТРУКТУРА И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВОДООБМЕНА МЕЖДУ ОКЕАНИЧЕСКИМИ БАССЕЙНАМИ В ЮЖНОМ ОКЕАНЕ ПО ДАННЫМ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С МОДЕЛЬЮ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ОКЕАНА

Перераспределение тепла в океане, определяемое ветровой и термохалинной циркуляцией, относится к числу важнейших климатообразующих процессов. Современные подходы к исследованию этих процессов базируются, наряду с анализом все расширяющейся экспериментальной базы, на использовании физически полных океанических моделей. Такие модели при их объединении с моделями общей циркуляции атмосферы являются также эффективным инструментом для получения оценок возможных изменений климата вследствие его естественной изменчивости и под влиянием внешних воздействий.

Одной из наиболее показательных характеристик термохалинной циркуляции является интенсивность водообмена между отдельными океаническими бассейнами. В докладе анализируется структура и изменчивость водообмена между бассейнами Южного, Атлантического, Индийского и Тихого океанов. Анализ проводится на основе численных экспериментов с моделью общей циркуляции океана. Для проведения численных экспериментов созданы новые версии модели, имеющие более высокое горизонтальное разрешение по сравнению с прежними реализациями ( $2 \times 2^\circ$  и  $1,25 \times 1,25^\circ$ ). Хотя предметом рассмотрения являются характеристики водообмена в южных частях Мирового океана, расчет по модели проводится в глобальной области с северной границей на широте  $77,5^\circ$  с.ш. в модели  $2 \times 2^\circ$  и на полюсе ( $90^\circ$  с.ш.) в модели  $1,25 \times 1,25^\circ$ . Южная граница совпадает с берегом Антарктиды. По глубине сетка содержит 15 неравномерно расположенных уровней со сгущением в верхних слоях.

Начальными условиями в каждом из численных экспериментов служили климатические распределения температуры и солёности в толще воды (по данным атласа WOA-98 за зимний сезон) и нулевые значения скорости течений — состояние покоя. В качестве граничных условий на поверхности воды (касательное напряжение ветра, суммарный поток тепла и пресной воды, т.е. разность осадки-испарение) задавались ежесуточные атмосферные воздействия из данных реанализа метеорологических полей NCEP/NCAR (*Kalnay et al., 1996*).

Результаты численных экспериментов свидетельствуют о том, что на широте  $30^\circ$  ю.ш., которую часто принимают за северную границу Южного океана, имеют место отнюдь не пренебрежимо малые не только меридиональные течения на отдельных долготах, но также и интегральный водообмен в пределах больших створов с масштабами Индийского и Тихого океанов. Рассмотрена зависимость получаемых в модели характеристик от горизонтального разрешения.

*Работа выполнена при поддержке ФЦП «Мировой океан» (подпрограмма «Изучение и исследование Антарктики») и РФФИ (проект № 00-05-64806).*

А.В.Зимин  
АтлантНИРО

## **ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОД НА ШЕЛЬФЕ О-ВА ЮЖНАЯ ГЕОРГИЯ**

Сложившиеся к настоящему времени представления о температурном режиме на шельфе о-ва Ю. Георгия и Скал Шаг строятся преимущественно на данных отдельных не обобщенных съемок, произведенных в разные периоды по не регулярным сеткам. При рассмотрении межгодовой изменчивости, как правило, использовались или данные ТПО или значения температуры воды на стандартной океанографической станции. Подобный подход дает представление только об общей тенденции изменчивости температуры и не учитывает местные особенности, характерные для шельфовых районов. Поэтому представляет особый интерес исследование временной изменчивости и районирование по температурным условиям шельфа о-ва Ю. Георгия, как района потенциально перспективного для промысла.

Исходными данными для расчета послужили результаты океанографических съемок, проводимых преимущественно судами АтлантНИРО в районе шельфов Ю. Георгии и Скал Шаг за период с 1981 по 2002 гг. Анализ данных проводился по сезонам для четырех горизонтов: 50, 100, 150, 200 м. Предварительно проводилась оценка обеспеченности данными по пространству и времени. Поставленным критериям соответствовали: восемь летних сезонов (декабрь—февраль) за 1983/84, 1984/85, 1986/87, 1987/88, 1988/89, 1995/96, 1999/2000, 2001/02 гг.; пять осенних (март—май) 1981, 1983, 1984, 1990, 1991 гг.; четыре зимних (июнь—август) 1981, 1985, 1987, 1989 гг.; пять весенних (сентябрь—ноябрь) 1981, 1983, 1984, 1986 гг.

Для этих данных были рассчитаны среднесезонные карты распределения температуры для района шельфа ограниченных изобатой 500 м. Для каждого сезона производилась линейная интерполяция в узлы регулярной сетки с шагом 30' по долготе и 15' по широте. На основании осреднения данных в узлы этой регулярной сетки были получены климатические значения для четырех сезонов и четырех горизонтов.

По полученным значениям был проведен кластерный анализ для разных сезонов и глубин с целью выделения однородных по своим условиям районов.

Временная изменчивость исследовалась на наиболее обеспеченном данными летнем сезоне путем применения метода главных компонент.

Обобщая результаты анализа температурных условий на шельфе о-ва Ю. Георгия, можно отметить следующие основные результаты:

– получена картина сезонной климатической изменчивости по всей толще шельфа, которая может являться основой для определения аномалий температуры;

– проведенная классификация позволила выделить основные под-районы на рассмотренной акватории: шельф скал Шаг, восточная, западная части шельфа острова, северо-восточные склоны шельфа Ю. Георгии;

– рассмотрение временной изменчивости позволило выделить теплые (1984, 1985, 2002 гг.) и холодные летние сезоны (1987, 1988, 1996 гг.) по температурному фону горизонтов 50 – 150 м;

– были определены распределение и величина аномалий температурных условий летом 2002 г.

*Б.В.Иванов, П.В.Богородский, О.М.Андреев  
АНИИ*

### **ПРОЦЕССЫ ЭНЕРГОМАССООБМЕНА В СИСТЕМЕ «АТМОСФЕРА – МОРСКОЙ ЛЕД – ОКЕАН»**

Анализируются данные прямых измерений метеорологических и актинометрических параметров, выполненных на дрейфующей станции «Уэдделл-1» (1992 г.) и на борту НЭС «Академик Федоров» в его период плавания в антарктических водах в осенний период (46-я РАЭ, 2001 г.). Также обсуждаются результаты измерений теплофизических свойств снега и льда, выполненных на однолетних льдах в море Уэдделла и на молодом припае в районе антарктических станций Мирный и Прогресс в вышеуказанные сроки. С использованием стандартных методик и оригинальных алгоритмов, разработанных в отделе взаимодействия океана и атмосферы, рассчитаны основные составляющие теплового баланса поверхности антарктических льдов и потоки тепла через снежно-ледяной покров. Оценки потоков тепла из океана в атмосферу, зарегистрированные в осенний период года сравниваются с аналогичными величинами, полученными в весенне-летний период в море Уэдделла (1982, 1989 гг.).

*А.В.Клепиков<sup>1</sup>, А.И.Данилов<sup>1</sup>, В.М.Катцов<sup>2</sup>, В.Е.Лагун<sup>1</sup>, Е.И.Александров<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> АНИИ, <sup>2</sup> ГГО*

### **СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ АНТАРКТИКИ И СЦЕНАРИИ БУДУЩИХ ИЗМЕНЕНИЙ**

Представлены данные о температурных трендах в атмосфере и океане, аномалиях в морском ледяном покрове, изменениях общего со-



держания озона, основанные на измерениях последних десятилетий, даны оценки возможным изменениям климата Антарктики на основе моделирования. Особый интерес вызывают текущие изменения в контексте возможного глобального потепления.

За период реализации первого этапа подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» создана база данных по климату атмосферы Антарктики, включающая в себя результаты многолетних приземных и высотных измерений на российских и зарубежных станциях за период инструментальных измерений (1951 – 2001 гг.). Рассчитаны тенденции межгодовых изменений атмосферных параметров с оценкой значимости трендов для станций, имеющих ряд наблюдений более 30 лет. Наибольшее в южном полушарии потепление в приземном слое и в тропосфере наблюдалось над Антарктическим полуостровом. Наряду с потеплением тропосферы в Западной Антарктике наблюдается отсутствие статистически значимых трендов температуры в Восточной Антарктике и похолодание во внутриконтинентальных областях Антарктиды.

Данные современных наблюдений обнаруживают также тенденции к потеплению глубинных и донных вод Южного океана, сокращению площади антарктического морского льда, увеличению скорости таяния шельфовых ледников. Оценка достоверности этих тенденций затруднена из-за коротких рядов наблюдений, однако, тем не менее в контексте данных реконструкции глобальных климатических циклов современные изменения не имеют аналогов, поскольку содержание парниковых газов заметно превышает существующие прежде уровни. Это серьезный аргумент в пользу того, что современные изменения антарктической климатической системы в значительной степени обусловлены антропогенными факторами.

В исследовании равновесной реакции климатической системы Антарктики на удвоение концентрации  $\text{CO}_2$  на основе разработанной в рамках подпрограммы новой версии модели климата ГГО было получено, что осредненное по площади повышение средней годовой температуры у поверхности Антарктиды составляет  $3,6^\circ\text{C}$ , а среднегодовые осадки возрастают на  $0,14$  мм/сут. Увеличение осадков над Антарктидой при потеплении климата в значительной степени обусловлено изменениями динамики атмосферы – смещением путей циклонов, окружающих Антарктиду, к югу, что в свою очередь может быть вызвано сокращением площади льдов Южного океана. Увеличение осадков при мало меняющихся испарении и таянии подтверждают предположение о возможной «компенсирующей» роли Антарктиды в повышении среднего уровня Мирового океана, т.е. в увеличении массы ее ледяного щита, в отличие от Гренландии, где удвоение концентрации  $\text{CO}_2$  приводит к уменьшению массы ледников за счет таяния что способствует росту уровня океана.

## **РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАБОТЫ С ДАННЫМИ ПО АНТАРКТИКЕ**

В период с 1999 по 2002 гг. были проведены работы по проекту подпрограммы «Создание компонентов геоинформационной системы «Антарктика», электронных справочных пособий и совокупности баз и банков данных, обобщающих данные наблюдений в Антарктике». Результатами работы по проекту на первом этапе стали:

- общий проект на ГИС «Антарктика»;
- база метаданных по природной среде Антарктики;
- программно-технологические разработки блоков АРМ «Гидролог»;
- АРМ «Формирование ИБД системы»;
- АРМ «Администратор БД системы»;
- тестовый информационный фонд системы по основным тематическим разделам;
- программно-технологические разработки подсистемы подготовки и усвоения гидрометеорологических данных для задач пользователей в виде СУБД-приложения;
- базы данных гидрологических наблюдений в Южном океане, судовых ледовых наблюдений, метеорологических и актинометрических наблюдений;
- программно-технологические разработки блоков прикладных задач;
- вариант картографического сервера, обеспечивающего клиентам доступ к графической и атрибутивной информации с помощью стандартных Web-браузеров (Internet Explorer и Netscape Navigator).

В ходе работ были получены результаты в соответствии с общей идеологией построения системы ГИС «Антарктика». В данной системе выделяются четыре взаимосвязанные подсистемы:

- подсистема Web-сервера со своими интерфейсными приложениями;
- подсистема ГИС-сервера и его специализированные приложения;
- подсистема сбора и хранения информации (распределенная база данных);
- подсистема клиентских приложений.

Картографическая основа системы состоит как из векторных данных, включенных в цифровой атлас Антарктики (ADD 3.0), так и разномасштабных растровых изображений географии Южного океана до 30° ю.ш. Ключевым звеном системы является построение картографического Internet сервера, предоставляющего пользователям возможность интерактивной работы с картой Южного океана и Антарктиды.

## МОРСКИЕ ЛЬДЫ И АЙСБЕРГИ МОРЯ СОДРУЖЕСТВА

Море Содружества площадью около 2 млн. км<sup>2</sup> относится к числу неординарных, ключевых районов Южного океана, во многом благодаря приуроченности к глубокой, высокоширотной излучине залива Прюдс, одной из крупнейших стационарных полынней Антарктики.

Асимметрия разрастания (до 1,5 млн. км<sup>2</sup> в сентябре–октябре) и сокращения ледяного покрова (до 100 тыс. км<sup>2</sup> к февралю) составляет здесь, соответственно, 8 и 4 месяца. Причем, разрушение основной части ледового пояса (около 1 млн. км<sup>2</sup>) совершается фактически за 2 месяца: с ноября по декабрь.

Явственно обнаруживается также сезонная смена знака ледовых аномалий. Чем больше образуется льда в холодный период, тем больше его вытравивает к концу лета.

Подобный взаимокомпенсационный характер сезонных изменений ледовитости обуславливает преобладание квазидвухлетней периодичности в ее межгодовых колебаниях. Наиболее ярко это проявляется в межгодовой изменчивости полыньи залива Прюдс, которая, как «очаг» таяния и ледообразования, представляется своеобразным камертоном частоты колебаний ледовитости бассейна. Развитие полыньи в последнее десятилетие наиболее достоверной информации происходит почти со строгой 2-летней периодичностью и резким возрастанием амплитуды.

На акватории моря постоянно присутствует около 9 тыс. айсбергов. Около 7 тыс. из них на протяжении примерно 5 лет рециркулируют в системе выявленного двухцентрового циклонического круговорота, ежегодно обновляясь ориентировочно на 20 % в результате полного вытаивания в океанической части долготного сектора залива Прюдс между 62–65° ю.ш.

Вместе с тем решающий вклад в пресноводный баланс бассейна вносит морской ледяной покров, объем которого достигает 780 км<sup>3</sup>. Это подтверждает представление о нем как своеобразном колебательном контуре высокосбалансированной южнополярной климатической системы, регулирующего, в конечном итоге, через процессы осолонения и распреснения деятельного слоя моря степень развитости главного галоклина и, соответственно, потоки глубинного океанического тепла.

К.Н.Кособокова  
ИО РАН

## ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ЗООПЛАНКТОН АНТАРКТИЧЕСКИХ ВОД

Исследования, проведенные в последние годы в Арктике, выявили тенденцию к повышению концентрации устойчивых органических заг-

рязняющих веществ в воде и различных компонентах арктической биоты. Повышению их концентраций способствует как перенос загрязняющих веществ в полярные области из индустриальных районов, так и особые условия, наблюдаемые в арктическом регионе, вызывающие повышение устойчивости загрязнителей к разрушению. Степень загрязненности Антарктических вод до сих пор остается практически неизученной. По аналогии с арктическими водами можно предположить, что концентрация органических загрязнителей в антарктических водах также определяется особенностями биоты (относительно короткая трофическая цепь и относительно высокая эффективность протекания биологических процессов) и физическими свойствами внешней среды. С целью оценки эко-токсикологического состояния вод этого региона в январе-марте 2001 г. в Атлантическом секторе Антарктики была проведена комплексная Норвежская экспедиция NARE-2001. Основной ее целью было исследование переноса органических загрязняющих веществ по пелагической и ассоциированной с морским льдом пищевым цепям и установление связи регистрируемых концентраций с конкретными океанографическими условиями.

В ходе экспедиции были собраны пробы антарктического зоопланктона для измерения концентраций устойчивых органических загрязняющих веществ у представителей разных трофических групп. Работы проводились вдоль 0° меридиана в открытых водах и в районах, покрытых плавучими льдами. Пробы собирали с горизонтов 0–100 или 0–300 м. Одновременно проводился отбор проб зоопланктона с целью определения вклада различных таксономических и трофических групп в общую массу планктона. Обработка проб выявила заметные отличия как в видовом составе зоопланктона, так и в возрастном составе популяций массовых видов копепод в свободных ото льда океанических водах и океанических и шельфовых водах, покрытых дрейфующими льдами. В покрытых льдом районах обнаружена массовая подледная фауна, представленная в основном растительноядными *Gammaridae* и *Euphausiacea*, ассоциированными с плавучим льдом. Последующая обработка проб позволит оценить содержание органических загрязняющих веществ у различных представителей мезо- и макропланктона, выявить звенья пелагической пищевой цепи, наиболее чувствительные к воздействию загрязняющих веществ, и получить отправную точку для проведения мониторинга антропогенного загрязнения Антарктики.

*В.М.Котляков, В.Г.Захаров, М.Ю.Москалевский, Т.Е.Хромова*  
ИГ РАН

## **ДИНАМИКА КРАЯ АНТАРКТИДЫ**

Ледниковый покров Антарктиды играет существенную роль в формировании глобального климата и является важным фактором колеба-

ния уровня моря. Основным показателем состояния Антарктического ледникового покрова служит баланс массы. Динамика края Антарктиды отражает основные тенденции расходной части баланса массы, поскольку преобладающим здесь является твердый сток материкового льда.

Обзор определенных расходной составляющей баланса массы Антарктиды, полученных морфометрическим и расчетным методами показал существенные различия в оценках. Это можно объяснить различием методических подходов, временных интервалов, технологий и точностью определения стока.

Подобные проблемы возникают также при оценке аккумуляции и расчете баланса массы Антарктического ледникового покрова.

Поскольку актуальным является определение величины баланса массы материкового оледенения Антарктиды, задачей работ было провести оценки стока льда в районе линии налегания.

Ледниковый сток Антарктиды формируется в пределах 12 основных ледосборных бассейнов, обладающих помимо ледораздельных границ спецификой метеорологического режима и рельефа ледникового ложа. Изображения Антарктиды, полученные в последние годы из космоса на основе современных дистанционных технологий, позволили уточнить границы ледосборных бассейнов и выделить мощные ледяные струи, направляющие ледниковый сток в основные выводные ледники в пределах ледосборных бассейнов.

Таким образом, точность оценок материкового стока может быть значительно повышена при определении расходов выводных ледников, на этой основе, стока в пределах отдельных ледосборных бассейнов и, затем, всего ледникового покрова Антарктиды. При этом необходима также оценка стока недифференцированного края. Последнее, по причине относительно малых скоростей движения льда, представляется весьма сложным даже при наличии современных технологий слежения.

Мониторинг края Антарктического ледникового покрова предполагает наличие большого объема фактической информации, полученной по всей его периферии. Появление дистанционных технологий позволяет оценить динамику края всего материка во второй половине XX в.

Создан каталог карт и космических съемок оптического диапазона по 12 ледосборным бассейнам Антарктиды. Он составил основу базы данных дистанционного зондирования краевой части ледникового покрова — актуальной задачи изучения оледенения Антарктиды.

В качестве первого объекта анализа динамики фронтов, изменений площадей, скоростей движения и оценки материкового стока был выбран ледосборный бассейн IV в Восточной Антарктиде (74–146° в.д.), относящийся к бассейнам дивергентного типа. Большая часть стока материкового льда этого бассейна осуществляется через основные дренажные системы — выводные ледники: Денман, Скотт, Филиппи Тоттен, Пауэр, Фрост, Мерц и Ниннис. В пределах краевой части этих ледников выделены тестовые участки.

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 материкового стока, как для основных выводных ледников, так и в пределах дренажных систем бассейна по периодам между проведением съемок с 1956 по 2001 гг. посчитаны суммарный и среднегодовой сток бассейна. Результаты свидетельствуют об общей тенденции увеличении расходной составляющей бассейна во второй половине прошлого века на фоне отсутствия или незначительного отрицательного температурного тренда и общей тенденции увеличения осадков. Вместе с тем сток дренажных систем восточной части бассейна, в частности ледников Мерц и Ниннис, сократился за период наблюдений, что объясняется, по-видимому, локальными особенностями.

По полученным результатам, фактическим и расчетным данным аккумуляции установлено, что баланс массы бассейна является положительным как за весь период инструментальных наблюдений, так и в периоды между наблюдениями за динамикой края. Вместе с тем, значительные расхождения в оценках аккумуляции по фактическим и расчетным данным не позволяют однозначно определить численное значение этой величины для ледосборного бассейна IV.

Появление в 90-х годах прошлого столетия радарных космических технологий значительно расширило возможности мониторинга природных объектов.

Анализ измерительных возможностей изображений микроволнового диапазона в пределах небольшого тестового участка – изолированного ледникового купола о-ва Кинг-Джордж (Южные Шетландские острова, Субантарктика), обеспеченного надежными наземными наблюдениями, показал перспективность их использования для дистанционной оценки динамики ледников.

По значениям параметров рассеяния в приповерхностном слое на космических изображениях микроволнового диапазона получена динамика таяния в летний период; в конце периода абляции выделены две радарные гляциологические зоны – центральная и периферийная, удовлетворительно совпадающие с областями аккумуляции и абляции, а раздел между ними – с высотным положением границы питания. Топографическая модель ледникового купола о-ва Кинг-Джордж, впервые созданная по интерферометрическим изображениям, позволила оценить изменения высоты поверхности. Интерферометрическая модель скоростей течения льда на поверхности этого купола позволила выделить основные дренажные бассейны и оценить сток через выводные ледники.

Проведенные исследования показывают перспективность дистанционного мониторинга динамики края Антарктического ледникового покрова.

*Работа выполнена в рамках Проекта № 8 «Дать оценку строения, режима и эволюции ледников краевой зоны Антарктиды и Субантарктики» Подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» ФЦП «Мировой океан».*

*В.В.Кузин, О.В.Матыцин, А.В.Смоленский, Д.А.Волков  
РГАФК*

## **АЛГОРИТМ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДГОТОВКИ ЭКСПЕДИЦИИ В АНТАРКТИДУ**

Программа адаптации и подготовки спортсменов альпинистов к условиям длительной гипоксии одна из актуальных задач спортивной медицины.

Необходимым условием реализации программы подготовки является оценка состояния здоровья и характеристика основных физических качеств, т.е. общей и специальной выносливости, силы, ловкости и др.

Алгоритм обследования спортсменов-альпинистов представляется нам в виде нескольких функциональных модулей, основным из которых является диагностика базового состояния здоровья, включающая стандартные методы исследования основных систем организма, в частности сердечно-сосудистой и респираторной. Для разработки методов подготовки спортсменов будет проведена оценка специальных физических качеств, а также оценен психологический профиль обследуемых. На основании полученных данных будут разработаны индивидуальные модельные характеристики и методы подготовки альпинистов к жизнедеятельности в условиях хронической гипоксии и низких температур. Также будут разработаны методы контроля за состоянием здоровья с учетом интенсивной физической работы.

*В.Е.Лагун  
ААНИИ*

## **БАЗА ДАННЫХ И СПРАВОЧНИК ПО КЛИМАТУ АНТАРКТИКИ**

Информационная основа исследований климата Южной полярной области заложена в геоинформационной системе (ГИС) «Антарктика», которая разрабатывается в ГНЦ РФ ААНИИ в рамках подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики».

В докладе представлена база данных по климату атмосферы, сформированная на основе срочных данных измерений параметров атмосферы на российских и зарубежных антарктических станциях и включающая результаты многолетних приземных наблюдений и высотных зондирований с оценкой полноты рядов, особенностей контроля и параметров измерительных комплексов за период инструментальных из-

мерений. Выполнен расчет тенденций межгодовых изменений характеристик метеорологического режима с оценкой значимости и устойчивости трендов. Результаты сопоставлены с полусферными и глобальными оценками индексов климатической изменчивости.

За период 1950–2001 гг. самое значительное в южном полушарии потепление отмечено в районе Антарктического полуострова, которое сопоставимо со значениями потепления в Арктике. В сезонном масштабе наибольшее потепление наблюдалось в течение зимнего периода (июнь–август)  $+0,11 \pm 0,09$  °C год<sup>-1</sup>. Указанное потепление происходило одновременно с уменьшением площади распространения морского льда в море Беллинсгаузена к западу от Антарктического полуострова, а также с соответствующими изменениями в региональных морских и материковых экосистемах, индикаторами которых являются изменения в ареалах распространения лишайников и пингвинов. Тенденция зимнего потепления выше летнего (декабрь–февраль) роста температуры, составляющего  $+0,024 \pm 0,017$  °C год<sup>-1</sup>, что в основном ответственно за известное разрушение многих шельфовых ледников к северу от полуострова. Тренд среднегодовых значений температуры для периода 1951–2001 гг. составляет здесь  $+0,06 \pm 0,04$  °C год<sup>-1</sup> и является значимым на 1 % уровне значимости. Рассмотрены возможные причины потепления в Западной Антарктике, связанные с преобладающими изменениями крупномасштабной атмосферной циркуляции и особенностями океанического форсинга. Приведены оценки тенденции климатических изменений в Восточной Антарктиде и в центральных районах материка в приземном слое и в свободной атмосфере.

Описаны возможности доступа к построенной базе данных с использованием средств ГИС «Антарктика» и Интернета.

Представлен проект макета Справочника по климату Антарктики. В составлении Справочника принимают участие организации специалисты учреждений Росгидромета, РАН и ведущих зарубежных научных центров. Фундаментальной задачей подготовки Справочника является кооперация специалистов различных областей физики, химии, биологии для количественного анализа междисциплинарных наборов данных высокого качества, доступных для антарктического сообщества.

Предложены основные разделы Справочника, содержащие обобщенные данные измерений и результаты статистического анализа параметров климатической изменчивости, полученные при выполнении подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики»:

1. Введение. Антарктика и глобальный климат.
2. История метеорологических измерений в Антарктике.
3. Приземная метеорология.
4. Радиационный климат.
5. Газовый состав атмосферы.
  - 5.1. Озонометрия.
  - 5.2. Малые газовые составляющие.



6. Параметры газообмена атмосферы с подстилающей поверхностью.
7. Приземный слой атмосферы.
8. Пограничный слой атмосферы.
9. Климат свободной атмосферы.
10. Крупномасштабная циркуляция атмосферы.
11. Климатология синоптических и субсиноптических атмосферных вихрей.
12. Структура и динамика водных масс Южного океана.
13. Морской лед Антарктики.
14. Шельфовый лед.
15. Айсберги.
16. Покровное оледенение.
17. Параметры биоразнообразия Антарктики.
18. Климатическое районирование Антарктики.

*В.Е.Лагун, Н.Е.Иванов*  
*ААНИИ*

### **СТАТИСТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОЛЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА УРОВНЕ МОРЯ В РАЙОНЕ АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

Проявление так называемого «глобального потепления» в южном полушарии наиболее отчетливо зафиксировано в районе Антарктического полуострова как в приземном слое, так и в свободной атмосфере. Количественное изучение механизмов формирования климатической изменчивости в этом регионе требует сведений о статистической структуре полей метеорологических элементов. Такое исследование стало возможным в связи с созданием базы данных по климату в рамках разрабатываемой в ААНИИ геоинформационной системы (ГИС) «Антарктика».

Вероятностный анализ временных рядов приземной температуры и давления воздуха на уровне моря выполнен для определения характеристик межгодовой изменчивости с учетом модуляции годового хода в диапазоне межгодовых и сезонных вариаций изменчивости синоптического масштаба. Исходными данными являются однородные ряды приповерхностной температуры воздуха и давления на уровне моря на станции Беллинсгаузен за период 1968–2001 гг. с дискретностью 6 часов.

Основной вклад в суммарную дисперсию вносит межсуточная и внутрисуточная изменчивость. Вклад в суммарную дисперсию изменчивости среднегодовых значений составляет менее 5 %. Однако межгодовая изменчивость не исчерпывается изменениями среднегодовых значений. Вклад в суммарную дисперсию суточного хода и внутрисуточной изменчивости составляет менее 10 % от дисперсии, но особенности изменчивости в низкочастотных по отношению к суточному ходу диапа-

зонах целесообразно рассматривать в том числе и с учетом времени суток. Этот вывод может оказаться полезным, например, при формулировании гипотез о природе трендов межгодовой изменчивости.

Вклад в общую дисперсию низкочастотных колебаний с периодом более полутора лет составляет для температуры и давления составляет менее 5 %. Роль годового хода весьма значительна — около 45 % общей дисперсии температуры и около 10 % дисперсии давления, причем если у температуры годовая гармоника объясняет более 90 % дисперсии годовой ритмики, то для ряда давления существенны шесть гармоник. Изменчивость синоптического масштаба также значительна — она объясняет более 20 % дисперсии температуры около 35 % дисперсии давления. Вклад суточного хода в общую дисперсию мал.

Результаты поддиапазонного вероятностного анализа учитывают модуляцию годового хода в диапазоне межгодовой изменчивости и межгодовые и сезонные вариации изменчивости синоптического масштаба.

Тренды приземной температуры и давления на уровне моря разнонаправлены: ряд температуры содержит положительный линейный тренд, а ряд давления содержит отрицательный линейный тренд, которые объясняют примерно 10–15 % дисперсии среднегодовых значений. Линейный тренд давления незначим на 95 % уровне значимости, а линейный тренд температуры является статистически значимым.

Полученные оценки нуждаются в ежегодном уточнении, поскольку к их устойчивости следует относиться с осторожностью. Включение в ряд всего лишь одного аномального года, например, 2000 г., приводит к более, чем 50-процентному увеличению модуля коэффициента наклона линейного тренда.

Кроме нестационарности по математическому ожиданию в рядах среднегодовых значений рассматриваемых метеоэлементов присутствует еще и нестационарность по дисперсии, в которой величина тренда дисперсии (т.е. закономерного, медленного и гладкого изменения модуля аномалий относительно тренда математического ожидания) определяется полиномиальным трендом ряда, а знак соответствует знаку аномалии относительно тренда математического ожидания.

Исключение тренда дисперсии, который объясняет около 65–70 % дисперсии относительно тренда математического ожидания, практически устраняет нестационарность необъясняемого остатка по температуре воздуха, однако у давления некоторая нестационарность по дисперсии в ряду сохраняется, что обусловлено особенностями развития атмосферных процессов в последние три года (1998–2001 гг.) и также свидетельствует о неустойчивости полученных оценок.

Межгодовая изменчивость содержит аддитивную и модуляционную составляющие. Аддитивная составляющая представлена последовательностью среднегодовых значений, а модуляционная составляющая проявляется через межгодовую изменчивость параметров годового хода и в междугодовых вариациях характеристик синоптической изменчивости.

Аддитивная составляющая межгодовой изменчивости, вносит относительно небольшой (менее 5 %) вклад в дисперсию данных срочных измерений.

Тренд межгодовой изменчивости представлен степенным полиномом, учитывающим линейный и параболический компоненты. Наиболее важной особенностью аддитивной составляющей является линейный тренд математического ожидания, объясняющий примерно 10–15 % дисперсии среднегодовых значений. Временные ряды аномалий среднегодовых значений относительно тренда математического ожидания нестационарны по дисперсии, но вклад полиномиального тренда математического ожидания этих аномалий невелик — он объясняет чуть больше 10 % дисперсии относительно тренда математического ожидания давления и менее 5 % для температуры. Понижение фона атмосферного давления сопровождается увеличением размаха межгодовых колебаний, что отчасти может быть объяснено локальным усилением циклонической активности.

Проведенный статистический анализ данных срочных метеорологических измерений на станции Беллинсгаузен позволил количественно определить вклад процессов различного временного масштаба в формирование наблюдаемых изменений параметров климатического режима приземного слоя атмосферы в районе Антарктического полуострова. Полученные оценки в частности показывают, насколько изменяется значение дисперсии температуры и давления при использовании данных с различным масштабом осреднения.

*В.Е.Лагун, С.В.Яговкина*  
ААНИИ

## **МЕТАН В АТМОСФЕРЕ АНТАРКТИДЫ**

Малые газовые составляющие оказывают значительное воздействие на формирование радиационного режима глобальной атмосферы и его изменения. Среди малых газовых компонент атмосферы метан ( $\text{CH}_4$ ) занимает второе место по величине вклада в парниковый эффект (после углекислого газа). По оценкам ИРСС метан ответственен примерно за 22 % величины нагревания атмосферы. Более сложное строение молекулы метана обуславливает более эффективное поглощение инфракрасной радиации по сравнению с  $\text{CO}_2$ . Рост содержания  $\text{CH}_4$  в атмосфере составляет около 1 % в год при значительной межгодовой изменчивости. Поэтому количественная оценка содержания метана является актуальной научной задачей, в особенности для Южной полярной области, где пока нет естественных источников  $\text{CH}_4$ , а тенденция изменения содержания метана характеризует изменение фоновых условий для глобальной атмосферы.

Разрабатываемая в ААНИИ геоинформационная система «Антарктика» содержит специальный раздел, посвященный результатам измере-

ния анализа малых газовых составляющих ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , фреоны) за весь период инструментальных наблюдений в Южной полярной области. В докладе представлен обзор современного состояния экспериментальных данных о содержании метана в атмосфере Антарктиды.

Измерения содержания атмосферного метана проводятся в настоящее время с помощью отбора проб воздуха с последующим лабораторным анализом, путем непрерывных измерений на основе метода газовой хроматографии, а также с посредством спектрометрических наблюдений, как наземных, так и спутниковых.

Советские ученые первыми начали прямые спектроскопические измерения содержания метана в Антарктиде в 1976 г., а первые газохроматографические измерения метана (наряду с окисью углерода, четыреххлористым углеродом фреоном-11 и радоном) в Антарктике выполнены специалистами Морской исследовательской лаборатории США в ноябре-декабре 1972 г. вблизи станции МакМердо. К сожалению, большая часть исходных отечественных полевых материалов в настоящее время недоступна для количественного анализа.

Сеть станций NOAA/CMDL (National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory) в Антарктике начала регулярные измерения в 1983/84 г. и за двадцать лет собрала данные, достаточные для проведения статистического анализа параметров временной изменчивости приземной концентрации метана. Использование метода газовой хроматографии позволяет проводить измерения круглогодично и вне зависимости от погодных условий в отличие от спектрометрических измерений, для которых нужна ясная погода. Данные сети станций NOAA/CMDL показывают рост концентрации метана за период измерений, скорость которого замедлилась в последние годы. В Южной полярной области средние сезонные аномалии концентрации метана достигают минимума в марте (от  $-16$  до  $-17$  млрд $^{-1}$ ), а максимума — в сентябре (от  $13$  до  $14$  млрд $^{-1}$ ). Амплитуда среднего сезонного хода составляет около  $30$  млрд $^{-1}$ , что примерно в  $1,5$  раза меньше по сравнению с данными, полученными на станциях в Северной полярной области, где расположены мощные естественные и антропогенные источники метана. Одной из возможных причин указанных сезонных колебаний являются соответствующие изменения в годовом ходе содержания в атмосфере гидроксила (ОН), который окисляет метан. Однако сезонные изменения гидроксила могут быть не единственной причиной годового хода метана. Другими важнейшими факторами являются сезонные изменения крупномасштабной атмосферной циркуляции, межполушарного массообмена и положения антарктического циркумполярного вихря, снижение сжигания ископаемого топлива и биомассы.

Поскольку в настоящее время используются разные стандарты газовых смесей для определения содержания малых газовых составляющих при сопоставлении результатов, полученных в разных точках

Южной полярной области, необходимо знать систему калибровки метана. Единство шкалы измерений традиционно достигается путем калибровки аппаратуры относительно стандартных газовых смесей, которые откалиброваны относительно единого эталона.

Для численной интерпретации результатов измерений содержания малых газовых составляющих и объяснения наблюдаемых особенностей пространственно-временного распределения и временной изменчивости метана предложено привлечение методов математического моделирования. Описана региональная транспортная фотохимическая модель переноса метана в тропосфере от естественных и антропогенных источников, которая может быть использована при оценке переноса метана в атмосфере Антарктики и количественной интерпретации результатов натурных измерений.

Локальные и спектрометрические измерения не дают представления о вертикальном распределении метана в атмосфере. Такая информация может быть получена на основе спутниковых измерений, например, по данным наиболее известных программ HALOE (Halogen Occultation Experiment), проводимых с октября 1991 г., и ILAS (Improved Limb Atmosphere Spectrometer), проводимых с августа 1996 г. Несмотря на возможность оперативного получения полей метана в верхней атмосфере с помощью дистанционного зондирования, важным компонентом анализа пространственного распределения  $\text{CH}_4$  является калибровка спутниковых измерений по наземным спектрометрическим данным.

Помимо измерений атмосферного метана, важная информация о содержании метана в атмосфере в прошлом получена при анализе фирна и континентального льда в Антарктиде. Исследование изотопного состава метана широко используется для оценки компонентов его глобального бюджета. Анализ фирна показал, что последние 50 лет наблюдается параллельный рост отношения смеси метана и величины  $\delta^{13}\text{C}$ , что свидетельствует об увеличении вклада в глобальный бюджет антропогенных источников  $\text{CH}_4$ .

Палеоклиматические реконструкции на основе анализа кернов льда из скважины на станции Восток и позволили определить последовательность ледниковых и межледниковых периодов, изменение параметров термического режима, которое согласуется с содержанием метана в атмосфере. Анализ данных кернов антарктического и гренландского льда позволил сделать вывод о том, что доиндустриальное содержание метана в атмосфере составляло примерно 40 % от современного уровня.

Перспектива продолжения исследования метана в атмосфере Антарктиды в настоящее время состоит, на наш взгляд, в организации круглогодичного отбора проб во фляги и в последующем лабораторном анализе на высокоточном оборудовании, с использованием методик, рекомендованных ВМО, а усвоение результатов экспериментальных исследований целесообразно проводить по схеме: «измерения»+«моделирование»=«данные».

## **КЛИМАТОЛОГИЯ ЦИКЛОНОВ И МЕЗОЦИКЛОНОВ В ЮЖНОЙ ПОЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ**

Циклонические вихревые возмущения играют определяющую роль в формировании погодных и климатических условий в полярных регионах Земли. Сезонные аномалии в повторяемости количества и интенсивности внетропических циклонов определяют климатические изменения в распределении важнейших параметров земной климатической системы (ледяного и снежного покровов, температуры поверхности океана, неадиабатического притока тепла в тропосфере и т.п.). Поэтому количественная оценка статистических параметров атмосферных циклонических возмущений в Антарктике важна для изучения наблюдаемых предстоящих изменений климата.

На основе глобального архива реанализа NCEP/NCAR полей приземного давления и геопотенциала поверхности 500 гПа за период 1967–1998 гг. вычислены параметры циклонической активности в Южной полярных областях. Методика вычисления пространственного положения циклонического возмущения основана на численном определении границы циклона, как внешней замкнутой изобары. Изученные параметры синоптической климатологии включают в себя значения временной и пространственной повторяемости, глубины, перепада давления между центром и границей вихря, периода существования, площади, формы, скорости перемещения, преобладающих траекторий и их изменчивости. На основе сформированного архива вычислены оценки трендов характеристик вихревой активности, которые демонстрируют рост количества мощных циклонов в режиме потепления тропосферы, а также удовлетворительно согласуются с межгодовыми изменениями индексов крупномасштабной атмосферной циркуляции, параметрами термического, ледового и облачного режима полярных областей. Количественно определены области циклогенеза, циклолиза, максимальной повторяемости вихрей и преобладающих траекторий их перемещения. Полученные оценки предназначены для совершенствования методов прогноза погодных условий и верификации результатов численного моделирования общей циркуляции атмосферы.

В спектре атмосферных вихревых движений особую группу составляют так называемые полярные мезоциклоны (субсиноптические вихри), образующиеся, как правило, в холодный период в высокоширотной области мезомасштабного циклогенеза над морской акваторией. Значительные межширотные термические контрасты в приводном слое, усиленные аномальным проникновением теплых океанических водных масс, в сочетании с высокой повторяемостью интенсивного переноса холодных и ненасыщенных влагой воздушных масс в нижней половине тропосферы над кромкой ледяного покрова создают благоприят-

ные условия для развития бароклинной неустойчивости, как правило, в холодное время года. Субсиноптические циклоны, формирующиеся в преобладающем очаге мезоциклогенеза, объединяются следующими характерными признаками:

- в отличие от большинства высокоширотных облачных мезовихрей эти образования хорошо выражены в приземном барическом поле;

- характерные горизонтальные размеры полярных мезоциклонов составляют 100–500 км;

- максимальная протяженность как облачных мезовихрей полярных мезоциклонов, так и соответствующих им областей низкого давления в поле приземного давления могут достигать 1000 км, поэтому в ряде случаев они трудно отличимы от молодых полярно-фронтальных циклонов на картах погоды;

- продолжительность существования этого типа мезоциклонов может составлять около двух суток;

- при наличии устойчивого массопереноса из центральных частей полярных областей первыми признаками образования полярных мезоциклонов на картах погоды являются падение давления и интенсивное осадкообразование;

- процесс формирования и эволюции полярных мезоциклонов, как правило, сопровождается штормовыми погодными явлениями.

Оценены параметры климатической изменчивости синоптических и мезомасштабных циклонических вихрей в атмосфере полярных областей на основе многолетнего (1991–1998 гг.) архива спутниковых изображений облачного покрова, глобальных архивов реанализа и данных прямых метеорологических, гидрологических и ледовых наблюдений в Антарктике. В отличие от выполненных за рубежом диагностических и модельных исследований полярных циклонов, полученные результаты базируются на наиболее полном и однородном массиве отечественных данных, освещающих акватории окраинных арктических и антарктических морей, где ранее такие исследования не проводились. Количественно определены пространственное распределение и временная изменчивость параметров климатологии синоптических и мезомасштабных вихревых образований, включая значения повторяемости циклонов и субсиноптического циклогенеза, параметров морфометрии, периода существования, характеристики макросиноптического окружения, параметров кинематики, динамики и энергетики вихрей на основе данных объективного анализа метеорологических измерений с высоким пространственно-временным разрешением. Результаты численного анализа и типизации спутниковых изображений облачного покрова над акваторией окраинных арктических и антарктических морей в видимом и инфракрасном диапазонах представлены в виде электронного каталога снимков.

Оценены параметры годового хода и межгодовых колебаний параметров полярных мезоциклонов над окраинными антарктическими мо-

рями. Статистические распределения полярных мезоциклонов по размерам сопоставлены с таковыми для тропических тайфунов. Сопоставление показало общность статистики морфометрических параметров тропических и полярных ураганов. Разработана диагностическая технология вычисления параметров динамики мезоциклонов, компонентов цикла преобразований энергии в атмосфере и ее взаимодействия с неоднородной подстилающей поверхностью. Типизация мезовихрей по форме и механизму образования, подтвержденная оценками взаимных преобразований энергии в период мезоциклогенеза и развития вихрей, позволяет выделить преобладающие причины формирования мезоциклонов над полярными океанами (конвективная неустойчивость) и оценить их пространственно-временную изменчивость.

Полярные мезоциклоны в приземном барическом поле иногда трудно отличить от небольших полярно-фронтовых циклонов. Однако такое различие легко устанавливается по форме облачных вихрей полярных мезоциклонов, которые имеют все признаки мезомасштабного вихревого образования, существенно отличающиеся от полярно-фронтовых облачных структур. Также характерной чертой полярных мезоциклонов является короткий срок существования сравнительно с полярно-фронтовыми циклонами, что связано со значительными энергозатратами при их перемещении в высоких широтах. Полученные результаты могут быть использованы также для верификации региональных моделей прогноза погодных условий, изучения механизмов формирования мезоциклонов и их взаимодействия с синоптическим окружением и подстилающей поверхностью в полярных районах.

*А.А.Лайба, Д.М.Воробьев, Н.А.Гонжуров, Ю.В.Толюнас  
ПМГРЭ*

## **ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОАЗИСА ШИРМАХЕРА В 47-й РАЭ**

Горный оазис Ширмахера расположен в центральной части Земли Королевы Мод (Восточная Антарктида) и составляет, вместе с примыкающими нунатаками, наиболее северный обнаженный район в обширной горной цепи, протягивающейся через весь регион. Координаты центра оазиса: 70°45'31,5" ю.ш., 11°40'20,6" в.д. Оазис представляет собой холмистую полосу горных выходов, протягивающуюся в широтном направлении на 20 км при максимальной ширине 4 км и общей площадью около 30 км<sup>2</sup>. Абсолютные высоты поверхности варьируют от 50 до 228 м.

Основные задачи исследований: доизучение геологического строения оазиса и увязка геологических схем, составленных по результатам предыдущих исследований как отечественных, так и зарубежных; составление качественно новой геологической карты оазиса масштаба 1:25 000.



Докембрийские метаморфические породы, целиком слагающие оазис Ширмахера, были отнесены на начальном этапе исследований (4–7, 37-й САЭ) к архейско-протерозойскому Гумбольдскому комплексу. Последние по времени значительные геологические исследования в этом районе осуществили немецкие геологи в 1992/93 г. По их данным метаморфиты оазиса Ширмахера составляют часть обширного протерозойского супракрустального комплекса, слагающего также и примыкающий с юга горный массив Вольтат.

В ходе полевых работ 47-й РАЭ комплекс метаморфических пород оазиса Ширмахера был предварительно разделен на две серии: относительно раннюю – метаосадочную и относительно позднюю – метаинтрузивную, которые, в свою очередь, расчленены на ряд толщ и вещественных групп. Метаосадочная серия включает толщи биотит-гранатовых и гранат-биотитовых гнейсов (Западную и Восточную), Контрастную толщю, содержащую наряду с биотит-гранатовыми гнейсами прослой карбонатных пород, и высокоглиноземистую толщю биотит-силлиманит-гранатовых Бурых гнейсов. В качестве самостоятельной толщи выделены высокоглиноземистые силлиманитсодержащие парагнейсы горы Аэродромной. Немецкие специалисты отнесли парагнейсы горы Аэродромной в так называемый «комплекс Нунатаков», однако в ходе полевых исследований 47-й РАЭ существенных различий в структурном положении, вещественном составе и метаморфических преобразованиях между парагнейсовыми толщами горы Аэродромной и оазиса Ширмахера не обнаружено. Общая мощность метаосадочной серии оценивается в 1300 м, а с включением толщи горы Аэродромной достигает 1900 м. Метаинтрузивная серия состоит из трех вещественных групп (от ранних к поздним): амфибол-биотитовых ортогнейсов и ортоплагиогнейсов (Серые гнейсы), мафических пироксен-амфибол-плагиоклазовых кристаллосланцев (Метабазиты) и амфибол-биотитовых ортогнейсов (Очковые гнейсы).

В целом метаосадочная серия занимает примерно 60–65 % площади оазиса, а метаинтрузивная серия – 35–40 %. Несмотря на значительные складчатые деформации, общее залегание всех толщ – субширотное с падением на юг под относительно небольшими (20–50°) углами. Наиболее значительные метаморфические преобразования протекали в условиях амфиболитовой фации мигматитовой ступени, что подтверждается преобладающими гранат-амфиболовыми (плюс силлиманит) парагенезисами и значительной мигматизацией пород, проявленной во всех толщах, но особенно интенсивно в парагнейсовых. Судя по некоторым косвенным данным, амфиболитовый метаморфизм протекал в две стадии: мигматитовую и постмигматитовую, возрастной период тектоно-термальных преобразований соответствует, по-видимому, пан-африканской активизации (500–450 млн. лет). Наиболее ранний гранулитовый метаморфизм гренвильской эпохи (около 1000 млн. лет) обнаруживается по наличию

чарнокитоидных пород и присутствию реликтового прироксена в пара- и ортогнейсах.

Комплекс прорывающих интрузивных и жильных пород весьма разнообразен как по возрасту, так и по составу. По результатам работ 47-й РАЭ выделено 14 вещественно-возрастных групп. Наиболее древние, по-видимому, позднепротерозойские, образования испытали наложенный метаморфизм, однако в меньшей степени, чем вмещающие толщи. К таковым относятся пластовые и пологосекущие тела метабазитов, аляскитовых метагранитов, дайки метадiorитов и метадолеритов, тела метаморфизованных габбро-норитов и биотитовых гранитов. Постметаморфическая (или связанная с завершающей стадией метаморфических процессов) раннепалеозойская (?) эпоха гранитообразования выражена в формировании трех вещественных серий пегматитов (турмалинсодержащих, гранатсодержащих и слюдяных), даек диоритов и пегматоидных гранитов. Самостоятельную фазу глубинного магматизма представляют дайки и мелкие тела щелочных лампрофиров силурийского (по устному сообщению индийских геологов) возраста. Наиболее молодые интрузивные образования представлены жилами свежих палеозойских (?) гранитов и мезозойских долеритов.

В современном структурном плане оазис Ширмахера отчетливо разделяется на три блока – восточный, центральный и западный, имеющие свои геоморфологические, структурные и вещественные особенности. Породы оазиса были подвергнуты 4 крупным этапам пластичных и хрупких деформаций. Складчатые деформации представлены структурами трех порядков, которые были сформированы не менее чем в два этапа. На раннем этапе, коррелируемом с мигматитовой ступенью амфиболитового метаморфизма, была сформирована относительно мелкая внутрипластовая и межпластовая изоклиальная складчатость, наиболее отчетливо проявленная в мигматизированных гнейсах и мраморах Контрастной толщи. Поздние пластические деформации имели место, по-видимому, в завершающую стадию амфиболитового метаморфизма и привели к образованию открытых складок средних и крупных размеров (с амплитудами от сотен м до первых км). Дизъюнктивные деформации представлены многочисленными зонами бластомилонитов (милонитов) и тремя хорошо выраженными системами разломов относительно древнего заложения, по которым периодически осуществлялись малоамплитудные сдвиговые (сбросовые) движения и внедрения многочисленных тел жильного комплекса.

*Благодарности.* Авторы благодарят коллектив станции Новолазаревская во главе с начальником А.П.Коваленко, оказавшие неоценимую поддержку помощь в организации и проведении полевых работ. Авторы выражают также благодарность Е.В.Михальскому за консультации и предоставленные графические материалы, отражающие результаты отечественных и зарубежных исследований предыдущих лет.

Г.Л.Лейченко<sup>1</sup>, Г.Э.Грикуров<sup>1</sup>, Е.Н.Каменев<sup>1</sup>, Е.В.Михальский<sup>1</sup>,  
А.В.Гольинский<sup>1</sup>, В.Н.Масолов<sup>2</sup>, Г.А.Кудрявцев<sup>2</sup>,  
В.В.Гандюхин<sup>2</sup>, Ю.Б.Гусева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ВНИИОкеангеология, <sup>2</sup> ПМГРЭ

## **РОССИЙСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЛИТОСФЕРЫ: ДОСТИЖЕНИЯ, НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ**

Отечественные геолого-геофизические исследования начались в Антарктике с первой КАЭ (1956 г.) и с тех пор систематически проводились Министерством геологии СССР (в настоящее время Министерство природных ресурсов РФ) в составе Советских (ныне Российских) антарктических экспедиций с целью выявления фундаментальных закономерностей строения и эволюции литосферы Южной полярной области Земли. Исследования традиционно осуществляются по трем основным направлениям: геолого-геофизические работы в горных районах Антарктиды, геолого-геофизические работы в окраинных морях Антарктики и внутриконтинентальные геофизические работы.

В результате многолетней экспедиционной деятельности большего коллектива специалистов организаций МПР России (ФГУ НПП ПМГРЭ и ВНИИОкеангеология) накоплен обширный геолого-геофизический материал. Исследования в горных районах в разные годы включали геологические наблюдения, сейсмические зондирования, аэромагнитную и радиолокационную съемку. Основу морских исследований составляло многоканальное сеймопрофилирование, которое сопровождалось гравимагнитными измерениями и сейсмондированием МПВ. Внутриконтинентальные исследования обширных, полностью перекрытых льдом территорий, проводились при помощи специально оборудованного самолета ИЛ-18 («летающая лаборатория») с применением целого комплекса аэрогеофизических методов. В результате проведенных работ: на континенте закартирована большая часть обнаженных районов; в морях Антарктики выполнено около 50 000 км многоканальных сейсмических и гравимагнитных наблюдений; в Антарктиде и на прилегающих шельфах проведены аэрогеофизические съемки различных масштабов на площади около 5 млн. км<sup>2</sup> с общей протяженностью профилей более 450 000 км.

Реализация геологических проектов подпрограмм «Изучение и исследование Антарктики» и «Исследование природы Мирового океана», ФЦП «Мировой океан» позволили существенно улучшить наши знания о строении и эволюции антарктической литосферы. На первом этапе (1999–2002 гг.) исследований удалось провести инвентаризацию огромного массива геолого-геофизических данных, накопленных организациями Мингео СССР и МПР России за многие годы работ, организовать хранение камня материала по горным районам Антарктиды, выполнить оцифровку аналоговых магнитометрических,

радиолокационных и гравиметрических наблюдений, установить современный комплекс обработки геофизической информации и создать расширенные банки данных в международных форматах по всем видам работ, составить кадастры рудопроявлений в горных районах Антарктиды, провести комплексную интерпретацию геолого-геофизических данных. Благодаря успешному решению задач, поставленных в ФЦП, появилась возможность принять полноценное участие в важнейших международных проектах и, получив доступ к зарубежным материалам, построить сводные карты подледного рельефа, аномалий магнитного поля и аномалий поля силы тяжести Антарктики, которые во многом расширили наши представления о геологической структуре этого региона планеты. В рамках существующих геологических проектов проведены современные аналитические (изотопно-геохронологические, геохимические и др.) исследования горных пород, что в совокупности с результатами аналогичных исследований других стран, позволило реконструировать древние (докембрийские) геодинамические обстановки земной коры Антарктиды и создать оригинальную концепцию ее развития. На основе всей имеющейся геолого-геофизической информации выполнено тектоническое районирование южной полярной области Земли, составлен новый комплект мелко- и средне-масштабных карт геологического содержания (геологическая карта; тектоническая карта, карта метаморфических фаций, карта металлогенической зональности докембрия и др.), изучено строение и геологическая эволюция осадочных бассейнов Южного океана, произведена оценка минерально-сырьевого потенциала материка и его континентальной окраины, выявлены главные проявления твердых полезных ископаемых и перспективы нефтегазоносности окраинных морей.

Несмотря на разрозненность и малые размеры надледных выходов коренных пород даже в относительно обнаженных горных районах Антарктиды, в них обнаружено множество проявлений рудных и нерудных полезных ископаемых, что позволяет с уверенностью прогнозировать наличие в недрах Антарктиды разнообразных видов минерального сырья. Крупнейшие из известных в Антарктиде проявлений полезных ископаемых представлены каменными углями в Трансантарктических горах и в горах Принс-Чарльз (общие запасы – 150 млрд. тонн и 7–8 млрд. тонн, соответственно) и железистыми кварцитами в горах Принс-Чарльз (ресурсы железа оцениваются в 5–10 млрд. тонн). С прогнознo-металлогенических позиций наиболее показательны многочисленные проявления меди в мезозойско-кайнозойских магматических породах Антарктического полуострова (максимальные содержания металлов в пробах: медь – 1,0–2,0 %; свинец – 0,7–1,5 %; цинк – 2,0–5,6%; золото – 0,15–0,20 г/т, серебро – 100–120 г/т). Перспективными в металлогеническом отношении геологическими объектами являются расслоенные интрузии габброидов, которые во многих районах мира продуцируют уникальные месторождения кобальта, никеля,

меди, хрома, ванадия, платиноидов. Оценка перспектив нефтегазоносности осадочных бассейнов континентальной окраины в настоящее время базируется в основном на общегеологических соображениях и аналогиях с другими гондванскими материками. С этих позиций наиболее обещающими представляются бассейны морей Уэдделла, Содружества и Росса, в которых сосредоточено около 80 % всего осадочного материала, накопленного на континентальной окраине Антарктиды. Прогнозные ресурсы углеводородов на открытом шельфе Антарктиды и в прилегающей глубоководной акватории по оценкам ВНИИОкеангеология составляют 36 млрд. т (в пересчете на нефть).

*Основные задачи дальнейших геолого-геофизических исследований определены в долгосрочной программе МПР «Изучение геологического строения и минерально-сырьевого потенциала Антарктики на 2001–2005 гг. и до 2010 г.» и подпрограммах ФЦП «Мировой океана», которые призваны обеспечить долговременные интересы нашего государства в сфере дальнейшего изучения литосферы Антарктики и его минерально-сырьевого потенциала.*

В.Я.Липенков<sup>1</sup>, В.А.Истомин<sup>2</sup>, А.В.Преображенская<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> ААНИИ, <sup>2</sup> ВНИИГАЗ

## ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОВОГО РЕЖИМА ПОДЛЕДНИКОВОГО ОЗЕРА ВОСТОК

Озеро Восток – крупнейший подледниковый водоем нашей планеты (площадь 14000 км<sup>2</sup>, глубина до 1200 м), представляющий собой уникальную водную экосистему, изолированную от атмосферы на протяжении нескольких миллионов лет. Верхняя часть 4-х километровой толщи антарктического ледника, покрывающего озеро, характеризуется обилием газовых пузырьков, которые, по мере роста давления с глубиной, трансформируются в кристаллические включения гидрата воздуха. В северной части озера наблюдается таяние ледникового льда, а на его южной окраине – намерзание воды на нижнюю поверхность ледника. Проведенные нами исследования ледяного керна из 3623-м скважины, пробуренной на станции Восток, показали, что концентрация воздуха в тающем ледниковом льду составляет примерно 113 мг л<sup>-1</sup> (86 мг N<sub>2</sub> л<sup>-1</sup> + 27 мг O<sub>2</sub> л<sup>-1</sup>), в то время как концентрация газов в намерзающем озерном льду равна ~ 1 мг л<sup>-1</sup>. Следовательно, происходит насыщение озерной воды атмосферными газами, поступающими в озеро через ледник в форме гидрата воздуха.

Расчеты показывают, что, если насыщение подледниковой воды газами в результате кругооборота воды в системе ледник-озеро продолжалось в течение ≥ 0,6 млн. лет, концентрации растворенных N<sub>2</sub> и

$O_2$  достигли своих пределов ( $2,25 \cdot 10^3$  мг  $N_2$  л<sup>-1</sup> и  $1,3 \cdot 10^3$  мг  $O_2$  л<sup>-1</sup>), соответствующих равновесной растворимости этих газов в присутствии гидрата воздуха. В этом случае, гидраты, вытесняющие из ледникового льда, не растворяются в подледниковой воде. Таким образом, концентрация растворенного в озере кислорода лежит в пределах от 27 до  $1,3 \cdot 10^3$  мг л<sup>-1</sup> и существенно превышает концентрацию  $O_2$  в воде при нормальных условиях. Представленные результаты имеют большое значение для интерпретации данных молекулярно-биологических исследований ледяного керна со станции Восток.

*В.Я.Липенков<sup>1</sup>, Л.М.Саватюгин<sup>1</sup>, С.А.Булат<sup>2</sup>, В.В.Лукин<sup>1</sup>,  
В.Н.Масолов<sup>3</sup>, Н.И.Васильев<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> ААНИИ, <sup>2</sup> ПИЯФ РАН, <sup>3</sup> ПМГРЭ, <sup>4</sup> СПГГИ

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАЛЕОКЛИМАТА И ПОДЛЕДНИКОВОГО ОЗЕРА ВОСТОК**

Керновое бурение глубокой скважины на станции Восток остановлено на отметке 3623 м, в 130 м от контакта ледника с подледниковым озером Восток. На глубине 3538 м скважина вошла в слои конгелационного льда, образовавшегося в результате замерзания воды озера на нижнюю поверхность ледника. Возраст атмосферного льда на контакте со льдом озера Восток достигает 2 млн. лет. Ненарушенный климатический сигнал в геохимических профилях, полученных по ледяному керну, прослеживается до глубины 3310 м (возраст льда 420 тыс. лет). Комплексные исследования этого участка разреза позволили в деталях реконструировать историю климата Антарктиды и атмосферы Земли на протяжении последних четырех ледниковых периодов и пяти межледниковий. В частности, была установлена тесная корреляция между колебаниями температуры воздуха в прошлом и концентрацией  $CO_2$  в атмосфере (коэффициент корреляции равен  $\sim 0,9$ ), которая указывает на связь климатических изменений с содержанием парниковых газов в атмосфере Земли. Время запаздывания начала увеличения концентрации  $CO_2$  по отношению к началу роста температуры составляло, по нашим данным, в среднем около 1 тыс. лет. Результаты измерения  $CO_2$  показывают, что концентрация углекислого газа в современной атмосфере ( $3,5 \cdot 10^{-4}$ ) является беспрецедентной за последние 420 тыс. лет. По результатам детальных исследований глубоких шурфов на станции Восток было установлено, что в течение последних 200 лет температура и скорость аккумуляции снега в этом районе Антарктиды испытывали циклические изменения с периодом около 50 лет, обусловленные вариациями циклонической активности в южном полушарии. В целом, полученные данные свидетельствуют об относительной стабильности климатических условий в Центральной Антарктиде на протяжении последних двух столетий.

Изучение подледникового озера Восток проводилось методами дистанционных геофизических исследований, а также путем лабораторных анализов ледяного керна, поднятого с глубины более 3538 м и представляющего собой замерзшую озерную воду. Общая протяженность маршрутов сейсмического зондирования и радиолокационного профилирования составила за отчетный период более 2500 км. В результате этих масштабных полевых операций было завершено картирование озера, определено положение его берегов, установлены мощности перекрывающего озеро льда (2400–4350 м), водного слоя (100–1200 м) и осадочного чехла на дне озера (до 300 м). В ходе работ в пределах озера была обнаружена глубоководная впадина, дно которой лежит на 1600 м ниже уровня моря. Анализ керна озерного льда позволил определить основные характеристики химического и газового состава воды озера Восток. Количественно оценены условия стабильности газовых гидратов и рассчитаны температуры на границе льда в различных частях озера. В ходе молекулярно-биологических исследований керна впервые удалось идентифицировать бактерии, представляющие истинную биоту подледникового водоема. Таким образом, положено начало созданию банка данных по микробному разнообразию озера Восток. Все три выделенных из льда вида относятся к термофильным хемолитоафототрофам. Данная находка существенно изменила представление о газовом составе, гидротермальном режиме и микробиоте придонной части озера Восток.

*В.В.Лукин  
АНИИ*

### **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В СИСТЕМЕ ДОГОВОРА ОБ АНТАРКТИКЕ**

Уже более 40 лет Договор об Антарктике является основным актом международного права по регулированию межгосударственных отношений и определению видов деятельности человечества в Южной полярной области. Договор позволил определить компромисс между странами имеющими территориальные претензии в Антарктике и государствами отвергающими подобное действие. Важнейшим аспектом Договора стал запрет на проведение любых военных мероприятий, а также использования или хранение отходов ядерного оружия. Основным видом деятельности в Антарктике признаны научные исследования, широко поддерживается принцип международного сотрудничества. Контроль за соблюдением Договора выполняется с помощью национальных или международных инспекций.

Основополагающими правилами выполнения протокола стали принципы «Консультативных Сторон» и «Консенсуса». Первый из них определяет возможность принятия любого решения, в структуре До-

говора, только тех Сторон, которые получили такой статус, как страна, имеющая постоянно действующую национальную антарктическую программу и активно присутствующая в Антарктике. Второй, означает возможность принятия решения всеми консультативными сторонами на основании общего согласия участников без проведения формального голосования, если против него не выступает ни один из участников данного форума. Указанные принципы дают возможность принимать согласованные решения только странам ведущим практическую деятельность в Антарктике.

Система Договора об Антарктике была образована другими актами международного права, принятыми в более позднее время:

- Конвенция по сохранению антарктических тюленей (1972 г.);
- Конвенция по сохранению морских живых ресурсов Антарктики (1982 г.);
- Протокол по охране окружающей среды к «Договору об Антарктике» (1991 г.).

Практическая деятельность Договора осуществляется на Консультативных совещаниях, которые, начиная с 1994 г., носят ежегодных характер. Все принятые на таких совещаниях Меры, Рекомендации, Резолюции и Решения являются неотъемлемой частью Договора.

На сентябрь 2002 г. к Договору об Антарктике присоединилось 45 государств, представляющих ведущие страны всех континентов и более 65 процентов населения планеты. 27 из этих стран имеют статус консультативных сторон.

Сложившаяся система деятельности Договора указывает на его развивающийся характер, когда в результате обсуждений принимаются новые решения, соответствующие духу времени и главным проблемам человечества в данном регионе. Это вовсе не означает отсутствия серьезных противоречий между сторонами Договора, которые могут быть устранены путем продолжительного переговорного процесса.

На сегодняшний день к таким вопросам относятся:

- организация постоянно действующего Секретариата Договора;
- принятия приложения VI «материальная ответственность» к протоколу по охране окружающей среды;
- вопрос о регулировании деятельности туристических и неправительственных организаций.

К перспективным проблемам обсуждения относятся вопросы возможных территориальных притязаний на антарктический шельф, которые никак не оговаривались в тексте Договора.

Заслуживает внимания вопросы возможного расширения состава участников Договора. Для определения новых Консультативных сторон следует учитывать масштабы практической деятельности современных «Неконсультативных» сторон Договора, среди новых участников Договора – научный потенциал государства, его политические интересы в Южной полярной области и экономическое состояние. В



этой связи особое внимание занимает позиция Малайзии, которая проявляет значительный интерес к антарктическим исследованиям, и в тоже время отказывается от вступления в Договор, считая его «закрытым клубом». В настоящее время ООН не разделяет подобный подход Малайзии и некоторых других стран, считая, что вопрос участия ООН в антарктических проблемах может возникать только при начале освоения невозобновляемых ресурсов данного региона.

*В.В.Лукин, В.Д.Клоков*  
ААНИИ

### **ПЕРСПЕКТИВНАЯ СХЕМА ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ РОССИЙСКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ**

За последние годы принят ряд постановлений Правительства РФ, направленных на совершенствование инфраструктуры и транспортного обеспечения работ Российской антарктической экспедиции (РАЭ). Начиная с 2001 года, Минэкономразвития России по заявкам Росгидромета ежегодно включает в федеральный бюджет статьи расходов в ФЦП «Мировой океан», которые идут на капитальные вложения в развитие инфраструктуры РАЭ. Поэтому действующая система финансирования позволяет планировать обновление всей структуры логистического обеспечения российских антарктических станций на перспективу.

Важнейшим мероприятием в этой сфере станет перенос главного транспортного узла РАЭ со станции Мирный на станцию Прогресс. В течение 2003–2007 гг. на Прогрессе будет построен новый зимовочный комплекс, состоящий из двух зданий : служебно-жилого дома и здания электростанции-мастерской по ремонту гусеничной техники. В состав комплекса также будет входить модернизированный склад ГСМ и вертолетная площадка. В 5 км от станции Прогресс на леднике будет построена снежно-ледовая ВПП для тяжелых колесных самолетов.

Планируется, что в ближайшие годы смена экспедиционных составов очередных экспедиций, доставка продовольствия и научного оборудования на все антарктические станции и сезонные базы будет осуществляться воздушным путем с использованием двух входных аэродромов : основного на Прогрессе и запасного на Новолазаревской, и малой авиации внутри материка. Доставка генгрузов и топлива на станции будет по-прежнему производиться НЭС «Академик Федоров». Снабженческие санно-гусеничные походы на Восток и другие походы внутри материка будут осуществляться с транспортной базы на Прогрессе.

## РЕФОРМИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССИИ В АНТАРКТИКЕ

Наша страна приступила к практической деятельности в Антарктике в 1955 г., когда в Южный полярный регион была направлена Первая Комплексная антарктическая экспедиция СССР под эгидой Академии наук СССР. Логистическая поддержка этой экспедиции осуществлялась Главсевморпутем Минморфлота СССР. До конца 60-х годов исследования, проводимые национальной экспедицией и научно-исследовательскими организациями страны носили в основном рекогносцировочный описательный характер, итогом которого стало издание Атласа Антарктики 1966 г.

Следующим этапом деятельности нашей страны в Антарктике (до конца 80-х начала 90-х гг.) стало практическое освоение антарктических ресурсов и, сопутствующих этому направлению исследований. В первую очередь это касалось геолого-геофизическому изучению антарктического континента и омывающих ее морей, с целью оценки минерагинии региона, поиска и разведки полезных ископаемых. Кроме того, введение во многих районах Мирового океана экономических рыбопромысловых зон, создало предпосылки для организации промышленной добычи морепродуктов в антарктических водах. Указанные обстоятельства привели к организации широкой сети постояннодействующих баз и сезонных станций в Антарктике, в районах имеющих стратегически важные в плане поиска полезных ископаемых районах Антарктики, а также проведения широкомасштабных океанографических исследований в Южном океане.

Резкое изменение политического и экономического устройства нашей страны во второй половине 80-х годов, а также подписание Протокола окружающей среды к Договору об Антарктике, вызвало необходимость реформирование отечественных исследований и работ в Антарктике.

В 1991 г. Указом Президента Российской Федерации основным органом Федеральной исполнительной власти страны, отвечающим за руководство и контроль деятельности Российской антарктической экспедиции был признан Росгидромет. До 1997 г. экспедиции проводились на основании ежегодных постановлений Правительства Российской Федерации, которые определяли источники финансирования ее деятельности. В 1998 г. для финансирования деятельности РАЭ в Федеральном бюджете страны была открыта отдельная статья расходов, это обстоятельство позволило не только стабилизировать ситуацию, но и обеспечить минимально-допустимый уровень присутствия России в Антарктике. Такое присутствие определяет выполнение современных государственных интересов в данном регионе, которые в широком смысле выражаются в:

- обеспечении вопросов национальной безопасности;
- организации экономического процветания страны;
- обеспечении международного престижа.

Научную основу присутствия России в Антарктике составляют выполнение требований основных положений подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» ФЦП «Мировой океан». Данная подпрограмма носит долгосрочный перспективный характер, и направлена на обеспечение не только фундаментальных и прикладных вопросов современной науки, но и на решение практических задач присутствия.

Важным элементом финансовой поддержки выполнения подпрограммы является финансирование ее инвестиционных разделов. Это дает возможность не только провести новое капитальное строительство объектов и сооружений экспедиционной инфраструктуры, но и повысить уровень материально-технического обеспечения работ и научных исследований.

В 1999 и 2001 гг. вопрос о деятельности РАЭ и мерах по обеспечению государственных российских интересов в Антарктике заслушивался на заседаниях Правительства Российской Федерации. Результатом данных обсуждений стал выход двух постановлений Правительства, которые подтвердили принцип минимально допустимых параметров деятельности РАЭ и наметили план мероприятий по их осуществлению на период до 2005 г. Результаты выполнения данного плана ежегодно докладываются в Правительства Российской Федерации.

Весьма существенным вопросом обеспечения деятельности РАЭ, который помог значительно повысить уровень социального обеспечения участников экспедиции, стало многократное повышение их заработной платы, введенное с 1 июля 2002 г. Проведенное за последние 10 лет реформирование деятельности РАЭ позволило не только сохранить экспедицию, но и обеспечить необходимый уровень государственных интересов в Антарктике.

*В.В.Масленников  
ВНИРО*

### **О РОЛИ КЛИМАТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ АНТАРКТИЧЕСКОГО КРИЛЯ (*EUPHAUSIA SUPERBA DANA*)**

Наличие климатических режимных сдвигов, периодов повышенного и пониженного атмосферного давления, теплых и холодных «эпох» – установленные характерные черты многолетних климатических колебаний в высокоширотных районах южного полушария. Каждый из выявленных временных отрезков отличается своим характером атмосферной циркуляции со всеми сопровождающими погодными и климатическими отклонениями от нормы. В свою очередь это отражается и на океанических характеристиках, на интенсивности течений, на теплосодержании вод и, в конечном счете, на биологической и промысловой продуктивности.

В качестве примера такого воздействия воспользуемся некоторыми биологическими данными, характеризующими состояние популяции *Euphausia superba* Dana (криль) — массового вида антарктического макропланктона, относящегося к эуфаузийному ракообразным. Его роль в антарктической экосистеме исключительно велика.

Особенности крупномасштабного и мезомасштабного распределения криля, пути и «магистрالی» массового дрейфа рачков с течениями дискутируются на основе современных знаний о горизонтальной циркуляции вод Антарктики, их пространственной структуре. Существование популяции криля (или отдельных ее субъединиц) поддерживается циклическим дрейфом в пределах крупномасштабных приматериковых циклонов. Роль динамики вод в процессе расселения и миграций криля несомненна. Этот же механизм обеспечивает и возможность задержек рачков в динамических системах разного масштаба, от мелких вихрей до крупномасштабных круговоротов, способствующих сохранению и поддержанию популяций собственными поколениями.

За счет развития круговорота Уэдделла в атлантическом секторе происходит максимальное распространение высокоширотных вод на север. Соответственно здесь расширяется и основа ареала криля. На других участках циркумполярного пояса распространение высокоширотных вод (и с ними криля) ограничено, по существу, материковым склоном с более или менее существенными отклонениями от него на север (например, в районах морей Содружества, Сомова и Беллинсгаузена). С такой асимметрией в распределении криля связаны и вероятные колебания в распределении и обилии криля в перечисленных районах поскольку каждый из них имеет свой режим межгодовых и долгопериодных колебаний поверхностной температуры воды (ТПО). Изменения в распределении рачков, естественно, связаны, прежде всего, с соответствующими колебаниями характера переноса масс в меридиональном направлении. Изменения меридионального переноса определяют разную возможность выноса криля на северную периферию основы ареала, в основные места нереста криля. В свою очередь количество рачков там определяет как условия промысла, так и условия для воспроизводства криля.

Холодные годы, т.е. годы усиления составляющей переноса масс в атмосфере и океане с юга на север, более благоприятны как для образования скоплений криля, так и для его воспроизводства в тех районах, где северная граница основы ареала криля наиболее удалена от материка, т.е. в западной части атлантического сектора. В годы, характеризующиеся повышенным тепловым фоном, т.е. усилением переноса с севера на юг, здесь происходят обратные процессы: ослабление выноса рачков с юга, уменьшение их количества в традиционных местах концентрации и нереста, и, следовательно, снижение урожайности.

В индоокеанском и частично в тихоокеанском секторах, где большая часть массовых скоплений криля приурочены к относительно узкому поясу, располагающемуся вдоль материкового склона, мери-

диональные смещения рачков не являются столь существенным фактором колебаний обилия. Там, по-видимому, значительно возрастает роль фактора теплового состояния водной массы, населенной крилем, т.е. непосредственного его воздействия на развитие рачков (особенно на ранних стадиях).

В работе предлагается вниманию обсуждение некоторых выявленных связей между климатическими колебаниями атмосферного давления на уровне моря, поверхностной температуры воды, распространения морского льда, индексов Антарктического и Южного Колебаний, Эль-Ниньо и колебаниями таких показателей, как PCR (per capita recruitment) – индекса пополнения криля в районе Ю.Шетландских островов (подрайон CCAMLR 48.1), вылова криля в различных статистических подрайонах, распространения морского льда, продолжительности ходок антарктического тюленя на откорм, выживаемости пингвинов папуа в районе о-ва Ю. Георгия (48.3). Рассматриваются особенности межгодовой изменчивости распределения криля в восточной части тихоокеанского сектора (район 88), севернее моря Беллинсгаузена, связанной с колебаниями индексов ААК и ЮК.

*В.Н.Масолов<sup>1</sup>, С.В.Попов<sup>1</sup>, А.Н.Шереметьев<sup>1</sup>, А.М.Попков<sup>1</sup>,  
Г.А.Кудрявцев<sup>1</sup>, В.В.Лукин<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> ПМГРЭ, <sup>2</sup>ААНИИ*

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВОГО ЭТАПА ИССЛЕДОВАНИЙ ПОДЛЕДНИКОВОГО ОЗЕРА ВОСТОК НАЗЕМНЫМИ ДИСТАНЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ**

Подледниковое озеро Восток, расположенное к северо-западу от российской внутриконтинентальной станции Восток, на сегодняшний день является одним из интереснейших природных объектов нашей планеты. Согласно результатам исследований авторов, оно имеет размеры приблизительно 300×70 км.

Уникальность этой структуры Антарктики и ее фундаментальная важность для ряда научных задач выдвинули необходимость проведения комплекса геофизических исследований. В течение полевых сезонов 41–47-й РАЭ (1995–2002 гг.) ПМГРЭ и РАЭ инициировали и выполнили научную программу, которая включала сейсмические зондирования методом отраженных волн (МОВ), радиолокационное профилирование (РЛП) и вертикальное сейсмическое профилирование на скважине 5G-1. Ее целью являлось определение мощностей ледникового покрова, водного и осадочного слоев подледникового озера Восток, а также картирование его береговой черты и изучение морфологии его дна и бортов.

Для проведения исследований была создана уникальная радиолокационная аппаратура с цифровой регистрацией. С целью решения

поставленных задач в ПМГРЭ была разработана принципиально новая методика выполнения сейсмических зондирований и радиолокационного профилирования, позволившая оперативно выполнять сейсмические работы с поверхности ледника. Радиолокационное профилирование осуществлялось по методике «управляемого эксперимента», позволившая оперативно изменять положение маршрутов, в зависимости от конфигурации береговой черты озера. В результате работ было получено большое количество данных по мощности ледникового покрова, акустической и радиоволновой стратификации ледника, батиметрии озера, рельефе дна и осадочном чехле. Было выполнено около 200 сейсмозондирований и более 2050 км радиолокационных профилей. Одним из важнейших результатов работ стало определение мощности ледника от забоя скважины 5G-1 до зеркала подледникового озера. Оно составило 130 м.

До последнего времени положение береговой черты озера было определено на основе анализа данных спутниковой альтиметрии. После проведения специальных высокоточных картировочных работ она была уточнена. Согласно полученным материалам, восточный берег подледникового озера Восток выдержан в субмеридиональном направлении вдоль  $107^\circ$  в. д. на расстоянии более чем 70 км. Западный берег сильно изрезан. В его юго-западной части имеется бухта округлой формы, вдающаяся в сушу на расстояние около 10 км. В северо-западной части, на расстоянии около 170 км от станции Восток, расположена система бухт и мысов. Самый южный из них, субмеридионально вытянут приблизительно по  $104^\circ 20'$  в. д. и вдающийся в озеро на расстояние около 15 км при ширине около 7 км. В северо-западной части расположена бухта округлой формы, вдающаяся в сушу на расстояние около 20 км. Еще севернее расположен полуостров L-образной формы с размерами около  $30 \times 15$  км. Южный берег осложнен небольшой бухтой и мысом, вдающимся в озеро на расстояние около 6 км. Северный берег имеет округлую форму.

Мощность ледникового покрова исследованной территории изменяется от 2400 (берег) до 4350 м (над озером). В генеральном плане она увеличивается с юга на север, и с запада на восток. По полученным данным максимальные размеры подледной озерной депрессии составляют  $300 \times 90$  км, водное зеркало располагается на высотах от  $-700$  до  $-200$  м относительно уровня моря и имеет площадь около 15 тыс. км<sup>2</sup>. Оно представляет собой наклонную поверхность, осложненную мелкими формами, вызванными, вероятно, как процессами намерзания-таяния, так и унаследованными формами рельефа.

Как показали радиолокационные исследования, в южной части озера Восток расположена низменная равнина с глубинами около  $-200$  м, непосредственно примыкающая к озеру. По характеру отражений можно предположить наличие небольших по размерам впадин, заполненных водой.

Ледниковый покров стратифицирован. На радиолокационных записях наблюдаются многочисленные слои, коррелирующие с положением нижней кромки ледника. В южной и центральной частях исследованной территории наблюдаются отражения повышенной интенсивности на глубинах приблизительно от 1000 до 1200 м.

Согласно материалам МОВ, озеро Восток подразделяется на глубоководную часть, расположенную в южной его части и мелководную. Глубоководная озерная котловина расположена в районе станции и в непосредственной близости от нее. К западу и к северу от нее, на расстоянии приблизительно в 112 км располагается мелководье. Наибольшая толщина водного слоя приурочена к юго-западной части озера с максимальными значениями около 1100–1190 м. Мелководье характеризуется толщинами 60–360 м, равномерно выклиниваясь в северном направлении.

Одна из задач исследования озера состояла в изучении его осадочного чехла. Имеющиеся материалы МОВ не дают на сегодняшний день уверенных количественных оценок ввиду неоднозначной интерпретации волновых полей.

И.А.Мельников  
ИО РАН

### **ЭКОСИСТЕМЫ МОРСКИХ ЛЬДОВ АНТАРКТИКИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ**

На примере материалов, собранных в прибрежной зоне континентальной станции им. Г.Арцтовского в 1987/88 г., и на ледовой станции «Уэдделл-1», дрейфовавшей в западной части моря Уэдделла в 1992 г., проведен сравнительный анализ видового состава, структуры и динамики экосистем морских льдов пелагиали и шельфа Антарктики. Показано, что органическая продукция, создаваемая ледовыми водорослями в зоне морских антарктических льдов в зимний период, рассматривается как мощный дополнительный источник энергии в общей биологической продукции Южного океана, поверхность которого более чем на 80 % занята сезонными морскими льдами. В этой связи, важно знать вклад различных типов льдов в общую продукцию экосистем пелагиали и прибрежной зоны. Целью настоящей работы является определение этого вклада (в величинах концентрации *хлорофилла а* и взвешенного органического углерода) на примере двух разных природных систем: (1) западной части моря Уэдделла, где доминируют одно- и двухлетние льды и (2) прибрежной зоны в районе Адмиральского залива о-ва Кинг-Джордж, где присутствуют все виды прибрежных льдов. Показано, что во льдах пелагиали величины концентрации *хлорофилла а* изменяются в пределах 20–50  $\mu\text{g/l}$ , а в прибрежной зоне в пределах 1500–1800  $\mu\text{g/l}$ , соответственно, что говорит о высокой ин-

тенсивности процессов в зимний период в зоне морских льдов Антарктики. В обоих случаях, доля органического углерода и хлорофилла а во льду на несколько порядков превышала их содержание в воде подо льдом. В этот период, как живой, так и мертвый органический материал выпадает изо льда в воду, что является источником пищи для беспозвоночных животных, биотопически связанных со льдом, таких, как copeподы, криль и молодь рыб. Полученные результаты показывают, что органическая продукция ледовых водорослей, фотосинтезирующих зимой, является мощным фактором, который должен учитываться в биологических моделях, описывающих морскую экосистему Антарктики.

*А.В.Неелов, И.С.Смирнов  
ЗИН РАН*

### **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ АНТАРКТИЧЕСКИХ ЭКОСИСТЕМ**

В период осуществления первого этапа Проекта 16 «Проведение комплексного изучения антарктической биоты» (1999–2002 гг.) фундаментальными исследованиями были охвачены практически все морские и большинство наземных экосистем Антарктики. Правда, непосредственные полевые отечественные исследования в этот период или полностью отсутствовали, или были весьма ограниченными. В реализации Проекта участвовали сотрудники 8 научных институтов РАН, Росгидромета, Роскомрыболовства и СПбГУ.

Как и ранее, исследованиями были охвачены пелагические экосистемы Южного океана, изучали их таксономическую структуру и количественное распределение основных составляющих групп организмов: фито- и зоопланктона, криля, сальпы, нектона — кальмаров и рыб, при этом выявлено, что в количественном отношении доминирующее положение занимает зоопланктон — 52 %, второе место — сальпы — 31 %, и лишь треть — криль — 17 % (*Н.Воронина и соавторы, ИОРАН*). Особое внимание было уделено изучению донных сообществ моря Уэдделла, преимущественно по материалам экспедиций немецкого ледокола «Полярштерн», в двух рейсах которого принимали участие российские биологи, а обработка собранных материалов — коллекции беспозвоночных и рыб в основном проведена отечественными специалистами. В результате данного исследования донная фауна этого до сих пор бывшего плохо изученным района Антарктики, в силу его труднодоступности для натурных работ, стала теперь наиболее исследованной в фаунистическом отношении: вместо 432 видов животных известных здесь ранее выявлено 1245 видов, т.е. показатель биоразнообразия этого наиболее высокоширотного приконтинентального моря Южного океана оказался в три раза более высоким и сравним с таковым показателем арктических морей (*Б.Сиренко и соавторы, ЗИН РАН*).



Выявлена и описана уникальная фауна вторичноантарктических, тихоокеанских по происхождению, глубоководных липаровых рыб (сем. *Liparidae*), видовое разнообразие которых превышает таковое автохтонных антарктических нототениевых рыб; ныне известно 105 видов 8 родов, из которых 67 видов и 4 рода описаны отечественными ихтиологами (*А.Андряшев и соавторы, ЗИН РАН*). Кроме того, проведены серьезные таксономические, морфологические и экологические исследования практически по всем группам беспозвоночных и рыбам Южного океана и региональные фаунистические исследования (*ЗИН РАН, ИОРАН, АтлантНИРО*); экологические исследования по летающим птицам, пингвинам и морским млекопитающим, в частности, выявлены новые гнездовые колонии пингвинов и особенности распределения птиц и некоторых видов тюленей в различных секторах Антарктики (*М.Гаврило и соавторы, АНИИ*).

Были исследованы вопросы репродуктивной стратегии и адаптивного значения видовых особенностей размножения у некоторых представителей антарктических донных беспозвоночных (мшанки), рыб и кальмаров (*СПбГУ, АтлантНИРО, ЗИН РАН*).

Осуществлены после длительного перерыва (в 2000 и 2002 гг.) натурные исследования состояния основных видов биоресурсов антарктических вод - криля и рыб (щуковидной белокровки и патагонского клыкача) в Атлантическом секторе Антарктики и дана вероятная оценка их современного промыслового запаса и величины возможного безущербного изъятия промыслом; отмечено очень медленное восстановление после катастрофического разгрома в 60–70-е годы численности мраморной нототении (*АтлантНИРО и ВНИРО*).

Проводилось изучение лишайников, собранных для лихенометрического обследования нунатаков и скальных обнажений на ледниках Долк и Эймери в Восточной Антарктиде.

Исследование показало, что возраст нижних площадок нунатаков, расположенных на высотах 65–80 м составляет около 300–350 лет. Лишайники среднего яруса нунатаков (70–90 м) на 200 лет древнее. Площадки, расположенные на вершине одного из нунатаков в краевой части ледника Эймери (высота 90–120 м), обнажились около 900 лет назад. Наиболее древняя из датированных поверхностей находится в 800 м от современного борта ледника Долк и, возможно, представляет собой остатки его береговой морены. Минимальный возраст этой поверхности – 1200 лет назад. Данные о возрасте разных высотных зон нунатаков и склонов долин ледников Долк и Эймери, полученные с помощью лихенометрии, в целом согласуются с результатами геоморфологических и изотопно-кислородных исследований в Восточной Антарктиде (*М.Андреев, БИН РАН*).

Проведено исследование (по литературным данным) современного состояния изученности натурной природной микробиоты Антарктики и составлен подробный критический обзор с анализом проведен-

ных исследований микробиоты наземных пресноводных и прибрежных морских экосистем с полной библиографией по вопросу (*Е. Чеботарев, ИОЗ РАН*).

Продолжалось детальное изучение состояния привнесенной — вторичной микрофлоры в природные экосистемы Антарктиды, в особенности вблизи научных станций, и степени адаптационных возможностей различных групп привнесенных микроорганизмов к крайне суровым условиям высокоширотной Антарктики (*Ш. Тешебаев и соавторы, ААНИИ*).

В соответствие с международными программами были выявлены и выделены Участки особого научного интереса, в частности, в районе обсерватории Мирный — «Острова Хасуэлла», где расположены гнездовья 7 видов птиц и залежки тюленя Уэдделла, и сделано подробное описание этого района (*М. Гаврило и соавторы, ААНИИ*).

Таким образом, несмотря на практически полное отсутствие собственных отечественных натуральных биологических работ в Антарктике в течение более 10 лет (с 1991 г.), российскими биологами проведены исключительны плодотворные и разносторонние действенные исследования в Антарктике, подтверждающие их лидирующее международное положение в мировой биологической науке по изучению южнополярной области Земли, что имеет важное геополитическое значение для России при отстаивании ее интересов в Антарктике.

*И.А. Неелов, А.В. Клепиков  
ААНИИ*

### **МОДЕЛЬ СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЦИРКУЛЯЦИИ ЮЖНОГО ОКЕАНА**

Модель основана на полных уравнениях движения вязкой несжимаемой жидкости в приближениях Буссинеска и гидростатики, уравнениях переноса тепла и соли и уравнения состояния морской воды в форме ЮНЕСКО. На поверхности океана задается кинематическое условие и решается prognostическое уравнение для свободной поверхности. Также на поверхности задаются потоки тепла (турбулентной и латентный), поток влаги (осадки минус испарение), поток импульса и коротковолновая и длинноволновая радиация. При постановке граничных условий учтены процессы ледообразования и таяния. На дне и на твердых горизонтальных границах задаются соответственно компоненты вектора касательного напряжения трения и условие непротекания со скольжением. Для уравнений переноса тепла и соли на твердых границах ставятся условия тепло-солеизоляции.

Для параметризации вертикального турбулентного обмена используется так называемая В-Л модель, т.е. решается уравнение бюджета турбулентной энергии с привлечением гипотезы Колмогорова, а масштаб турбулентности определяется по известной формуле Вольцин-

гера — Монтгомери с поправкой на стратификацию жидкости. Для расчета эволюции ледяного покрова используется термодинамическая модель с вязкопластической реологией Хиблера. При численных расчетах область интегрирования разбивается по вертикали на слои фиксированной толщины, переменную толщину имеют верхний и придонный слои, ограниченные соответственно свободной поверхностью и дном. Уравнения модели, записанные в конечно-разностном виде, интегрируются в пределах каждого из слоев с учетом граничных условий на поверхности и на дне. Задача решается с шагом  $2^\circ$  по долготе и  $1/3^\circ$  по широте и временным шагом 3 часа. В качестве начальных полей температуры и солености в модели задавались климатические значения температуры и солености из российско-германского атласа океанографии Южного океана. В качестве метеорологического обеспечения модели использовались ежедневные поля метеоэлементов из массива NCEP/NCAR за период 1948–2000 гг. Результаты моделирования сравниваются с данными наблюдений.

И.А.Полищук, А.В.Зимин  
АтлантНИРО

### **ХАРАКТЕР ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ МЕТЕОРОПРОЦЕССОВ В ПРОМЫСЛОВЫХ РАЙОНАХ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ АТЛАНТИКИ**

Одним из важнейших компонентов экосистемы Антарктическую часть Атлантики (АЧА) является антарктический криль (*E. superba Dana*). Его наличие или отсутствие в конкретном районе определяет состояние популяций других живых организмов (рыб, морских птиц и млекопитающих). Криль расселен практически по всей акватории АЧА, но поскольку он является относительно пассивным мигрантом, его количественное распределение, в значительной степени, определяется динамическим режимом деятельного слоя океана. Наиболее благоприятные условия для образования скоплений криля складываются, как правило, в системах локальных круговоротов на островных шельфах. Активность процессов образования вихрей и соответственно концентрации криля зависит от интенсивности атмосферных процессов.

В этой связи, определение параметров изменчивости атмосферных процессов имеет большое практическое значение, не только для оценки климатических тенденций, но и для разработки экологических основ для диагноза и прогноза будущего состояния популяций и экосистем.

В представляемом докладе описываются результаты проведенных исследований по определению скрытых периодичностей и общих тенденций межгодовой изменчивости зональных и меридиональных переносов и теплового режима атмосферы в промысловых районах островных шельфов (Ю. Оркнейские и Ю. Шетландские острова, остров Ю. Георгия).

Результаты данной работы послужили основой для разработки промысловых прогнозов в АЧА.

*В.Н.Помелов  
ААНИИ*

### **ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РАЭ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АНТАРКТИКИ**

После вступления в силу в 1998 г. Протокола по охране окружающей среды к Договору об Антарктике вся деятельность в Антарктике, включая национальные научные программы и частные экспедиции, находится под пристальным вниманием международного сообщества.

РАЭ осуществляет свою деятельность в рамках российского законодательства по Антарктике в соответствии с подпрограммой «Изучение и исследование Антарктики» ФЦП «Мировой океан».

Перед РАЭ в области охраны окружающей поставлены следующие задачи:

- подготовка персонала, отправляющегося в экспедицию;
- организация удаления текущих отходов и отходов прошлой деятельности;
- организация безаварийного хранения нефтепродуктов и мероприятий на случай их разливов;
- проведение оценки воздействия своей деятельности на окружающую среду и природоохранный мониторинг.

В настоящее время работа ведется по всем представленным направлениям.

В рамках инвестиционных проектов изготовлено современное оборудование по утилизации отходов — установка обработки сточных вод для станции Прогресс и мобильные инсинераторы для станций Прогресс и Новолазаревская.

В плане на 2003 г. — разработка технологии удаления жидких стоков на станции Новолазаревская и изготовление мобильного комплекса для работ по извлечению отходов из льда.

*С.В.Попов<sup>1</sup>, В.Н.Масолов<sup>1</sup>, В.В.Лукин<sup>2</sup>, А.Н.Шереметьев<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>ПМГРЭ, <sup>2</sup>ААНИИ*

### **ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЧАСТЬ ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИДЫ: КОРЕННОЙ РЕЛЬЕФ И ПОДЛЕДНИКОВЫЕ ОЗЕРА**

В течение летних полевых сезонов 33–35-й САЭ (1987–1991 гг.) сотрудники антарктической партии ПМГРЭ выполнили комплексную аэрогеофизическую съемку в секторе 15–90° в.д. от береговой черты до 83° ю.ш. Работы выполнялись по сети маршрутов преимуществен-

но субмеридионального простираения с межмаршрутным расстоянием 50–100 км. В состав геофизического комплекса входили магнитометрические и гравиметрические наблюдения и радиолокационное профилирование. Съемка проводилась на летающей лаборатории, созданной на базе самолета Ил-18Д. Исследования были выполнены на площади около 2,4 млн. км<sup>2</sup>.

Основными результатами радиолокационных исследований было определение мощности ледникового покрова и высот коренного рельефа огромной по масштабам территории, исследованной до того времени только малочисленными санно-тракторными походами.

Согласно полученным данным, мощность ледникового покрова района изменяется от первых десятков метров (нунатаки в прибрежных частях и оазисы) до более 4000 м в центральной части. Средняя мощность ледника на этой территории составляет 2500–3000 м.

Коренной рельеф описываемой территории, в генеральном плане, представляет собой всхолмленную равнину с преимущественными высотами –100÷100 м, осложненную системами горных хребтов и впадин, главным образом, субмеридионального простираения. В восточной части расположена долина Ламберта с глубинами около –2200 м, переходящая в долину МГГ с глубинами ниже –1000 м. Их окаймляют с юга горы Гамбурцева с высотами около 2300 м, с запада – горы Принс-Чарльз с высотами более 1500 м, с востока – горы Гров, высотой около 2000 м, в северной части расположены горы Нейпир с высотами более 1600 м и горы Скотта приблизительно такой же высоты, образующие единый массив.

В процессе дальнейшей обработки профильных радиолокационных материалов, полученных в течение летних полевых сезонов 33–35-й САЭ (1987–1991 гг.), в рамках международного проекта по изучению подледного рельефа Антарктиды BEDMAP, были выявлены участки с субгоризонтальным залеганием ложа ледника и повышенным коэффициентом отражения. Их можно интерпретировать как фрагменты подледниковых озер. Территориально они расположены приблизительно в радиусе 800–1000 км от купола Фуджи. Убедительности этому утверждению придает тот факт, что, выявленные участки расположены в зоне положительных значений предельной мощности ледника. Это означает, что упомянутые объекты перекрыты ледниковым покровом, мощность которого превосходит необходимую, для возникновения донного таяния. Таким образом, отрицательные структуры могут быть заполнены талой водой и превращены в подледниковые озера.

Следует отметить, что подобные объекты были уже найдены и описаны в Антарктиде, как отечественными, так и зарубежными учеными. Относительно небольшие по размерам подледниковые озера (не более нескольких сотен кв. км.) имеются в районе куполов Геркулес, Титан, Талос, Конкордия, В, в районе станции Комсомольская. Самым большим по размерам является подледниковое озеро Восток.

С.В.Попов<sup>1</sup>, В.Я.Липенков<sup>2</sup>, Д.В.Мандрикова<sup>1</sup>, А.Н.Шереметьев<sup>1</sup>,  
В.Н.Масолов<sup>1</sup>, В.В.Лукин<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>ПМГРЭ, <sup>2</sup> ААНИИ

## СТРАТИФИКАЦИЯ ЛЕДНИКОВОГО ПОКРОВА В РАЙОНЕ ПОДЛЕДНИКОВОГО ОЗЕРА ВОСТОК ПО РАДИОЛОКАЦИОННЫМ ДАННЫМ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИЗОХРОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Геофизические данные свидетельствуют, что ледниковый покров Антарктиды стратифицирован. Публикации (Millar, 1981, 1982 и др.) и проведенные исследования свидетельствуют, что выделяемые по радиолокационным записям отражающие границы прослеживаются и по данным вещественного состава ледяного керна. Их положение, в генеральном плане, совпадает с положением пиковых значений концентрации дейтерия и кислорода-18 по разрезу. Конфигурация границ находится в прямой корреляционной зависимости от геометрии ложа ледника. Корреляционная связь ослабевает с увеличением расстояния от границы до подледной поверхности. Таким образом, возникает реальная возможность построения изохронных поверхностей Антарктического ледникового покрова на основе материалов радиолокационного профилирования и выполнения более детального моделирования его развития. Наличие данных по вещественному составу керна глубокой скважины 5G-1 и цифровых материалов радиолокационного профилирования вблизи нее и вдоль всего подледникового озера Восток показывают, что изучение пространственного положения слоев в ледниковом покрове в этом районе является возможной точкой работы над указанной проблемой.

Изучение стратификации ледника и методики дальнейших исследований проводится на примере двух границ: 2150 и 2650 м от поверхности ледника в районе скважины. На выбранных маршрутах они были уверенно прослежены более чем на 200 км, что свидетельствует о принципиальной возможности построения изохронных поверхностей для ледникового покрова в районе озера Восток. Согласно полученным результатам, в пределах подледникового озера вариации глубины залегания слоев не превышают 0,5 % относительно линии тренда поверхности. За его пределами вариации значительно увеличиваются и достигают 5 % и более.

В.П.Природина  
ЗИН РАН

## СИСТЕМАТИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ЛИТОРАЛЬНЫХ И ГЛУБИННЫХ ВИДОВ РОДА *HARPAGIFER* (*HARPAGIFERIDAE*, *NOTOTHENIOIDEI*) ИЗ КЕРГЕЛЕНСКОЙ ЗООГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ПОДОБЛАСТИ

Представители рода *Harpagifer* (*Harpagiferidae*, *Notothenioidei*) представлены локальными видами от Огненной Земли в прибрежных водах почти всех субантарктических островов на восток до о-ва Маккуо-

ри. Нам удалось изучить в сравнительно-морфологическом аспекте представителей рода *Harpagifer* практически со всего ареала рода как с литорали, так и с глубин. Ревизию рыб из Индийского сектора Антарктики проводили на материале, хранящимся в фондовой коллекции Лаборатории ихтиологии ЗИН РАН, а также присланном из музеев Австралии (Сидней) и Музея Естественной Истории (Париж). Материал включал литоральные сборы, а также глубинные, собранные донным тралом на глубинах 64–320 м в экспедициях на д/э «Обь» (1955/56 г.), НПС «Скиф» (1971 г.) и НПС «Кара-Даг» (1971 г.)

В настоящее время из исследуемой зоогеографической подобласти известно 4 литоральных вида, обитающих у островов Марион, Крозе, Кергелен и Маккуори, а также 3 вида, описанных с различных глубин шельфа этих островов. При изучении рыб основное внимание было уделено морфологическим различиям и особенностям батиметрического распределения отдельных форм.

Впервые существенные отличия между островными литоральными и глубинными экземплярами рыб рода *Harpagifer* были подмечены А.П. Андрияшевым (Андрияшев, Токарев, 1958; Андрияшев, 1964) с sublиторали о-ва Кергелен («рогатая» форма *Harpagifer sp.*). Позднее эти различия были фактически подтверждены работами Юро (Hureau et al., 1980) на рыбах с о-ва Кергелен и Природиной (2000, 2002) на рыбах от островов Маккуори, Кергелен и Крозе. Было показано, что в водах этих островов, с учетом их батопатии, обитают по два парных вида — на литорали и на глубинах. Таксономический статус двух литоральных видов — *H. kerguelensis* Nybelin и *H. marionensis* Nybelin — долгое время оставался дискуссионным. Их рассматривали то в качестве подвида *H. bispinis* (Nybelin, 1947), то как подвид *H. georgianus* (Hureau et al., 1980).

Детальное исследование имеющегося материала привело к следующим результатам.

В Кергеленско-Маккуорийском регионе к настоящему времени выявлено 3 глубинных вида (*H. spinosus*, *H. andriashevi* и *H. nybelini*) и 4 литоральных вида — *H. kerguelensis*, *H. marionensis*, *H. macquariensis* и *H. crozetensis sp.n.* Отмечено наличие у каждого отдельного острова пары видов — литоральной («мягкая») и sublиторальной («рогатая») форм: *H. crozetensis sp.n.* — *H. spinosus* (о-ва Крозе); *H. kerguelensis* — *H. nybelini* (о-в Кергелен); *H. andriashevi* — *H. macquariensis* (о-в Маккуори). К сожалению, от о-ва Марион пока имеется материал только с литорали — вид *H. marionensis*.

Обнаруженные морфологические различия между парами видов весьма значительны: они касаются таких важных морфологических структур, как строение надглазничного гребня, степень развитости костного вооружения головы и верхней боковой линии, строения оперкулярного шипа, длины головы, а отсюда и величина посторбитального расстояния, окраски и других признаков.

Установлено, что различия между глубинными видами из разных мест обитания имеют более выраженный характер, чем между литоральными формами с этих же островов. Кроме того, среди глубинных видов выявлены аномалии в изменчивости оперкулярного шипа у *H. spinosus* и субоперкулярного у *H. nybelini*, которые не только не обнаружены у литоральных, но не были известны ранее у глубинных форм рода *Naupagifer* вообще.

*Работа сделана при финансовой поддержке ФЦП «Мировой океан» (подпрограмма «Изучение и исследование Антарктики», проект 16 «Проведение комплексного изучения Антарктической биоты»), Российского фонда фундаментальных исследований «Научные школы» (грант 00-15-97794) и «Фондовой коллекции ЗИН РАН», которая имеет финансовую поддержку Министерства науки и техники РФ (регистр. номер 96-03-16).*

В.Ф.Радионов<sup>1</sup>, В.Н.Арефьев<sup>2</sup>, Ф.В.Кашин<sup>2</sup>, Е.Е.Сибир<sup>1</sup>, Г.Г.Сакунов<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> ААНИИ, <sup>2</sup>НПО «Тайфун»

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОВОГО И АЭРОЗОЛЬНОГО СОСТАВА И РАДИАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРЫ НАД АНТАРКТИКОЙ**

Обсуждаются результаты измерений общего содержания озона, аэрозольного состава атмосферы и радиационных характеристик антарктической атмосферы. За последние 30 лет над Антарктидой наблюдалось существенное сокращение содержания озона, особенно заметное весной. Уменьшение общего содержания озона на станции Мирный с 1974 по 2002 г. составило летом порядка 13% от уровня содержания озона в конце 1970-х – начале 1980-х годов XX века, а весной – более 30%. При этом темпы уменьшения содержания озона весной в последнее десятилетие замедлились более чем в 3 раза по сравнению с 1970 – 1980 годами.

Параметры климата формируются, в значительной степени, под влиянием потоков солнечной и тепловой радиации, т.е. зависят от характеристик составляющих радиационного режима. В свою очередь, к факторам, на них влияющим, относятся: облачность, альbedo подстилающей поверхности, стратификация атмосферы, ее состав, характеристики циркуляции и т.д. Предметом исследований являются составляющие радиационного баланса и аэрозольно-оптические характеристики атмосферы в Антарктиде. Их изучение выполняется на основе обобщения и анализа ранее накопленных и вновь получаемых данных натурных измерений. Для этого сформированы на машиночитаемых носителях архивы данных срочных и суточных стандартных актинометрических наблюдений, спектральных фотометрических измерений прямой солнечной радиации, нефелометрических измерений в при-



земном слое воздуха с учетом данных срочных метеорологических наблюдений.

Для оценки параметров изменчивости этих характеристик различного временного масштаба (от внутригодового до многолетних) и связей с формирующими их факторами запланировано проведение измерений спектрального состава и вариаций полусферического и зонального распределения спектральной плотности энергетической яркости атмосферы и облачности в диапазоне 0,35–2,9 мкм при различных метеорологических условиях. Для восполнения недостающей информации из-за сокращения программ стандартных актинометрических наблюдений предусмотрено исследование составляющих радиационного баланса по данным спутниковых измерений и создание архива спутниковых данных полей уходящей радиации над Антарктидой. Занесены на технический носитель и проконтролированы данные актинометрических наблюдений и сопутствующей метеорологической информации на российских станциях до конца восьмидесятих годов. Проведен анализ статистических характеристик месячных сумм различных видов радиации на российских антарктических станциях за весь период наблюдений по 2000 год. Устойчивых тенденций изменений параметров в приходе солнечной радиации в Антарктиде за рассматриваемый период наблюдений не обнаружено.

Разработаны алгоритм и программа расчета аэрозольных индикатрис рассеяния света по экспериментальным индикатрисам полного рассеяния. Рассчитаны статистические характеристики вариации полных и аэрозольных индикатрис рассеяния света. На основе созданной (модернизированной) спектрорадиометрической аппаратуры получены экспериментальные данные о радиационных характеристиках облачности. Впервые получены экспериментальные данные при разорванной облачности в районе г. Обнинска. Разработан пакет программ обработки спутниковой информации и проведена выборка и систематизация спутниковых данных для декабря 1994 г. над районом Антарктики. Создана программа построения карт компонент радиационного баланса над территорией Антарктиды по спутниковым данным.

*В.Ф.Радионов, Е.Е.Сибир, А.А.Мишин  
ААНИИ*

## **АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИАЦИОННОГО РЕЖИМА И ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА НА РОССИЙСКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ**

Радиационный режим полярных областей, к которым относится Антарктида, является одним из главнейших климатообразующих факторов, от изменения характеристик которого во многом зависят возможные колебания климата земного шара. Разработка теории клима-

та, оценка его глобальных изменений и их возможных последствий базируются, прежде всего, на детальном изучении приходно-расходных частей радиационного баланса земной поверхности и атмосферы.

Хотя первые наблюдения за солнечной радиацией в Антарктике относятся к 1909 г., регулярные актинометрические наблюдения на Антарктическом континенте были начаты практически только в 1956–1958 гг. в рамках программ МГГ и МГС. Результаты этих наблюдений за первые несколько лет были обобщены в книге Н.П.Русина (1961). Более детальные характеристики радиационного режима представлены в «Справочнике по климату Антарктиды», т. 1 (1976), составленном по материалам актинометрических наблюдений на сети антарктических станций за период от начала наблюдений по 1973 г. К настоящему времени наиболее полное исследование радиационного режима Антарктиды и условий его формирования выполнены в монографии М.С.Маршуневой (1980), где обобщены и проанализированы материалы актинометрических и некоторых спутствующих наблюдений на советских и зарубежных антарктических станциях за период с 1956 по 1975 гг.

В настоящем исследовании приводятся результаты анализа месячных и годовых сумм различных составляющих радиационного баланса по материалам наблюдений на 5 Российских (бывших советских) антарктических станциях за период от начала наблюдений по 2000 г.

Как известно большая часть Антарктического континента расположена за полярным кругом и это обуславливает крайне неравномерное поступление солнечной радиации в течение года. Прозрачность атмосферы над Антарктидой близка к идеальной, что связано малым содержанием в ней влаги и аэрозолей. Почти вся поверхность Антарктиды (96 %) имеет снежно-ледовый покров, обладающий высоким альбедо (80–90 %) к солнечной радиации. Характер облачности определяется особенностями атмосферной циркуляции. Он заметно отличается в разных районах Антарктиды (центральное плато, западный и восточный склоны, побережье). Так, режим облачности антарктического побережья, где расположена основная часть научных станций, складывается под влиянием часто повторяющихся циклонов и сильных стоковых ветров. В центральных районах большую роль в формировании радиационного климата играют температурные инверсии, частота повторяемости которых достигает там 96–99 %.

Своеобразие радиационного режима различных районов Антарктиды находит свое отражение в различиях его параметров, полученных для конкретных станций. Так, радиационный режим станции Восток характерен для центральных районов Антарктиды, станции Мирный – для условий ледникового побережья, станции Молодежная и Новолазаревская – для антарктических оазисов, значительная часть территории которых свободна от снега большую часть года, станции Беллинсгаузен – для условий антарктического полуострова. Например, относительный вклад прямой и рассеянной радиации ( $D$ ) в сум-

марную на различных станциях мало изменяется от месяца к месяцу. Но на прибрежных станциях вклады  $S'$  (прямая радиация приходящая на горизонтальную поверхность) и  $D$  примерно одинаковы, на станции Восток доля  $S'$  увеличивается до 80 %, а на станции Беллингаузен, наоборот, до 70–80 % увеличивается доля рассеянной радиации.

Анализ статистических характеристик месячных сумм различных видов радиации на Российских антарктических станциях за весь период наблюдений показал, что характер статистического распределения почти всех исследованных рядов близок к нормальному, устойчивых тенденций изменений параметров в приходе солнечной радиации в Антарктиде за рассматриваемый период наблюдений не обнаружено.

Все последние годы регулярно появляются сообщения об образовании «озоновой дыры» над Антарктидой. Результаты измерений ОСО над Антарктидой, как известно, выявили тенденцию к его уменьшению с начала восьмидесятых годов. Ежегодно, начиная с августа месяца, в центральных и западных частях Антарктиды происходит резкое уменьшение содержания озона. Уменьшение содержания озона особенно велико именно над Антарктидой, поскольку зимний циркумполярный вихрь препятствует обмену воздухом с умеренными широтами. Это приводит к очень низким температурам (ниже  $-80$  °С), которые способствуют образованию облаков из ледяных частиц, абсорбирующих хлор- и бромсодержащие компоненты. Весной же с появлением Солнца характер химических процессов резко меняется, и это приводит к падению концентрации озона, особенно в нижней стратосфере.

Вертикальное зондирование (в том числе и сотрудниками ААНИИ на станции Новолазаревская) позволило определить еще в 1987 г. высоты, на которых происходит основное падение концентрации озона: 12–18 км. В дальнейшем вертикальное зондирование на станциях Южный полюс, Сева и Мак-Мердо и спутниковые измерения выявили расширение области истощения озонового слоя как вверх, так и вниз.

Измерения общего содержания озона российскими учеными проводились в различные периоды времени на станциях Восток, Мирный и Новолазаревская. К сожалению, только в обсерватории Мирный эти наблюдения проводились регулярно (с 1974 г. и до настоящего времени), а на других станциях только эпизодически.

Аномальное по сравнению с нормой для конца семидесятых - начала восьмидесятых годов уменьшение ОСО наблюдалось все последние годы в период антарктической весны. Вместе с тем, в многолетнем ходе величин, характеризующих весеннюю отрицательную аномалию ОСО, согласно данным обсерватории Мирный, наметилась устойчивая тенденция уменьшения скорости нарастания этого эффекта. Возможно, это связано со стабилизацией или уменьшением концентрации озоно-разрушающих составляющих в нижней стратосфере над Антарктидой.

Регулярные наблюдения ОСО в этом районе должны быть продолжены, поскольку накопление этой информации даст возможность

сделать корректные выводы о процессах регулирования озона в полярных областях.

*Т.Н.Ратькова*  
ИО РАН

### **ДИНАМИКА ФИТОПЛАНКТОНА У КРОМКИ ЛЬДОВ В МОРЕ ЛАЗАРЕВА В ДЕКАБРЕ-ЯНВАРЕ 1994/95 гг.**

Работы, проведенные в море Лазарева в декабре-январе 1994/95 г. по программе SODOFS (Southern Ocean Drogue and Ocean Flux Study), позволили составить представление о распределении численности и биомассы фитопланктона по акватории моря вскоре после таяния льдов. В результате таяния льдов в море Лазарева весной возникает резкий галоклин, а затем, из-за быстрого прогрева изолированного распрессенного верхнего слоя вод, образуется не менее резкий термоклин на глубине 10–30 м. Таким образом, условия, характерные для зоны кромки льдов в открытом океане, наблюдаются в этом море весной практически на всей акватории. Мелкие жгутиковые преобладают по численности, а диатомовые доминируют по биомассе. На первой стадии развития фитопланктона наиболее многочисленны мелкие виды диатомовых, характерные для зоны кромки льдов, а через неделю их сменяют более крупные океанические виды. Сукцессия видов объясняется изменением условий освещенности и выеданием мелкого фитопланктона микрозоопланктоном. Вертикальное распределение фитопланктона определялось положением термоклина. Во время весеннего цветения на поверхности биомасса быстро достигла максимальных значений и затем менялась слабо, тогда как суммарное содержание фитопланктона в столбе воды продолжало возрастать из-за развития фитопланктона в слое 10–50 м и из-за оседания части клеток в более глубокие слои воды. Все изменения биомассы фитопланктона связаны в первую очередь с изменением обилия крупных водорослей (главным образом, диатомовых). Баланс между выеданием крупного фитопланктона и микрозоопланктона мезозоопланктоном и выеданием мелкого фитопланктона микрозоопланктоном, в сочетании с дефицитом основных биогенных элементов и/или микроэлементов определяет состав и сукцессию видов фитопланктона. Анализ содержимого седиментационных ловушек установленных на буйковых станциях в открытой части зоны кромки льдов в море Лазарева, показал, что наибольший вертикальный поток углерода, связанный с выеданием, отмечается в верхних 80 м вод. Роль выедания была наибольшей в начале и в конце периода работ (до 15 % суммарного углерода). Изменения интенсивности потока углерода связано с изменениями состава фито- и зоопланктона. Увеличение оседания крупного фитопланктона возрастало от 15 до 75 % от суммарного потока углерода и было связано с увеличением доли крупных во-

дорослей по мере удаления от кромки льдов. Поток углерода в виде фекальных пеллет и в виде отмирающего фитопланктона составил до 48 % от суммарной первичной продукции. Низкая численность крупных фитофагов определила незначительность влияния зоопланктона на изменение скорости погружение углерода.

*И.А.Репина  
ИФА РАН*

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕТЕОУСЛОВИЙ И СТРУКТУРНЫХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ  
ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ  
В ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНАХ АНТАРКТИДЫ**

В работе используются прямые измерения потоков тепла и импульса, а также структуры атмосферной турбулентности, проведенные во время сезонных работ в 45-й РАЭ с борта НЭС «Академик Федоров» и в 47-й РАЭ на ст. Беллинсгаузен. Исследуется влияние на энергообмен атмосферы с подстилающей поверхностью температуры, структуры поверхности, а также режима приземного ветра.

Представляются результаты серии измерений потоков тепла и импульса во время стокового или кatabатического ветра при различных метеоусловиях на ст. Мирный и Беллинсгаузен. Наличие стокового ветра практически не вносит изменений в суточный ход потока тепла. Также не наблюдалось значительного усиления потока импульса, значения которого повторяли суточный ход скорости ветра, но оставались достаточно малыми, что подтверждает малую величину коэффициента турбулентного обмена при стоке. Выявлена четкая периодическая структура ветра.

Получены значения параметра шероховатости поверхности для разных типов поверхностей (лед различной толщины и структуры, открытая поверхность моря, ледник, открытая поверхность материка). Также получены значения коэффициентов обмена для потоков тепла и импульса. Наибольшее значение параметра шероховатости и наибольший диапазон значений соответствуют открытой морской поверхности в состоянии шторма. Исследуется зависимость коэффициентов обмена от скорости ветра, динамической скорости ветра, устойчивости атмосферы.

Полученные значения коэффициентов теории подобия позволяют рассчитывать статистические характеристики турбулентных полей. При неустойчивой стратификации установлена зависимость этих коэффициентов от параметра устойчивости атмосферы.

*Работа выполнена при поддержке ФЦП «Мировой океан» и гранта РФФИ № 05-02-6279.*

## **СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПОТРЕБНОСТИ, СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В СИСТЕМЕ ДОГОВОРА ОБ АНТАРКТИКЕ**

Обсуждается концепция и методология Стратегической оценки окружающей среды (СООС) – в английской терминологии – Strategic Environmental Assessment (SEA), которая применяется в процессах планирования окружающей среды в Антарктике и в процедурах принятия решений. Представлена оценка настоящей стратегии принятия решений в Системе Договора об Антарктике (АТС), примером которой служит факт учреждения Особо охраняемых районов (ООР). Проводятся параллели между этими процессами принятия решений и стратегической оценкой окружающей среды.

Договором об Антарктике и Протоколом по охране окружающей среды к нему устанавливаются законные долгосрочные цели развития данного региона. Однако, главный механизм Протокола, призванный обеспечить соответствие планирования и управления различными видами деятельности этим целям – Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС), осуществляется на индивидуальном уровне. Глобальный опыт управления состоянием окружающей среды показал, что ОВОС является необходимым, но не достаточным основанием для достижения целей охраны окружающей среды. СООС не подменяет собой ОВОС, но образует контекст, основу для составления ОВОС для каждого конкретного проекта. Обсуждается вопрос о том, должна ли Система Договора об Антарктике признавать какие-либо долгосрочные стратегические потребности окружающей среды, кроме тех, которые относятся к индивидуальным действиям конкретных индивидуальных операторов, вообще и вне существующего уровня выполнения ОВОС, в частности.

Называется ли процесс принятия стратегических решений в Антарктике стратегической оценкой окружающей среды или как-нибудь по-другому – это не важно. А важно то, будут ли стратегические потребности окружающей среды в условиях быстрого изменения ситуации в Антарктике рассматриваться эффективно. Существующие в Системе Антарктического Договора процессы принятия решения, включающие предложение об ООР на о-ве Десепшен, предполагают, что стратегические дискуссии касательно проблем окружающей среды действительно возможны в рамках Системы Договора об Антарктике. Высказана точка зрения о том, что первым шагом должно стать исследование существующих стратегических процессов в рамках Системы Договора об Антарктике на предмет их совместимости с СООС. По прошествии же более длительного времени принципы СООС могут быть легко адаптированы к существующим учреждениям Системы Договора об Антарктике и процедурам принятия решений.

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В ЮЖНОЙ ПОЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 45 ЛЕТ

Систематические синоптические исследования Антарктики в нашей стране начались с открытием бюро погоды в obs. Мирный в 1956 г. До этого, в послевоенные годы выполнялись эпизодические работы синоптиками китобойной флотилии. Так, Г.М.Таубер не только выполнил анализ региональных процессов в Южной Атлантике, но и сделал некоторые обобщения о характере блокирующих процессов в атмосфере высоких широт южного полушария. С началом работ Советских антарктических экспедиций, трудами многих синоптиков, начиная с В.А.Бугаева, О.Г.Кричака, А.М.Гусева, П.А.Астапенко, С.Т.Серлапова, исследования атмосферной циркуляции проводились постоянно и целенаправленно. При этом одновременно со статистическими и гидродинамическими моделями антарктической атмосферы создавались методы краткосрочных прогнозов погоды.

Важным разделом явились работы по типизации и классификации атмосферных процессов, результаты которой представлены, например, в издании ВМФ «Атлас океанов» для регионов южных частей Атлантического, Индийского и Тихого океанов. Однако при этом задача сводилась к типизации полей давления, что не достаточно для решения многих практических задач. В АНИИ была поставлена и решена к 1987 г. проблема классификации крупномасштабных синоптических процессов Южной полярной области по формам атмосферной циркуляции. Как известно, основоположником учения о формах циркуляции северного полушария является проф. Г.Я.Вангенгейм. При этом, введено было понятие об естественных стадиях развития атмосферных макропроцессов различного временного масштаба от элементарных (2–5 дн.) до эпохальных (несколько десятилетий). При определении форм циркуляции учитывается, по возможности, весь комплекс характеристик метеоэлементов: давление и температура воздуха у поверхности земли и на высотах в тропосфере, ветер, особенности циклогенеза и антициклогенеза, положение и развитие длинных волн. Такая классификация дает возможность выделить стадии развития генетически взаимосвязанных процессов большого масштаба. При этом для развивающихся последовательно естественных стадий выявляются определенные закономерности. Поиск их является главным содержанием наших исследований.

Установленные в ОДМП АНИИ формы циркуляции южного полушария получены на основе тех же принципов, что и для северного полушария. В обоих случаях они связаны с состоянием циркулярного вихря. Для форм *Z*, *Ma* и *Mb* установлены основные варианты их развития от сезона к сезону, например от зимы (июнь – август) к весне (сентябрь – ноябрь). Получены данные о межгодовых колеба-

ниях и о многолетних тенденциях в повторяемости форм циркуляции. Разработан и внедрен в практику планирования и проведения экспедиционных и рыбопромысловых работ в Южном океане и в Антарктиде метод долгосрочных метеопрогнозов. Намечены пути развития синоптических исследований и совершенствования прогностических связей. Кроме того, указанные результаты могут быть использованы при разработке проблемы современных колебаний климата в полярных и других районах Земли. В связи с изучением динамики озонового слоя также важно учитывать структуру циркумполярного вихря и межгодовые колебания в повторяемости форм атмосферной циркуляции.

План работ на следующем этапе включает:

- анализ межгодовых тенденций в развитии атмосферных процессов умеренных и высоких широт южного полушария и сопоставление их с аналогичными данными по северному полушарию;

- исследование закономерностей формирования и изменчивости климата Антарктики в связи с колебаниями атмосферной циркуляции в южном и северном полушариях, в частности в зависимости от интенсивности развития и характера расчлененности тропосферного циркумполярного вихря;

- продолжение мониторинга атмосферной циркуляции в Антарктике и исследование ее связи с глобальными колебательными процессами в атмосфере южного и северного полушарий Земли.

Б.И.Суренко<sup>1</sup>, В.Арнц<sup>2</sup>, И.С.Смирнов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ЗИН РАН, <sup>2</sup>АВИ

## ОСОБЕННОСТИ ФАУНЫ МОРЯ УЭДДЕЛЛА

Антарктическая морская фауна характеризуется богатым видовым составом и высокой степенью эндемизма, превышающей по некоторым группам беспозвоночных 60 %. Самому большому морю Антарктики – Уэдделла – также присущи эти черты. Помимо этого, фауна моря Уэдделла обладает рядом особенностей, выделяющих ее из ряда фаун соседних акваторий, подчиняющихся общим закономерностям. Существует правило Уоллеса, согласно которому видовое разнообразие увеличивается при продвижении от полюсов к экватору. Однако сравнение высокоширотной фауны моря Уэдделла с фауной соседнего с ним Магелланова района, расположенного ближе к экватору, обнаруживает нарушение этого правила для некоторых групп морских донных животных. В ряде групп – актинии, кумовые раки и мшанки (*Actiniaria*, *Cumacea*, *Bryozoa*) видовое разнообразие в море Уэдделла почти не уступает таковому в Магеллановом районе, а в других – губки, морские пауки, голотурии, морские звезды и офиуры (*Porifera*, *Pantopoda*, *Holothuroidea*, *Asteroidea*, *Ophiuroidea*) даже выше, вопреки правилу Уоллеса. Причем число видов губок, морских пауков, звезд и офиур в море Уэдделла в два с лишним раза превышает



ет таковое в Магеллановом районе. Видовой состав макробентоса, подсчитанный нами для моря Уэдделла, дал предварительную цифру – более 1400 видов. При сравнении с арктическими морями по числу видов, море Уэдделла можно поместить между Баренцевым (2504) и Карским (1387).

Необходимо учесть, что помимо более мягких, чем в море Уэдделла ледовых и гидрологических условий, в Магеллановом районе имеется значительное разнообразие фаций. Это и мелководные и глубоководные участки дна, морские проливы, масса островов и островков, и большое разнообразие грунтов. Кроме этого, в Магеллановом районе встречаются фауны двух океанов – Тихого и Атлантического, что теоретически должно увеличивать видовое разнообразие этого района. Море Уэдделла, напротив, характеризуется бедностью фаций. На больших площадях погруженного шельфа доминируют относительно однообразные заиленные пески с большим количеством грубообломочного материала в виде камней разного размера. Следует также добавить, что в количественном отношении фауна моря Уэдделла не только не уступает фауне Магелланова района, но на некоторых своих участках дна превосходит таковую.

В чем же причина такого высокого качественного и количественного обилия биоты в море Уэдделла? Для того чтобы ответить на этот вопрос, обратим внимание на основные абиотические и биотические факторы в море Уэдделла, резко отличающиеся от таковых в Магеллановом районе. Из всего набора отличительных черт, мы выбрали три, с нашей точки зрения, наиболее существенно влияющие на увеличение обилия жизни в Антарктике:

- 1) трофические условия;
- 2) гидрологические условия;
- 3) биоценотическая обстановка.

При прочих равных условиях, на богатство жизни в первую очередь влияют трофические условия, или питание. Несмотря на резкие сезонные колебания концентрации основных биогенных элементов (фосфора и нитратов) в антарктических водах, в них нет недостатка. Содержание кремнекислоты, благодаря активным динамическим процессам, способствующим ее поступлению из промежуточных и глубинных слоев в антарктической зоне и, особенно, в море Уэдделла, значительно выше, чем в субантарктической зоне. Высокое содержание биогенов способствует развитию богатого фитопланктона. Обилие последнего сказывается на увеличении биомассы зоопланктона. Большое количество органики, произведенное в верхней толще воды, в виде живого и мертвого фито-, зоопланктона и фекалий, погружаясь на дно, обеспечивает питанием богатое донное население. Здесь уместно напомнить об одной интересной особенности моря Уэдделла. Оно расположено в системе круговорота Уэдделла – циклонической циркуляционной системы, расположенной южнее Полярной фронтальной зоны: от Антарктического полуострова до 20–40° в.д. Стабильность этой циркуляцион-

ной системы подтверждается обилием криля в зоне ее действия. Огромные массы криля, появляющиеся как бы неожиданно у северной оконечности Антарктического полуострова и проходящие по северной окраине круговорота Уэдделла шлейфом до 20–25° в.д., где так же внезапно исчезают, свидетельствуют, по-видимому, о том, что основная масса этих ракообразных, а с ними и остальная часть планктона, с водными массами заворачивает на востоке круговорота на юг. А затем — на запад, возвращаясь, в конце концов, в море Уэдделла, где часть живой и большая часть мертвой органики потребляется донными (бентосными) организмами. В течение тысячелетий в море Уэдделла на дне концентрировалась органика в форме богатых поселений сидячих организмов. Разрушение (деструкция) бактериями богатой органики на дне и в толще воды моря Уэдделла регулярно снабжает воды круговорота новыми биогенами. В некотором смысле, море Уэдделла можно назвать аккумулятором, который обеспечивает стабильное пополнение зоопланктоном (в том числе крилем) всю зону круговорота Уэдделла.

Итак, мы объяснили количественное богатство фауны моря Уэдделла. Но откуда в этом море такое высокое видовое разнообразие некоторых групп бентоса? Большое разнообразие фауны обычно напрямую зависит от количества экологических ниш, которые, в свою очередь, зависят от разнообразия фаций. В Магеллановом районе наблюдается разнообразие фаций, в море Уэдделла, наоборот, — однообразие фаций (однообразие грунтов, отсутствие проливов, островов и т.п.). Как же фауна моря «вышла из такого затруднительного положения»? Ответ на этот вопрос следует искать, по всей вероятности, в формировании донных сообществ обрастателей и в биоценологических отношениях. Основу фауны моря Уэдделла на шельфе составляют крупные губки, ветвистые мшанки, крупные колониальные и одиночные асцидии, колонии птеробранхий, различных кишечнорастворимых, прикрепляющиеся к грубообломочному материалу и друг к другу. Вся эта масса видов-обрастателей стремится вытянуться вверх насколько это возможно, ближе к сестону (взвешенному в воде органическому веществу) — основному источнику пищи, который разносится течениями. Самыми высокими и массивными оказываются губки, остальные сидячие сестонофаги занимают места пониже, нередко прикрепляясь на более высоких гидробионтах. В результате образуются поселения, состоящие из нескольких ярусов, в каждом из которых условия для прикрепления и питания различаются. Часть подвижных организмов (офиуры, лилии, голотурии и др.) забирается по возможности в самый верхний ярус. По-видимому, ярусное распределение сидячих организмов компенсирует недостаток разнообразия фаций в море Уэдделла и увеличивает число экологических ниш, или, точнее, лицензий. А это, в свою очередь, способствует увеличению видового разнообразия, даже по сравнению с северным нотальным регионом, таким как Магелланов район.

*Поддержка: проекты 15 и 16 «Изучение и исследование Антарктики»*  
**98** ЦП «Мировой океан».

## **АЛГОРИТМ ВЫЧИСЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ЗАСНЕЖЕННОГО ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ АЛЬТИМЕТРИИ**

Толщина снежно-ледяного покрова является одним из наиболее важных параметров, используемых при моделировании процессов взаимодействия океана и атмосферы в замерзающих морях. При этом необходимы сведения о пространственном распределении толщины ледяного покрова на больших акваториях, которые принципиально не могут быть получены с использованием традиционных инструментальных измерений этого параметра. Современные методы спутникового дистанционного определения толщины ледяного покрова не совершенны и не позволяют оценивать этот параметр с достаточной степенью точности. При использовании спутниковой альтиметрии измеряется высота надводной части дрейфующего льда и, при наличии снежного покрова, возникают значительные ошибки в расчетах его толщины.

В докладе рассматривается оригинальный алгоритм учета высоты снежного покрова при использовании методов дистанционного зондирования. Статистический анализ большого количества данных судовых наблюдений за толщиной льда и высотой снежного покрова в антарктических рейсах САЭ/РАЭ позволил получить достаточно надежную связь между этими характеристиками. Корреляционная зависимость этих параметров является нелинейной и позволяет учитывать высоту снежного покрова при обработке данных спутниковой альтиметрии. Приводятся результаты статистического анализа данных судовых наблюдений и оценка погрешностей при использовании такого алгоритма. Приводится формула расчета толщины заснеженного ледяного покрова по данным спутниковой альтиметрии.

*И.С.Смирнов, А.Л.Лобанов, А.А.Голиков, А.В.Неелов, Е.П.Воронина*  
ЗИН РАН

## **ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВАЯ СИСТЕМА «ЭКОАНТ» ПО ЭКОЛОГИИ И КОЛЛЕКЦИЯМ АНТАРКТИЧЕСКИХ МОРСКИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ И РЫБ**

Создание электронных баз данных (БД) по морским беспозвоночным в Зоологическом институте началось в 1987 г. и получило свое активное развитие с появлением в 1989 г. персональных компьютеров. Они позволили более оперативно решать многие задачи по внедрению ЭВМ в рутинные операции по созданию и ведению зоологических БД и информационно-поисковых систем (ИПС) (*Smirnov et al., 1994, Смирнов, Смирнов, 1997*). С 1991 г. были начаты аналогичные работы по созданию БД по рыбам (*Воронина и др., 1999*).

Летом 1999 г. Зоологический институт РАН принял участие в конкурсе на проведение научного исследования в рамках подпрограмм «Создание единой системы информации об обстановке в Мировом океане» и «Изучение и исследование Антарктики» ФЦП «Мировой океан» по заказу Росгидромета. Проект получил поддержку и был назван ЭКОАНТ – «Создание информационно-поисковой системы по экологии бентоса Антарктики».

Базы данных ИПС «ЭКОАНТ» включают информацию по гидробиологическим и ихтиологическим станциям, на которых были проведены ловы морских беспозвоночных и рыб, и содержат данные о координатах, глубине, грунту и другим параметрам среды, а также способу, орудиям, и времени лова. В сочетании с таксономической БД (классификатором), содержащей сведения о составе фауны определенного региона и коллекционной БД (сведения о месте и способе хранения собранного материала), станционная БД позволяет проводить поиск информации по многочисленным и разнообразным запросам.

ИПС «ЭКОАНТ» создается на основе БД системы «ОКЕАН». Ввод информации по основным группам бентоса позволит использовать более эффективно данные о составе фауны, ее биоразнообразию, бентических группировках и их распределении. Это даст возможность более оперативно проводить мониторинг состояния экосистем антарктического шельфа и свала и разрабатывать меры по их охране и рациональному использованию биоресурсов Антарктики.

В ходе модернизации система была дополнена новым блоком ввода, разработанным для FoxPro for Windows (Голиков и др., 1999). Станционная БД для Антарктики содержит в настоящее время более 2500 записей (более 60 экспедиций), коллекционная база – около 2300 записей (находок таксонов).

Реализация проекта основывается, преимущественно, на отечественных биологических данных по Антарктике и, в первую очередь, на уникальных коллекциях бентоса антарктических и субантарктических морей. Конечным результатом исследования должна быть разработка ИПС, построенной на основе современных программных средства с представлением данных в сети Интернет (<http://www.zin.ru/projects/ecoant/index.html>). С помощью технологии Active Server Pages (Алимов и др., 2001) на институтском сервере выставлены базы данных по антарктическим прибрежным птицам, офиурам и панцирным моллюскам (<http://www.zin.ru/projects/ecoant/eco1form.asp>). Благодаря технологии ASP, по мере наполнения станционной, таксономических и коллекционных БД, будет оперативно обновляться информация на портале Института.

Создаваемая ИПС по экологии антарктического бентоса, состоит из 4 основных блоков: таксономического (названия и номенклатура таксонов), географического (точки находок с координатами станций, сборов), экологического (данные по биомассе; глубине, температуре,

солености, кислороду; дате (сезону) сбора, состоянию объекта, жизненной стадии и т.п.) и библиографического (литературные данные).

ИПС «ЭКОАНТ» может способствовать решению следующих задач: выявлению фаунистического состава биоты и таксономических особенностей состава фауны для отдельных акваторий; получению экологической информации для каждого вида животного – при каких температурах и солености он встречен и на каких глубинах; исследованию изменений, происходящих в фауне изучаемых регионов под воздействием изменений климата и антропогенного влияния на основе сравнения современных сборов животных и информации о видах из уникальной коллекции, хранящейся в Зоологическом институте, что является одной из задач глобального экологического мониторинга (Голиков и др., 1998; Смирнов и др., 1999).

*Поддержка: проекты 15 и 16 «Изучение и исследование Антарктики» ФЦП «Мировой океан», грант РФФИ № 02-07-90217 и программа «Информационная система по биоразнообразию России».*

*В.М.Смоляницкий  
АНИИ*

## **ЛЕДОВЫЕ УСЛОВИЯ АНТАРКТИКИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ SSM/I ИСЗ DMSP – ОПЕРАТИВНОЕ И КЛИМАТИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ**

Данные пассивного микроволнового зондирования многоканального сканирующего радиометра SSM/I ИСЗ США DMSP являются с 1987 г. по настоящее время наиболее стабильным источником климатической информации о распределении морского льда в полярных регионах Земли. Более того, для региона Антарктики, где для ряда секторов отсутствует возможность получения данных HRPT ИСЗ NOAA с наземных станций, данные SSM/I, имея более грубое пространственное разрешение, подчас являются единственным видом оперативной ежедневной ледовой информации (что обеспечивается наличием режима запоминания ИСЗ DMSP). В сети ИНТЕРНЕТ доступ к оперативным данным и информационным продуктам SSM/I обеспечивается Национальным Центром Данных США по Снегу и Льду (NSIDC, <http://nsidc.org>) и Центром Активного Архивирования Данных ИСЗ NOAA (SAAC, <http://www.saa.noaa.gov/>).

Информационные продукты ИСЗ DMSP на основе данных SSM/I (разрешение 12–25 км) и OLS видимого и ИК-диапазонов (разрешение 2 км) являются основой для составления регулярных обзорных и тактических ледовых карт ледовых служб США и Канады (с частотой 1–14 суток). В Национальном ледовом Центре (НЛЦ) США применяется, в зависимости от сезона и задачи, более 7 различных алгоритмов расчета общей сплоченности (85 GHz, Bootstrap, NASA-TEAM и т.д.). В настоящее время ледовое картирование для региона Антарктики

выполняется НЛЦ неоперативно, с частотой 14 дней по 12 секторам, обзорные ледовые карты доступны в ИНТЕРНЕТ в форматах \*.gif и ГИС ArcInfo (<http://www.natice.noaa.gov/antarctica1.htm>).

Сложившаяся в начале июня 2002 г. информационная ситуация для района операции по спасению судна «Magdalena Oldendorff» (постоянная облачность, антарктическая зима, отсутствие данных SAR), потребовала новых технических решений по ледовой поддержке. В этой связи, автором была предложена новая технология ледового картирования, предусматривающая оперативное копирование данных каналов 85V и 85H SSM/I и оценки общей сплоченности по алгоритму NASA-TEAM с серверов NSIDC и SAAC, их совмещение по гибриднему алгоритму, разработанному Датским Технологическим Институтом (<http://www.dcrs.dtu.dk>), составление карты и передачу данных по электронной почте потребителям. Получаемые карты ледовой обстановки имели запоздание в среднем 1,5 суток, улучшенную пространственную точность порядка 12,5 км, относительную точность оценки общей сплоченности 4 % и высылались практически ежедневно в период с 14.06 по 1.08.2002 г. в адреса компаний ЮАР ALCI, ледовой службы Аргентины, Германии, метеослужбы ЮАР, а также РАЭ и ЦЛГМИ ААНИИ. Оценка настоящих карт, выполнявшаяся оперативно на борту судна ЮАР экспертом ААНИИ, принимавшем участие в спасательной экспедиции, показала информативность и пригодность карт для использования в оперативной практике. В настоящее время на сервере ААНИИ создана специальная страница, где продолжается ежедневное размещение оценки ледовых условий по указанной технологии ([http://www.aari.nw.ru/projects/Antarctic/data/ice/ssmi\\_x1.html](http://www.aari.nw.ru/projects/Antarctic/data/ice/ssmi_x1.html)). Климатические оценки ледовых условий Антарктики выполнены на основе карт НЛЦ и представлены на специальной странице проекта ВМО на сервере ААНИИ «Глобальный Банк Цифровых Данных по Морскому Льду» ([http://www.aari.nw.ru/gdsidb/gdsidb\\_2.html](http://www.aari.nw.ru/gdsidb/gdsidb_2.html)).

*С.П.Смышляев  
РГГМУ*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОВОГО СОСТАВА АТМОСФЕРЫ АНТАРКТИКИ С ПОМОЩЬЮ УСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ФОТОХИМИЧЕСКОЙ МОДЕЛЬЮ АТМОСФЕРЫ**

Обнаружение явлений Антарктических «озонных дыр» в середине 80-х годов XX века инициировало интенсификацию как спутниковых, так и самолетных и наземных измерений метеорологических параметров атмосферы и содержания малых газов в Южном полярном регионе земного шара. Результаты этих измерений помогли идентифицировать возможные причины наблюдаемых в последнее время аномалий распределения озона в Антарктической атмосфере. Однако остается еще немало неясностей в особенностях протекания процес-

сов, влияющих на формирование Антарктических озонных аномалий. Кроме того, впервые обнаруженные в середине 80-х годов в Антарктике «озонные дыры», затем стали проявляться и в других регионах Земного шара, угрожая существованию жизни на Земле. Таким образом, появляющиеся в атмосфере Антарктики аномалии распределения озона и других малых газовых примесей, имеют тенденцию к распространению по всему земному шару и, следовательно, требуют особенно тщательного, как теоретического, так и экспериментального изучения, с целью получения диагностики наблюдаемых явлений и прогноза развития ситуации как в Антарктике, так и в других районах Земли.

Для исследования особенностей распределения озона и других малых газов в атмосфере Антарктики необходимо сочетать результаты измерений с теоретическими представлениями о физических и химических процессах, контролирующих эволюцию этих газов. Вместе с тем, эти исследования проводятся, как правило, изолированно, а сравнение результатов измерений и теоретического моделирования проводится субъективно. В рамках настоящей работы предлагается методика, позволяющая объединить в рамках единого математического подхода теоретические модели с анализом результатов измерений.

Для создания целостного представления о процессах, определяющих распределение малых газов в атмосфере Антарктики, желательно иметь синоптические, т.е. приведенные к определенной пространственной сетке и в определенные временные сроки, результаты измерений. Однако невозможно проводить измерения всех влияющих на озон параметров сразу во всех точках и одновременно. Как правило, как спутниковые, так и наземные измерения проводятся периодически и в отдельных районах. Кроме того, подобные измерения проводятся разными приборами, с разными принципами действия (дистанционные или контактные) и с разными погрешностями. Для того чтобы систематизировать все доступные с середины 80-х годов измерения, заполнить имеющиеся временные и пространственные пробелы, а также идентифицировать причины наблюдаемых в течение последних полутора десятилетий тенденций изменчивости Антарктического озона и дать прогноз его изменчивости в будущем, в настоящей работе использовалась ассимиляционная модель газового состава атмосферы, способная усваивать результаты измерений и применять к ним теоретические представления.

Теория объективного анализа результатов метеорологических измерений достаточно хорошо разработана и уже длительное время используется для решения проблем прогноза погоды. Однако применительно к проблемам усвоения результатов наблюдений озона и других малых газовых составляющих атмосферы подобные подходы стали развиваться лишь недавно и способны значительно улучшить наши представления об основных закономерностях, определяющих пространственно-временное распределение озона и других малых атмосферных газов, как в Антарктике, так и в других районах земного шара.

В настоящей работе идеи объективного анализа результатов измерений применены для создания ассимиляционной модели газового состава, динамики и радиации нижней и средней атмосферы, позволяющей на каждом модельном временном шаге объективно сравнивать результаты расчетов с близкими к каждому временному сроку результатами измерений. На основании сравнения значений и погрешностей модельных расчетов и результатов измерений модельные значения корректируются для инициализации следующего модельного временного шага. Результаты измерений сравниваются с результатами моделирования и другими измерениями, на основании чего делается вывод об их качестве и ассоциативной погрешности, показывающей не только их систематические и случайные ошибки, но с степенью расхождения с другими измерениями и теоретическими расчетами.

Разработанная ассимиляционная модель использовалась для исследования особенностей эволюции озона, паров азотной кислоты и других азотосодержащих газов в атмосфере Антарктики по результатам измерений на Южном полюсе. Разработанная методика позволила идентифицировать причины некоторых наблюдаемых особенностей высотного распределения этих газов и их временной изменчивости, а также вычислить концентрации некоторых других газов, которые не измерялись, но связаны химическим взаимодействием с измеряемыми газами.

*О.А. Трошичев  
АНИИ*

## **ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ В ЮЖНОЙ ПОЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ**

Ценность геофизических исследований в Антарктике предопределяется ее географическим положением. Антарктический ледниковый купол расположен вблизи южного геомагнитного полюса, и поэтому мы можем наблюдать непосредственно здесь прямые эффекты «Космической погоды»: передачу энергии из солнечного ветра в магнитосферу и влияние солнечных возмущений на состояние ионосферы и верхней атмосферы.

По магнитным данным околополюсной станции Восток ведется непрерывный мониторинг состояния магнитосферы. Как показали наши исследования, специально подобранный индекс магнитной активности РС позволяет оценить величину электромагнитной энергии поступающей в полярные шапки Земли и, таким образом служит хорошим индикатором многих ключевых процессов, происходящих в магнитосфере. Доплеровские измерения, проводившиеся на трассе Восток—Молодежная, позволили провести анализ неоднородной структуры ионосферы в полярной шапке.

Детальный анализ аэрологических данных станции Восток за 1978—1992 гг. позволяет сделать вывод, что драматические изменения тро-



посферной температуры, наблюдаемые в Южной полярной области в связи с межпланетными ударными волнами, вызываются в действительности резкими изменениями  $B_z$  компоненты межпланетного магнитного поля (и, соответственно, флуктуациями межпланетного электрического поля), типичными для фронта ударной волны. Имеет место линейная связь между величинами изменений южной  $B_z$  компоненты и наземной температурой на станции Восток: чем больше отрицательный скачок  $B_z$  компоненты, тем сильнее потепление на высотах ниже 5 км. Характерно, что положительные изменения  $\Delta B_z$  сопровождаются уменьшением температуры. Эффект достигает максимума (потепление до 20 градусов в отдельных случаях) в пределах одного дня и столь же быстро затухает. Примечательно, что температура в тропосфере реагирует не только на резкие скачки  $B_z$  компоненты, но и на постепенные (суточные) изменения ММП, если они значительны. Влияние Форбуш-понижений космических лучей само по себе приводит, по-видимому, к охлаждению нижней тропосферы и к очевидному уменьшению атмосферного давления на всех высотах выше 20 км. Таким образом, характер влияния космических лучей на атмосферное давление в зимней околополюсной области оказывается противоположным тому, что наблюдается в субавроральных широтах и предсказывается механизмом атмосферной прозрачности.

Анализ вариаций атмосферного электрического поля, измеряемого на станции Восток с 1998 г., показал что суточная вариация  $E_z$  в дни с «ясной погодой» следует глобальной суточной вариации геоэлектрического поля («кривая Карнеги»), которая соответствует грозовой активности в экваториальных широтах. Отклонения  $E_z$  от этой кривой на станции Восток контролируются межпланетным магнитным полем: влияние  $B_y$  преобладает в дневные часы, а влияние  $B_z$  – в утренние и вечерние часы, что согласуется с местоположением магнитосферных продольных электрических токов, определяющих структуру ионосферных электрических полей.

Таким образом, «космическая погода» существенным образом воздействует, через посредство вариаций солнечного ветра, не только состояние магнитосферы и полярной ионосферы, но и на атмосферные параметры в Южной полярной области, что подразумевает также и влияние на погоду и климат.

*О.А. Трошичев, Л.В. Егорова, В.Я. Вовк  
ААНИИ*

## **ВЛИЯНИЕ ВАРИАЦИЙ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА НА АТМОСФЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЮЖНОЙ ПОЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ**

Потоки галактических космических лучей и всплески солнечных космических лучей обычно рассматриваются как единственный канал влияния солнечной активности на земную атмосферу. Детальный

анализ данных станции Восток за 1978–1992 гг. позволяет сделать вывод, что драматические изменения температуры тропосферы, наблюдающиеся в Южной полярной области в связи с межпланетными ударными волнами, сопровождающимися Форбуш-эффектом в космических лучах, вызываются в действительности резкими изменениями в  $B_z$  компоненте ММП, типичными для межпланетных ударных волн, и соответствующими флюктуациями в межпланетном электрическом поле ( $E_{sw}$ ). Потепление происходит на высотах  $h < 5$  км и охлаждение на  $h > 10$  км при отрицательных изменениях  $B_z$  компоненты и увеличении поля  $E_{sw}$ . Эта закономерность подтверждается тем фактом, что противоположные изменения температуры происходит в связи с увеличением северной компоненты ММП. Имеет место линейная связь между величиной  $\Delta E_{sw}$  и температурой в приземном слое на ст. Восток: чем резче скачок в электрическом поле, тем больше изменения в температуре. Эффект достигает максимума в пределах одного дня и столь же быстро исчезает. Предполагается, что электрическое поле  $E_{sw}$  влияет на кататическую (вертикальную) систему атмосферной циркуляции, типичную для зимней Антарктики.

В.В. Федоров  
ЗИН РАН

#### СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СИСТЕМАТИКЕ РЫБ СЕМЕЙСТВА БЕЛЬДЮГОВЫХ (ZOARCIDAE) В ЮЖНОМ ОКЕАНЕ

В Мировом океане в семействе бельдюговых рыб насчитывается около 65 родов и 251 валидный вид. Из них в Южном океане отмечены 10 родов и 25 видов, которые при ранжировании по видовому разнообразию занимают четвертое место после семейств *Liparidae* (70), *Nototheniidae* (41) и *Myctophidae* (36). Такое же положение имеет наиболее многочисленный по числу видов род *Lycenchelys* (10) — четвертое-пятое место после родов *Paraliparis* (35), *Careproctus* (29), *Pogonophryne* (16). Таким образом, бельдюговые рыбы в Южном океане занимают одно из ведущих положений по таксономическому разнообразию.

Однако, несмотря на довольно хорошую представленность бельдюговых в коллекциях, современные представления о систематике этих рыб остаются во многом дискуссионными. В отличие от мнения Э.Андерсена (*Anderson, 1994*) я рассматриваю в качестве валидного вида *Lycenchelys atacemensis* *Andriashev, 1980* (т.е. он не является младшим синонимом *Lycenchelys antarctica* *Regan, 1913*). Следует восстановить роды *Apodolycus* *Andriashev, 1979* с видами *A. hureaui* *Andriashev, 1979* и *A. nanospinata* (*Anderson, 1988*), *Austrolycichthys* *Pappenheim, 1912* с видом *A. brachycephalum* *Pappenheim, 1912* и *Rhigophila* *DeWitt, 1962* с видом *Rh. dearborni* *DeWitt, 1962*; обособить на родовом уровне *Lycenchelys wilkesi* *Anderson, 1988*.

Видовые отличия *Lycenchelys antarctica* и *L. atacamensis* выражаются в величине глаз, степени развития чешуи на теле, редукции туловищной боковой линии и зубов на небных костях и сошнике. Роды *Apodolycus* и *Rhigophila* следует восстановить на основании отсутствия у них брюшных плавников – признака родового ранга в семействе бельдюговых. Наличие у *Lycenchelys wilkesi* таких признаков, как покрытие чешуей только задней части хвоста, отсутствие зубов на небных костях и сошнике, малое (менее 96) число позвонков, служат веским основанием для обособления его от всех остальных видов *Lycenchelys* на родовом уровне.

*Настоящая работа поддержана программой ФЦП «Изучение и исследование Антарктики», проект № 16 «Проведение комплексного изучения антарктической биоты» и грантов Российского фонда фундаментальных исследований № 00-15-07794 «Петербургская ихтиологическая школа» и № 00-04-48838 «Рыбы Южного океана (систематика, эволюция, зоогеография)».*

И.В.Федорова<sup>1</sup>, С.Р.Веркулич<sup>2</sup>, И.Н.Кузьмина<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>СПбГУ, <sup>2</sup>ААНИИ

## **ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ ВОДОЕМОВ ВОСТОЧНО-АНТАРКТИЧЕСКИХ ОАЗИСОВ**

На территории восточно-антарктических оазисов находится большое число озер. Так, в одном лишь оазисе Бангера насчитывается более 200 водоемов. Несмотря на разнообразие местоположения восточно-антарктических оазисов и природных условий их образования, характеристики (параметры) водоемов сходны или могут быть интерпретированы посредством одних и тех же факторов формирования. Все это откладывает отпечаток на современное состояние и адаптационную устойчивость антарктических озер.

Используя данные российских антарктических экспедиций, а также отечественные и зарубежные литературные источники, для водоемов восточно-антарктических оазисов Бангера, Ширмахера и Ларсеманн Хиллс были оценены современное состояние более чем 400 озер и их устойчивость к разного рода воздействиям на основе построения сводных рандомизированных показателей. Построение последних осуществляется в несколько этапов.

Озера данных оазисов весьма разнообразны по своим характеристикам, а именно, условиям формирования, питанию, содержанию главных ионов, кислотности (щелочности), термическому и гидробиологическому режиму, и т.п. Обобщение гидрологических, гидрохимических и гидробиологических сведений об озерах проводилось при помощи созданной конкретно для данных объектов базы данных с элементами ГИС-технологий. Специально структурированная база данных

позволяет получать имеющиеся сведения о параметрах озер в удобном для их анализа виде. Посредством элементов ГИС-технологий проводится визуализация данных — пространственно-временное изменение (распределение) параметров озер по территории оазисов и по вертикали.

На основе имеющихся данных проведена типизация водоемов по трем группам параметров: гидрологических, гидрохимических и гидробиологических и четырем классам состояния. Общее количество параметров 23. Необходимо отметить, что амплитуда изменения ряда параметров режимов озер велика, например, по минерализации (солености) озера рассматриваемых оазисов изменяются от ультрапресных (0,005 мг/л) до соленых (более 60 г/л).

Рассмотрение большого числа водоемов, а также построение тематических карт пространственного распределения гидрохимических параметров озер (изогалинная карта, карта распределения pH и Alk, гидрохимического типа вод и их происхождения и др.) позволило впервые провести районирование территорий оазисов по гидрохимическим параметрам. Выявлены основные закономерности и причины распространения гидрологических и гидрохимических характеристик водоемов по территории оазисов.

Антарктические водоемы — одни из наиболее уязвимых объектов на Земле. В связи с этим, было оценено не только современное состояние водоемов антарктических оазисов, но и их адаптационная устойчивость. Под оценкой современного состояния понимается анализ основных пространственных и временных закономерностей различных гидрологических, гидрохимических и гидробиологических параметров. Устойчивость — способность системы сохранять свои свойства и параметры квазистационарными при внутренних или внешних на нее воздействиях. Адаптационная устойчивость антарктических озер — способность выдерживать антропогенные нагрузки, не изменяя своих свойств. В связи с тем, что для анализа состояния и устойчивости водоемов используется типизация водоемов при большом количестве разнородных параметров, применен метод анализа и синтеза при информационном дефиците, заключающийся в построение сводных рандомизированных показателей состояния и устойчивости водоемов. Оценка состояния и устойчивости проводится на основе построения сводных показателей трех типов состояний и интегрального показателя устойчивости. Показатель рассчитывается исходя из генеральной совокупности произведений нормированных величин каждого параметра состояния (или устойчивости) и веса данного параметра по сравнению с другими. Значение показателей представлено в виде нормированной величины — от 0 до 1, что позволяет рассматривать систему большого числа параметров, имеющих несоответствующие друг другу размерности. Задание разного веса параметрам дает возможность имитационного моделирования изменения системы при разного рода нагрузках.

Для каждого класса озер рассчитывается величина этих показателей. После построения сводных показателей гидрологического, гидрохимического, гидробиологического состояний и устойчивости возможно оценить антропогенное воздействие на конкретное озеро и прогнозировать дальнейший ход развития водной экосистемы.

Проведены численные эксперименты по расчету критических нагрузок на экосистемы для отдельно взятых озер и определены пороговые значения каждого параметра состояния водоема.

Использование сводных показателей позволяет оценивать состояние и устойчивость водоемов по большому числу разнородных параметров режимов озер и рассматривать возможные варианты изменения развития водоемов при возможных на них нагрузках, в том числе и антропогенных.

*А.В.Франк-Каменецкий<sup>1</sup>, О.А.Трошичев<sup>1</sup>, В.Н.Морозов<sup>2</sup>*  
*<sup>1</sup>ААНИИ, <sup>2</sup>ГГО*

### **СВЯЗЬ МЕЖДУ ВАРИАЦИЯМИ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ЮЖНОЙ ПОЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ И ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТЬЮ**

Наблюдения вертикального атмосферного электрического поля проводятся на ст. Восток с 1998 г. в режиме кооперативного Российско-Австралийского проекта. Для анализа были выбраны данные, удовлетворяющие условиям «ясной погоды». Показано, что средняя суточная вариация  $E_z$  для этих дней соответствует глобальной суточной вариации геоэлектрического поля («Карнеги кривая»), описывающей мировую активность гроз, происходящих в экваториальных широтах. Изменения  $E_z$  происходят также под влиянием вариации  $B_z$  и  $B_y$  компонент ММП.

Поведение  $E_z$  на ст. Восток было сравнено с ходом мировой грозовой активности, определяемой с точностью до микросекунд из спутниковых измерений в апреле 1998 г. и одновременными измерениями  $VLF$ -эмиссии на британской антарктической станции Халли-Бэй. Результаты анализа не показали какой-либо корреляции между пятиминутными усреднениями электрического поля и вертикальных токов, генерируемых грозами, также как и между  $E_z$  и  $VLF$  эмиссиями, хотя определенные соответствия между  $E_z$  и  $VLF$  наблюдаются в отдельных случаях. В то же время имеет место хорошая корреляция между вспышками грозовой активности и  $VLF$ . Такие же результаты были получены при сравнении среднечасовых величин. Более того, даже средняя суточная вариация электрического поля, полученная для 12 дней с ясной погодой в апреле 1998 г., оказалась несоответствующей средней суточной вариации грозовых токов по тем же самым дням. Причины этих различий обсуждаются.

**НОВЫЕ ДАННЫЕ О СОСТАВЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИИ  
ЛИПАРОВЫХ РЫБ (*LIPARIDAE*, *SCORPAENIFORMES*)  
РАЙОНА О-ВОВ КЕРГЕЛЕН И КРОЗЕ**

Фауна липаровых рыб Южного океана и сопредельных вод в последнее время интенсивно изучается, и в настоящее время здесь известно около 130 видов 8 родов (Андряшев, 2002). Однако наши знания фрагментарны, и многие виды известны до сих пор лишь по единичным находениям. Поэтому каждое новое сообщение о липаридах Южного океана представляет большой интерес. Настоящая работа представляет результаты обработки небольшой коллекции липаровых рыб из Парижского музея Естественной истории, добытых в районе островов Кергелен и Крозе в нескольких научно-промысловых рейсах французских судов в 1995–2000 гг.

Подтверждается обитание в водах островов Кергелен и Крозе таких липарид, как *Paraliparis copei kerguelensis*, *P. copei wilsoni*, *P. gracilis*, *P. operculosus*, *P. thalassobathyalis*, *P. neelovi*. Уточнены глубины обитания *P. operculosus*, экземпляры которого отмечены на большей глубине, чем прежние находения этого вида (1129–1295 против 380–1010 м).

Морфологические различия между *P. copei wilsoni* и *P. copei kerguelensis* ранее не были отчетливо определены. В результате проведенного исследования выявлены диагностические особенности, по которым их можно легко различать. У *P. c. wilsoni*, обитающего в районе Кергелена, в отличие от *P. c. kerguelensis* из района о-ва Крозе подбородочные поры открываются отдельно (vs в общей ямке), *interneurale* первого луча спинного плавника внедряется между позвонками от 5 и 6 до 8 и 9 (vs от 3 и 4 до 5 и 6), кожа фиксированных экземпляров кремово-коричневая (vs молочно-белая), подбородок и рыло черноватые (vs светлые), голова больше (17–19,6 vs 15–16,5 % стандартной длины *SL*), глаз меньше (по нашим данным 21–25,4 vs 26–31 % длины головы), анус немного позади вертикали жаберного отверстия (vs немного впереди нее).

Выявлен новый вид рода *Paraliparis*. Взрослый экземпляр добыт из желудка *Dissostichus eleginoides*, пойманного в районе о-ва Крозе на глубине 550–1345 м. Малек длиной 36 мм *SL* пойман у о-ва Кергелен в пелагиали на глубине 350 м. Новый вид характеризуется косым ртом, сдвинутым назад началом спинного плавника, своеобразной комбинацией других признаков.

К другому, неопisanному пока виду относится, по-видимому, малек длиной *SL* 44 мм (49°01' ю.ш., 72°17' в.д., горизонт лова около 400 м над глубиной 1000 м).

Определение личинок и ранней молодежи антарктических липарид представляет большие трудности, поскольку определительные табли-

цы составлены по признакам взрослых особей. Особый интерес, поэтому, представляют обработанные нами уникальные сборы личинок и мальков липарид длиной 13–48 мм *SL* из пелагических тралений и планктонных ловов, в которых идентифицированы следующие виды: *P. gracilis*, *P. neelovi*, *P. cf. neelovi*, *P. operculosus*, *P. thalassobathyalis*, *Paraliparis sp.*, и описанный нами новый вид *Paraliparis*. Впервые составлены определительные таблицы для идентификации молоди липарид 8 видов длиной 28–36 мм *SL* района о-вов Кергелен и Крозе.

*Российский автор поддержан грантом РФФИ № 00-15-07794 и Федеральной программой «Мировой Океан», Проект 16 «Проведение комплексного изучения антарктической биоты» подпрограммы «Антарктика».*

В.С. Чуков  
Экспедиционный Центр «Арктика»

## **ИСПЫТАНИЯ ПОЛНОПРИВОДНЫХ КОЛЕСНЫХ ВЕЗДЕХОДОВ НА ШИНАХ СВЕРХНИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ**

Современная экономическая ситуация в России повлекла за собой резкое сокращение финансирования, направленного на развитие и совершенствование парка отечественных транспортных средств, предназначенных для решения комплекса задач по обеспечению наземных грузопассажирских перевозок в районах Крайнего Севера России и других регионах, характеризующихся крайне сложными природно-климатическими условиями.

Научно-производственная компания «Экстрэнс» в содружестве с Экспедиционным Центром «Арктика» Московского отделения Русского Географического общества с 1987 г. приступили к разработке колесных вездеходов на шинах сверхнизкого давления.

Принципиальными особенностями конструкции вездехода являются легкий несущий корпус машины, выполняемый из проката твердых алюминиевых сплавов методом клепки, и колесо, обладающее высокой эластичностью, большим радиусом качения и сверхнизким удельным давлением на грунт. Большой объем камер обеспечивает плавучесть машин и способность уверенно преодолевать водные преграды на плаву.

К.В. Шуст, А.Н. Козлов  
ВНИРО

## **БИОРЕСУРСЫ АНТАРКТИКИ, ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИЗУЧЕНИЯ ПРОМЫСЛОВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Воды Антарктики, как было выявлено в период 1970–1990 гг., выделяются высокой биопродуктивностью. Они и в настоящее время остаются наиболее перспективной для промысла областью Мирового океана.

Здесь были разведаны и довольно интенсивно использовались ресурсы антарктического криля, придонных нототеноидных рыб (нототении, ледяная рыба, клыкчак), мезопелагических рыб — светящихся анчоусов, кальмаров и крабов. Еще в начале 1990-х годов отечественный флот ежегодно добывал в антарктических водах около 300 тыс. т криля и от 50 до 100 тыс. т разных видов рыб.

В результате комплексного и поэтапного изучения биоресурсов Антарктики были выделены наиболее многочисленные виды гидробионтов, определены районы, сроки и масштабы их концентраций, определены величины общего и ежегодного научно-обоснованного допустимого вылова (ОДУ).

Полученные данные и материалы определили безусловный приоритет СССР и его преемницы — России, в области изучения и использования биоресурсов Антарктики на международном уровне.

Однако, резкое снижение Россией рыбохозяйственной и исследовательской деятельности может пагубно отразится на наших приоритетных позициях не только в вопросах использования биоресурсов, но и при пересмотре международного статуса Антарктики и ее отдельных районов.

В конвенционном районе вод Антарктики, в зоне действия Комиссии АНТКОМ и сопредельных водах, в последние годы следует отметить активизацию исследовательской и промысловой деятельности России.

Сотрудниками ВНИРО, АтлантНИРО и ПИНРО на основе изучения ретроспективных и последних данных российских и зарубежных исследований стран-участниц АНТКОМ, а также результатов промысла в водах Антарктики, на Рабочие группы и заседания Научного комитета регулярно представляются разработки и доклады для оценки биомассы и ОДУ криля, промысловых видов рыб и других гидробионтов. Так, по результатам работы российского НИС «Атлантида», участвовавшего в международной съемке ССАМЛР-2000 по оценке биомассы криля, был определен новый предохранительный уровень ежегодного вылова криля в Южной Атлантике. Совместно специалистами России, Японии, США, Великобритании и Республики Корея определена новая величина биомассы криля в АЧА, которая составила 44,3 млн. т, а предохранительный лимит вылова — 4,1 млн. т. Причем, этот лимит теперь подразделен по подрайонам наиболее активного промысла примерно поровну:

- Южные Шетландские о-ва (48.1) — 1,01 млн. т;
- Южные Оркнейские о-ва (48.2) — 1,06 млн. т;
- о-ва Южная Георгия (48.3) — 1,06 млн. т;
- Южные Сандвичевы о-ва (48.4) — 0,83 млн. т.

При участии наших специалистов производятся также оценки состояния популяций ледяной рыбы, клыкчака и других видов рыб с выделением единиц запаса и величины ОДУ. В результате, российское судно «Захар Сорокин» (Мурмантралфлот) получило возможность вылова ледяной рыбы в п/районе Южной Георгии (48.3) и, в начале 2000 г. выловило более 3,5 тыс. т, а в январе 2002 г. — более 1,0 тыс. т этой ценной рыбы.



Возвращаются в Антарктику и российские ярусоловы. После семилетнего перерыва в апреле-августе 2001 г. российские суда участвовали в промысле патагонского клыкача (*Dissostichus eleginoides*) и в п/районе Южной Георгии выловили более 300 т, а на подводных поднятиях индоокеанского сектора 2650 т этой рыбы. В этом сезоне российские рыбаки намереваются не только продолжить промысел патагонского клыкача в традиционных районах, но и начать промысел антарктического клыкача (*D. mawsoni*) в тихоокеанском секторе, о чем на последней сессии АНТКОМ в ноябре 2001 г. было сделано уведомление и на что было получено разрешение Комиссии.

В настоящее время только в атлантическом секторе можно добывать более 5 тыс. т клыкача, до 7 тыс. т ледяной рыбы и 5 тыс. т других нототеноидных рыб, 120 тыс. т светящегося анчоуса, 2,5 тыс. т кальмара и 1,6 тыс. т краба. В индоокеанском секторе промысел ледяной рыбы может составить 15–20 тыс. т, антарктической серебрянки от 100 до 150 тыс. т и криля более 2 млн. т. В тихоокеанском секторе существует ограничение только на вылов клыкача (около 2 тыс. т), а на другие объекты лова лимиты пока не установлены.

Для дальнейшей активизации исследований и промысла в водах Антарктики необходимо продолжать участие России в рабочих органах, Научном комитете и комиссии АНТКОМ, определяющих будущее использование биоресурсов, а также проведение международных и национальных экспедиций, подробный анализ данных в береговых условиях и обмен данными через базу данных АНТКОМ и на двусторонней основе. Кроме того, необходимо создание специальной группы научных наблюдателей, которые могли бы собирать и анализировать полноценную информацию об объектах и ходе промысла как на российских, так и на иностранных промысловых судах.

Для поддержания позиций АНТКОМ и других международных организаций следует внимательно рассмотреть вопрос о возобновлении практики наличия у всех морских рыбохозяйственных институтов крупнотоннажных универсальных экспедиционных судов типа НПС «Академик Книпович» с полным комплексом исследовательских и перерабатывающих устройств и механизмов. Для этой цели необходимо специально запланировать постройку или лучше переоборудование большого судна-траулера, способного также работать с ярусом, джиггером и другими орудиями лова.

Для решения всех планируемых мероприятий требуется экономическая поддержка, которая может осуществляться как на государственном уровне, так и заинтересованными судовладельцами, работающими или планирующими работать в водах Антарктики. Нам представляется вполне реальным объединение усилий и средств заинтересованных компаний для проведения опытно-промышленных экспедиций в воды Антарктики для получения пищевой, технической, медицинской и другой продукции высокого качества.

## СПИСОК СОКРАЩЕННЫХ НАИМЕНОВАНИЙ ОРГАНИЗАЦИЙ

*ААНИИ* – Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург  
*АВИ (АВТ)* – Институт Альфреда Вегенера, Бремерхафен, Германия  
*АтлантНИРО* – Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Калининград  
*АСОК* – Коалиция стран Антарктики и Южного океана  
*ВНИИГАЗ* – Всероссийский научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий, Московская обл.  
*ВНИИГМИ-МЦД* – Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных, г. Обнинск, Калужская обл.  
*ВНИИОкеангеология* – Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана, Санкт-Петербург  
*ВНИРО* – Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Москва  
*ВСЕГЕИ* – Всероссийский геологический институт, Санкт-Петербург  
*ГГО* – Главная Геофизическая Обсерватория им. А.И.Воейкова, Санкт-Петербург  
*Гидрометцентр России* – Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации, Москва  
*ЗИН РАН* – Зоологический институт Российской Академии наук, Санкт-Петербург  
*ИГ РАН* – Институт географии РАН, Москва  
*ИНМИ РАН* – Институт микробиологии РАН, Москва  
*ИО РАН* – Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН, Москва  
*ИФА РАН* – Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва  
*НАСА (NASA)* – Национальное аэрокосмическое агентство, Калифорния, США  
*НИЦ «Планета»* – Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета», Москва  
*НОАА (NOAA)* – Департамент океанографических и атмосферных исследований, Мэриленд, США  
*НПО «Тайфун»* – Научно-производственное объединение «Тайфун», г. Обнинск, Калужская обл.  
*ПИЯФ РАН* – Петербургский институт ядерной физики им. Б.П.Константинова РАН, Гатчина, Санкт-Петербург  
*ПМГРЭ* – Федеральное государственное унитарное научно-производственное предприятие Полярная морская геологоразведочная экспедиция, г. Ломоносов, Ленинградская обл.  
*РГАФК* – Российская Государственная Академия физической культуры  
*РГМУ* – Российский Государственный Гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург  
*Росгидромет* – Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды  
*СПбГУ* – Санкт-Петербургский Государственный университет  
*СПбГИ (ТУ)* – Санкт-Петербургский Государственный Горный институт (Технический университет), Санкт-Петербург  
*СПО ГОИН* – Санкт-Петербургское отделение Государственного океанографического института, Санкт-Петербург  
*ЦАО* – Центральная аэрологическая обсерватория, Московская обл., г. Долгопрудный

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

---

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

---