Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации

**Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды**

**Государственный научный центр Российской Федерации
Арктический и антарктический научно-исследовательский институт**

ЭКСПЕДИЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОГО ПОЛЯРНОГО ГОДА 2007/08

Том 1.
Экспедиции 2007 года

Под редакцией канд. физ-мат. наук А.И.Данилова

**ААНИИ
Санкт-Петербург
2008**

УДК 910.421.3, 910.424.3 (МПГ)

Составители: С.Б.Балясников, А.А.Меркулов, К.Г.Ткаченко, В.А.Болотова

В сборнике обобщены материалы, содержащие основные сведения об экспедиционных исследованиях российских организаций, выполненных в 2007 г. в рамках планов экспедиционных работ МПГ 2007/08. Включены авторские материалы, опубликованные в информационном бюллетене «Новости МПГ 2007/08», а также краткие отчеты организаций и руководителей экспедиций и справочные материалы: план экспедиций на 2007 г. и адресные данные организаций, принимавших в них участие. По ряду позиций плана экспедиций материалы о результатах работ к завершению формирования сборника в редакцию не поступили.

Сборник предназначен для специалистов в области полярных исследований.

Экспедиционная деятельность
в рамках Международного полярного года 2007/08

Том 1.
Экспедиции 2007 года

СБОРНИК СТАТЕЙ

Подписано в печать 15.12.08.
Печать офсетная. Печ. л. 31.
Тираж 400 экз.

Формат 60 × 90 1/8.
Заказ № 7615.

197101, Санкт-Петербург, ул. Кронверкская, 21
Типография «Экстрапринт»

ISBN 978-5-98364-027-6

© Государственный научный центр РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (ГНЦ РФ ААНИИ), 2008.

СОДЕРЖАНИЕ

I. Перечень организаций, участвовавших в экспедиционных исследованиях МПГ в 2007 г. VI

II. План экспедиционных исследований в Арктике в 2007 г. в рамках участия России в МПГ 2007/08 VIII

III. План экспедиционных исследований в Антарктике в 2007 г. в рамках участия России в МПГ 2007/08 XII

IV. Внеплановые экспедиционные исследования в 2007 г. в рамках участия России в МПГ 2007/08 XII

1. ИССЛЕДОВАНИЯ В АРКТИКЕ

1.1. Морские экспедиции

1.1.1. Морские высокоширотные экспедиции (МВ)

1. Проведение комплексных пространственно-распределенных наблюдений с дрейфующих льдов Арктики на базе ледовых лагерей (ПАЛЭКС) 1
И.А.Мельников. Панарктическая ледовая дрейфующая экспедиция (ПАЛЭКС) 1
2. Геолого-геофизические и ледово-гидрологические работы на атомном ледоколе «Россия» весной 2007 г. 5
А.В.Юлин. Комплексная высокоширотная арктическая экспедиция на борту атомохода «Россия» в мае–июне 2007 г. 5
В.А.Поселов, В.Д.Каминский. Комплексные геолого-геофизические исследования на хребте Ломоносова в составе экспедиции «Арктика-2007» 8
В.Т.Соколов. Основные результаты работы ГНЦ ААНИИ в ходе рейса «Трансарктика-2007» на атомном ледоколе «Россия» в мае–июне 2007 г. 12
3. Сезонная дрейфующая ледовая база в весенний период (в рамках рейса атомного ледокола «Россия») 13
С.Б.Балясников. Дрейф «Ледовой базы» завершен, впереди «Северный полюс-35» 13
4. Проведение морской экспедиции на НЭС «Академик Федоров». Океанографические работы летного отряда с борта НЭС «Академик Федоров» (июль–октябрь) 15
В.Т.Соколов, И.М.Ашик. Основные итоги экспедиции «Арктика-2007» 15
В.Н.Голубев, П.Б.Гребенников, Г.А.Ржаницын. Исследование роли морского ледяного покрова в газообмене океана и атмосферы 21
В.Т.Соколов Основные итоги работ Высокоширотной арктической экспедиции за 2007 г. 24
В.А.Поселов Экспедиция «Арктика-2007» 25
А.А.Лайба, В.А.Дымов. Предварительные результаты геологических исследований в рейсе «Арктика-2007» на НЭС «Академик Федоров» 26
5. Высокоширотная арктическая глубоководная экспедиция 30
С.Б.Балясников. Флаг России на Северном полюсе. Завершилась Высокоширотная глубоководная арктическая экспедиция 30
6. Работы дрейфующей станции «Северный Полюс-35» 32
В.Т.Соколов, С.В.Фролов. Организация дрейфующей станции «Северный полюс-35» 32

1.1.2. Морские экспедиции в арктических морях (ММ)

7. Экспедиция на атомных ледоколах Мурманского морского пароходства по трассе Севморпути 35
А.В.Ежов, Д.Г.Ишкулов Экспедиции ММБИ на атомных ледоколах Мурманского морского пароходства 35
Ивакина Ю.И. Морская экспедиция на атомном ледоколе «Арктика» 39
9. Исследования прибрежных морских акваторий Кольского полуострова на НИС «Дальние Зеленцы» 40
Моисеев Д.В., Гарбуль Е.А., Д.Г.Ишкулов, Н.Н.Мишина, А.В.Ежов, И.А.Нехаев, А.А.Олейник. Комплексные экспедиции в Баренцево море и Северный ледовитый океан в рамках МПГ 2007/08 на НИС «Дальние Зеленцы» 40
10. Экспедиция ПИНРО на НИС «Нансен» в Баренцевом море ... 46
Российско-норвежские исследования в проливе между архипелагами ЗФИ и Новая Земля в 2007 г. 46
11. Российско-американская морская экспедиция с борта ледокола «Ямал» по программе NABOS-АВЛАП 48
С.А.Кириллов. Российско-американское сотрудничество в области исследований в Арктике по проекту NABOS: пять лет успешной работы 48
13. Проведение дополнительный попутных наблюдений на НЭС «Михаил Сомов» в морях Российской Арктики в весенний (март–май) и летний (август–октябрь) период 50
Н.В.Кубышкин. Исследования айсбергов и айсбергопродуцирующих ледников в Баренцевом море 50
15. Выполнение морских геолого-геофизических экспедиционных исследований в северной части Баренцева моря на НИС «Академик Николай Страхов» 52
Морская экспедиция Геологического института РАН в рамках программы МПГ 2007/08 в 2007 г. 52
16. Выполнение морских судовых экспедиционных исследований в морях Российской Арктики на НИС «Иван Петров» и др. (август–ноябрь) (Баркалав-2007) 53
В.Н.Чурун, Л.А.Тимохов. Комплексная экспедиция в арктических морях – «Баркалав-2007» 53
С.Б.Кузьмин, А.Е.Новихин. Основные итоги морской научной экспедиции «Баркалав-2007» 54
М.В.Флинт. Отчет по работам НИС «Академик Мстислав Келдыш» (54-й рейс 6 сентября–7 октября 2007 г.) 58
17. Экспедиция на НЭС «Михаил Сомов» в Баренцевом море («Штокман-2007») 63
А.И.Данилов. Ледовая экспедиция в Баренцевом море 63
18. Экспедиция по губам и заливам Кольского полуострова 64
М.В.Макаров Комплексная береговая экспедиция по губам и заливам Кольского полуострова 64
19. Экспедиция по исследованию биологии камчатского краба 66
А.Г.Дворецкий, В.С.Зензеров. Экспедиция по исследованию биологии камчатского краба в губах Баренцева моря в 2007 г. 66
20. Программа «Российско-американское долговременное исследование Арктики» («RUSALCA») 68
В.Э.Голавский. Экспедиция «RUSALCA-2007» 68

1.2. Наземные экспедиции

1.2.1. Работы на архипелаге Шпицберген (Ш)

21. Комплексное исследование атмосферы на архипелаге Шпицберген 70
22. Развитие гидрометеорологической обсерватории и проведение комплексных исследований на архипелаге Шпицберген ..... 8471*С.Б.Балясников* Новые технологии и аппаратура для геофизического мониторинга испытаны в экспедиции
на о. Щпицберген 71
23. Проведение совместных измерений при помощи стандартных российских и зарубежных актинометрических датчиков (интеркалибрация) на базе ЗГМО «Баренцбург» 72
Иванов Б.В. Сравнительные актинометрические наблюдения по программе МПГ 2007/08 на архипелаге Шпицберген 72
Иванов Б.В.,П.Н.Священников, С.В.Кашин, А.В.Семенов, К.-П.Нильсен, Т.Свене. О проведении интеркалибрационных актинометрических наблюдений на архипелаге Шпицберген в апреле 2008 г. 73
24. Комплексные исследования архипелага Шпицберген 77
В.Ф.Старков, В.Л.Державин. Археологические исследования на архипелаге Шпицберген 77
Т.М.Кудерина, Г.М.Тертицкий. Влияние колоний морских птиц на геохимию ландшафтов о. Западный Шпицберген 78
Г.А.Тарасов, Д.Г.Ишкулов Комплексные исследования архипелага Шпицберген 79

СОДЕРЖАНИЕ

С.М.Прямиков, О.Ф.Голованов, М.В.Третьяков, Ф.Нильсен. Основные результаты океанографических исследований в заливе Грёнфьорд (о. Западный Шпицберген) в рамках экспедиции А-162-Ш в 2006–2007 гг. 81

25. Геологическое изучение архипелага Шпицберген как реперного объекта на стыке Северной Атлантики и западного сектора Арктики 87
М.А.Рогов, В.А.Захаров. Новые данные по биостратиграфии волжского яруса юрской системы Западного Шпицбергена .. 87
А.М.Тебеньков, А.А.Лайба. Предварительные результаты геологических исследований на Шпицбергене в 2007 г. ... 89

1.2.2. Гидрометеорологические и климатические работы (ГМК)

26. Экспедиционные работы по мониторингу космических лучей в арктической атмосфере и на уровне моря 94
Н.С.Свиржевский. Мониторинг космических лучей в атмосфере на высоких широтах 94

28. Подспутниковое дешифрирование микроволновых съемок из космоса для определения характеристик снежного покрова 95
Информация о проведенных на Полярном и Приполярном Урале полевых работах 95

29. Глубоководные бурения в рамках исследования палеоклимата оз. Эльгыгытгын 96
Г.Б.Федоров. Кратер оз. Эльгыгытгын и палеоклимат Арктики 97

30. Влияние загрязнения снежного покрова на альбедо: «Сажа-2007» 98
В.Ф.Радионов, В.С.Ипполитов, Т.Гренфел, С.Хадсон. Экспедиционные исследования уровней загрязнения снежного покрова в Арктике 98

31. Исследование пространственного распределения и переноса газовых и аэрозольных составляющих атмосферы в Северной Евразии при помощи передвижной лаборатории 101
Н.Ф.Еланский. Температурный режим, малые газовые примеси, динамические и химические процессы в атмосфере полярных и субполярных районов 101

32. Исследование режима климатических параметров вдоль трансекта «Охотское море–Полюс холода Евразии» 103
М.Д.Ананичев. Исследование режима климатических параметров вдоль трансекта «Охотское море–полюс холода Евразии» 103

1.2.3. Исследования криосферы (К)

33. «Лена-2008». История развития и современная динамика льдистых толщ в арктической зоне Северо-Востока России 104
М.Н.Григорьев. Мерзлотно-геологические исследования побережья восточно-арктических морей России, экспедиция «Лена–Новосибирские о-ва-2007» 104
34. Изучение генезиса и динамики подземных льдов Енисейского Севера 107
О.А.Казанский. Изучение генезиса и динамики подземных льдов Енисейского Севера 107

35. Исследование теплового поля и криолитозоны на нефтегазовых и рудных месторождениях Енисейского Севера ... 108
Е.А.Слагода. Исследования криолитозоны Арктики на суше и в море в 2007 г. 108

36. Исследование геотемпературного поля и криолитозоны Яно-Оймяконского плоскогорья 112
А.Э.Басилян, П.А.Никольский, М.А.Анисимов. Плейстоценовое оледенение Новосибирских островов – сомнений больше нет 112

37. Изучение реакции криолитозоны на изменение климата Азиатского сектора Арктики 115
Г.В.Малкова, А.Г.Скворцов. Мониторинг криолитозоны Европейского Севера в 2007 г. 115

38. «Лена–Новосибирские острова-2007». Мерзлотно-геологические исследования побережья восточно-арктических морей России 118

39. Исследование эволюции криосферы прибрежно-морской области и шельфа Российской Арктики 119
А.А.Васильев. Изучение мерзлоты на Западном Ямале в рамках МПГ 2007/08 119
В.А.Сарана. Гляциологические заметки по материалам экспедиции на Восточный Таймыр в 2007 г. 121
Е.А.Слагода. Исследование эволюции криосферы прибрежно-морской области и шельфа Российской Арктики ... 122

40. Динамика криолитозоны Российской Арктики в связи с изменением климата 124
Е.А.Слагода. Динамика криолитозоны Российской Арктики в связи с изменением климата 124

41. Международные полевые учебные практики по мерзлотоведению на севере Западной Сибири (Уренгой, Ямбург) ... 125
В.И.Гребенец, А.Н.Курчатова. Первые международные студенческие полевые курсы по мерзлотоведению «TEPO-Yamburg-2007» на севере Западной Сибири 125

42. Международные полевые учебные практики по мерзлотоведению на побережье Енисейского залива 128
И.Д.Стрелецкая, А.А.Васильев. Летняя полевая учебная практика по мерзлотоведению «Мерзлота и перигляциальная геоморфология Западной Сибири и Западного Таймыра» 128

1.2.4. Экосистемные исследования (Э)

46. Береговая экспедиция «Фитобентос» 130
М.В.Макаров. Береговая экспедиция на побережье Баренцева моря «Фитобентос-2007» 130

47. Изучение качества поверхностных вод, состояния гидробионтов и донных отложений водоемов и водотоков Мурманской и Архангельской областей 133
В.П.Шевченко. Экспедиция в маргинальный фильтр Северной Двины в начале МПГ 2007/08 133

48. Комплексная палеоэкологическая экспедиция «Берингия» 135
49. Комплексные интегрированные пространственно-распределенные наблюдения состояния окружающей среды 136
А.А.Тишков. Климатогенные и антропогенные изменения биоты и экосистем Российской Арктики 136

50. Комплексные исследования, включающие спутниковые и наземные наблюдения состояния наземных экосистем тундра–лесотундра, лесотундра–лес в связи с изменением климата и антропогенным воздействием в Арктике 141
А.А.Соколов. «Хищники Арктики как индикаторы состояния тундровых экосистем»: Работа в рамках проекта МПГ 2007/08 141

51. Исследования миграционных потоков диких северных оленей таймырской популяции на Таймыре 143
В.В.Михайлов, Л.А.Колпащиков, В.Ю.Мордовин, А.В.Пестерева. Моделирование биоклиматической структуры ареала диких северных оленей таймырской популяции 143

52. Создание Опытной станции на о. Самойловский в устье Лены в целях комплексного исследования региона 147
53. Оценка состояния популяций ключевых видов морских птиц Арктики 148
М.В.Гаврило. Любительница льдов цвета слоновой кости: проект «Белая чайка» в исследованиях экспедиции «Арктика-2007» 148
М.В.Гаврило. Оценка состояния популяций ключевых видов морских птиц Арктики 149
Г.М.Тертицкий. Исследования изменений в разнообразии и численности морских птиц Белого моря за последние 50 лет 150

1.2.5. Геолого-геофизические работы (ГГ)

54. Выполнение сухопутных геологических экспедиционных исследований в северной части Баренцева моря, Онежском и Ладожском озерах 152
А.С.Балуев, Е.С.Пржиялговский, Е.Н.Терехов. Экспедиционные работы 2007 г. на южном берегу Белого моря и в центральной части Кандалакшского залива 152

Л.П.Свириденко, А.В.Первунина. Геологическая экспедиция по Онежскому и Ладожскому озерам 155
М.А.Рогов. Выполнение сухопутных геологических экспедиционных исследований в районе северной части Баренцева моря 157

55. Геологическая экспедиция на Новосибирские острова в целях реконструкции тектонической эволюции Восточно-Арктического шельфа в позднем палеозое–мезозое ... 158
А.Б.Кузьмичев. О геологических исследованиях на о. Столбовой (Новосибирские острова), проведенных Геологическим институтом РАН летом 2007 г. 158
56. Комплексы метаморфических ядер Арктической части Верхояно-Колымской складчатой области и на Чукотке ... 162
С.Д.Соколов, Г.В.Леднева, С.А.Паланджян, А.В.Моисеев, А.Ишиватари, С.Мачи, Я. Хаясака, Б.А.Базылев. Полевые исследования офиолитов центральной Чукотки: Усть-Бельский террейн 162
57. Сейсмотектонические исследования плейстосейстовых областей Хараулахской группы катастрофических палеоземлетрясений (тренчинг, возрастные датировки) 165
Л.П.Имаева. Исследования плейстосейстовых областей Хараулахской группы катастрофических землетрясений ... 165

1.2.6. Социально-экономические исследования (СЭ)

59. Этно-экологические и социально-экономические исследования в прибрежной зоне Арктики. Оценка адаптационных возможностей населения прибрежных поселков к изменениям природного и антропогенного генезиса ... 166
А.А.Виноградова. Промышленность Заполярья – источник загрязнения для окружающей среды Арктики 166
Ю.С.Лукьянов, А.В.Черкасов, С.Б.Тамбиев. О первом демонстрационном проекте по реабилитации территории архипелага Земля Франца-Иосифа (проект ЮНЕП/ГЭФ «НПД-Арктика») 167
Н.В.Федорова. «Антропогенный фактор и среда: история взаимовлияния и взаимодействия с древности до XIX в.»: работы в Ямало-Ненецком автономном округе в рамках проекта МПГ 2007/08 170
60. Проведение экспериментов в период сезонных операций в Арктике 2007 и 2008 г. Испытания системы удаленного профилактического мониторинга здоровья населения Северной полярной зоны 174
Ю.И.Сенкевич. Охрана здоровья населения полярных зон Российской Федерации в рамках концепции телемедицинской системы профилактики заболеваний 174
В.Н.Шеповальников, Щ.Б.Тешебаев, В.А.Оношко. Работы Центра полярной медицины по программе МПГ 2007/08 ... 177

2. РАБОТЫ В АНТАРКТИКЕ
2.1. Морские экспедиции (МЭ)

61. Океанографические исследования в антарктической зоне Южного океана 178
Н.Н.Антипов, А.В.Клепиков. Океанографические исследования в море Содружества в рамках МПГ 2007/08 ... 178
Н.Н.Антипов, А.В.Клепиков. Исследования Южного океана, выполненные ААНИИ по двум кластерным проектам МПГ в 2008 г. 179
В.В.Сапожников. Океанографические исследования в антарктической зоне Южного океана 182
62. Выполнение разрезов SR1 и SR2 через пролив Дрейка и от Африки до Антарктиды 186
А.В.Клепиков. Морские работы в Антарктике 186
63. Изучение биоты Южного океана (экология бентали и пелагиали Антарктики) 187
Б.И.Сиренко, С.Ю.Гагаев, В.Л.Джуринский. Российские водолазы-исследователи снова в Антарктике 187
Р.В.Смирнов, В.В.Потин. Научно-исследовательские работы ЗИН РАН в сезонный период 53-й РАЭ 195
64. Экосистемы морского льда Антарктики 197
И.А.Мельников. Изучение морских ледовых экосистем Антарктики в период проведения МПГ 2007/08 197
И.А.Мельников. Экспедиционные работы по проекту «Изучение ледовых экосистем Антарктики» 199
65. Геолого-геофизическое изучение окраинных морей Антарктиды: восточная часть моря Содружества (в составе 52-й РАЭ) 201
Г.Л.Лейченков, В.В.Гандюхин, С.Б.Балясников. Совместные исследования ученых России и Германии – крупный вклад в исследования моря Содружества 201
В.В.Гандюхин, Ю.Б.Гусева. Предварительные результаты комплексных исследований восточной части моря Содружества в составе 52-й РАЭ 202
Г.Л.Лейченков, Ю.Б.Гусева, В.В.Гандюхин. Предварительные результаты геолого-геофизических исследований в южной части Индийского океана 206

2.2. Наземные экспедиции (НЭ)

73. Экологически чистое проникновение и комплексное исследование подледникового озера Восток 209
А.В.Клепиков. Наземные работы в Антарктике 209
В.Я.Липенков. Исследования подледникового оз. Восток 211
В.Я.Липенков, Ю.А.Шибаев, В.С.Попов. Гляцио-геофизические исследования линий тока льда, проходящих через подледниковое оз. Восток 214
78. Исследование эффектов и природы импульсного космофизического излучения по данным высокоточных синхронных измерений на ст. Новолазаревская (Антарктика) 217
Л.Н.Турышев, В.Я.Венчиков, В.Н.Денисенко, А.Н.Красовский, А.М.Шаламянский. Результаты натурных испытаний озонометра М-124 в Антарктиде 217
В.Ф.Радионов, Е.Е.Сибир. Озон в антарктической атмосфере 219
79. Экспедиционные работы по мониторингу космических лучей в антарктической атмосфере и на уровне моря 221
Ю.И.Стожков. Выполнение проекта «Верхняя атмосфера и околоземное космическое пространство» 221
Н.С.Свиржевский. Мониторинг космических лучей в атмосфере на высоких широтах 222
81. Оценка состояния популяций ключевых видов морских птиц Антарктики 223
М.В.Гаврило. Как здоровье птиц Арктики и Антарктики? ... 223
М.В.Гаврило, И.И.Чупин. Исследования крупномасштабных закономерностей распределения морских птиц и млекопитающих в Южном океане в сезон 2007/08 г. ... 224
82. Геолого-геофизическое изучение Антарктиды: горные районы Земли Мак-Робертсона (в составе 52-й РАЭ) ... 227
Д.М.Воробьев, А.В.Киселев, С.В.Попов, А.М.Попков. Предварительные результаты геолого-геофизических исследований, выполненных в составе 52-й РАЭ 227
86. Проведение экспериментов в период сезонных операций 2007 и 2008 гг. в Антарктике. Испытания системы удаленного профилактического мониторинга здоровья участников РАЭ 231
Ш.Б.Тешебаев. Мониторинговые исследования бактериального присутствия в пробах грунта на российских антарктических станциях 231

3. ВНЕПЛАНОВЫЕ ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В.Я.Евзеров. Заключительные этапы эволюции покровного и горного оледенений в Хибинах 233

I. ПЕРЕЧЕНЬ ОРГАНИЗАЦИЙ, УЧАСТВОВАВШИХ В ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ МПГ В 2007 г.

Полное название	Сокращенное название в сборнике	Почтовый адрес
Федеральное государственное унитарное предприятие «Аэрогеодезия»	ФГУП «Аэрогеодезия»	192102, С.-Петербург, ул. Бухарестская, 8
Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана	ФГУП «ВНИИОкеангеология»	190121, С-Петербург, Английский проспект, 1
Государственное учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова»	ГУ «ГГО»	194021, С.-Петербург, ул. Карбышева, 7
Геологический институт Российской академии наук	ГИН РАН	119017, Москва, Пыжевский пер., 7
Государственное учреждение «Государственный океанографический институт»	ГУ «ГОИН»	119034, Москва, Кропоткинский пер., 6
Государственная полярная академия	ГПА	192007, С.-Петербург, Воронежская ул., 79
Государственное учреждение «Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт»	ГУ «ДВНИГМИ»	690091, Владивосток, ул. Фонтанная, 24
Зоологический институт Российской академии наук	ЗИН РАН	199034, С.-Петербург, Университетская наб., 1
Институт географии Российской академии наук	ИГ РАН	119017 Москва, Старомонетный переулок, 29
Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН	ИГАБМ СО РАН	677980, Якутск, Россия, пр. Ленина, 39
Институт Земной коры СО РАН	ИЗК СО РАН	664033 г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128
Институт криосферы Земли РАН	ИКЗ РАН	625000, Тюмень, а/я 1230, юр. адрес: ул. Малыгина, 86
Институт мерзлотоведения им. П.И.Мельникова СО РАН	ИМЗ СО РАН	677010, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Мерзлотная, 36
Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН	ИО РАН	117997, Москва, Нахимовский проспект, 36
Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН	ИППЭС КНЦ РАН	184209, Апатиты, Мурманская обл., ул. Ферсмана, 14
Институт системного анализа РАН	ИСА РАН	117312, Москва, пр. 60-летия Октября, 9
Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова Российской академии наук	ИФА РАН	119017, Москва, Пыжевский пер., 3
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН	ИФХиБПП РАН	142290, Московская обл., Пущино, ул. Институтская, 2
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова	Географический факультет МГУ	119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы
Мурманский морской биологический институт	ММБИ	183010, Мурманск, ул. Владимирская, 17
Государственное учреждение «Научно-производственное объединение «Тайфун»	ГУ «НПО «Тайфун»	249038, Калужская обл., Обнинск, пр. Ленина, 82
Научный фонд «Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Ф.Нансена»	«Нансен-центр»	199034, С.-Петербург, 14-я линия, 7а, оф. 49Н
Полярный геофизический институт Кольского научного центра РАН	ПГИ КНЦ РАН	183010, Мурманск, ул.Халтурина,15
Федеральное государственное унитарное предприятие «Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М.Книповича»	ФГУП «ПИНРО»	183038, Мурманск, ул. Книповича, 6

Федеральное государственное унитарное научно-производственное предприятие «Полярная морская геологоразведочная экспедиция»	ФГУ НПП ПМГРЭ	188512, С.-Петербург, Ломоносов, ул. Победы, 24
Фонд полярных исследований	Полярный Фонд	103030, Москва, ул. Селезневская, 11А
Российский государственный гидрометеорологический университет	РГГМУ	195196, С.-Петербург, Малоохтинский пр., 98
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН	ТИГ ДВО РАН	690041, Приморский край, г. Владивосток, ул. Радио, 7
Физический институт им. П.Н.Лебедева Российской академии наук	ФИАН	119991, Москва, Ленинский проспект, 53
Государственное учреждение «Центральная аэрологическая обсерватория»	ГУ «ЦАО»	141700, Московская обл., г. Долгопрудный, ул. Первомайская, 3
Северное межрегиональное территориальное управление Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды	СУГМС	163020, Архангельск, ул. Маяковского, 2
Государственное учреждение «Мурманское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»	МУГМС	183789. г. Мурманск, ул. Шмидта, 23
Государственное учреждение «Якутское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»	ЯУГМС	677010, г.Якутск, ул.Якова Потапова, 8
С.-Петербургский государственный университет	СПбГУ	199034, С.-Петербург, Университетская наб., д.7-9
Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический института Минобороны РФ	ГНИНГИ МО	199106, г.С.-Петербург, Кожевенная линия, 41
Геологический Институт Кольского Научного Центра Российской академии наук	КНЦ РАН	184209, Мурманская область, Апатиты, ул. Ферсмана, 14
Северо-восточный комплексный научно-исследовательский институт дальневосточного отделения Российской академии наук	СВКНИИ	685000, г.Магадан, ул. Портовая, 16
Якутский государственный университет им. М.К.Аммосова	ЯГУ	677000, Якутск, ул. Белинского, 58
Тюменский государственный нефтегазовый университет	Тюм.НГУ	625000, Тюмень, ул. Володарского, 38
Государственное научное учреждение ордена «Знак Почета» Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крайнего Севера	ГНУ НИИСХ Крайнего Севера	663302, Красноярский край, Норильск, ул. Комсомольская, 1
Институт культурного и природного наследия РОСНИИ им. Д.С.Лихачева		129366, Москва, ул. Космонавтов, 2
Тихоокеанский океанологический институт им. В.И.Ильичева ДВО РАН	ТОИ ДВО РАН	690041, Владивосток, ул. Балтийская, 43
С.-Петербургский государственный горный институт (технический университет)	СПГГИ (ТУ)	199106, С.-Петербург, В. О., 2-я линия, 2

II. ПЛАН ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АРКТИКЕ В 2007 г. В РАМКАХ УЧАСТИЯ РОССИИ В МПГ 2007/08

Наименование экспедиции	Период работ
1.1. Морские	
1.1.1. Высокоширотные	
1. Проведение комплексных пространственно-распределенных наблюдений с дрейфующих льдов Арктики на базе ледовых лагерей (ПАЛЭКС)	Март–апрель 2007
2. Геолого-геофизические работы и ледово-гидрологические работы на атомном ледоколе «Россия»	Апрель–июнь 2007
3. Сезонная дрейфующая ледовая база в весенний период (в рамках рейса атомного ледокола «Россия»)	Апрель–август 2007
4. Проведение морской экспедиции на НЭС «Академик Федоров»	Июль–октябрь 2007
5. Высокоширотная арктическая глубоководная экспедиция	Июль–август 2007
6. Работы дрейфующей станции «Северный полюс-35»	Сентябрь–декабрь 2007
1.1.2. Морские экспедиции	
7. Экспедиция на атомных ледоколах Мурманского морского пароходства по трассе Севморпути	Февраль–март, май–июнь, сентябрь–октябрь, декабрь 2007
8. Исследования прибрежных морских акваторий Кольского п-ова на НИС «Дальние Зеленцы» и «Помор»	Март, май–июнь, сентябрь, ноябрь 2007
9. Экспедиция на НИС «Дальние Зеленцы»	Август 2007
10. Экспедиция ПИНРО на НИС «Нансен»	Август–сентябрь 2007
11. Российско-американская морская экспедиция с борта ледокола «Ямал» по программе NABOS-АВЛАП	Август–сентябрь 2007
12. Российско-германская морская экспедиция в море Лаптевых по программе исследования фронтальных зон и полыней с борта НИС «Иван Петров»	Август–сентябрь 2007
13. Проведение дополнительный попутных наблюдений на НЭС «Михаил Сомов» в морях Российской Арктики весной и летом	Август–октябрь 2007
14*. «Бурение подводной мерзлоты в море Лаптевых-2008». Эволюция и распространение подводной мерзлоты в прибрежно-шельфовой зоне Арктики	Март–май 2008
15. Выполнение морских геолого-геофизических экспедиционных исследований в северной части Баренцева моря на НИС «Академик Николай Страхов». Выполнение сухопутных геологических работ	2006–2008
16. Выполнение морских судовых экспедиционных исследований в морях Российской Арктики на НИС «Иван Петров» и др. (Баркалав-2007)	Август–ноябрь 2007
17. Экспедиция ИО РАН на НИС «Профессор Штокман» в северной части Карского и Баренцева морей	Июль–сентябрь 2007
18. Экспедиция по губам и заливам Кольского п-ова	Апрель–май 2007
19. Экспедиция по исследованию биологии камчатского краба	Июль–август 2007
20. Российско-американская экспедиция «RUSALCA»	Август–сентябрь 2007–2008
1.2. Наземные	
1.2.1. Работы	
21. Комплексные исследования атмосферы на арх. Шпицберген	Январь–декабрь 2007–2009
22. Развитие ГМО и проведение комплексных исследований на арх. Шпицберген (в течение года)	Апрель–май, июль–август 2007
23. Проведение совместных измерений с помощью стандартных российских и зарубежных актинометрических датчиков (интеркалибрация) на базе ЗГМО «Баренцбург» (арх. Шпицберген, МУГМС)	Апрель–май 2007
24. Комплексные исследования арх. Шпицберген	Май, июль–август, сентябрь 2007
25. Геологическое изучение арх. Шпицберген как реперного объекта на стыке Северной Атлантики и западного сектора Арктики	Июнь–сентябрь 2007
1.2.2. Гидрометеорологические	
26. Экспедиционные работы по мониторингу космических лучей в арктической атмосфере и на уровне моря	Январь–декабрь 2007–2009
27*. Организация и развитие работ ГМО в Тикси	Март–декабрь 2007
28. Подспутниковое дешифрирование микроволновых съемок из космоса для определения характеристик снежного покрова	Март–апрель 2007
29. Глубоководные бурения в рамках исследования палеоклимата оз. Эльгыгытгын	Май–июнь 2007
30. «Сажа-2007» (Влияние загрязнения снежного покрова на альбедо)	Май 2007, 2008
31. Исследование пространственного распределения и переноса газовых и аэрозольных составляющих атмосферы в Северной Евразии при помощи передвижной лаборатории	Июнь 2007, июль 2008
32. Исследование режима климатических параметров вдоль трансекта Охотское море–полюс холода Евразии	Сентябрь 2007

II. ПЛАН ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АРКТИКЕ В 2007 г. В РАМКАХ УЧАСТИЯ РОССИИ В МПГ 2007/08

Район работ	Основные участники и организаторы экспедиции
экспедиции	
экспедиции (МВ)	
Арктический бассейн	Северное УГМС, ИО РАН, НО «Полярный Фонд», Центр «Полюс» Ассоциации полярников России, ААНИИ
«	ВНИИОкеангеология, Севморгео, ПМГРЭ, ААНИИ
«	ААНИИ, ИО РАН
Арктический бассейн и арктические моря	ААНИИ, ИО РАН, ИФА РАН, ГГО, ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ, Фонд «Нансен-Центр», НПО «Тайфун», Вудсхоллский океанографический институт (США), Университет П. и М. Жолио-Кюри (Франция)
Арктический бассейн	НО «Полярный Фонд», ААНИИ, ИО РАН, ММП
Арктический бассейн	ААНИИ, ИО РАН, ГГО, НПО «Тайфун», Институт А.Вегенера (AWI) (Германия)
в арктических морях (ММ)	
Карское, Баренцево моря	ММБИ КНЦ РАН
Баренцево море	«
Баренцево море	«
Карское и Баренцево моря	ПИНРО, «Нансен-Центр» (Норвегия)
Арктический бассейн, моря Восточно-Сибирское и Лаптевых	ААНИИ, ИФА РАН, СПБГУ, ГНИНГИ МО, ТОИ РАН, ИО РАН, IARC, University of Miami и Florida State University (США), AWI и IFM-GEOMAR (Германия), LAVAL University, University of Manitoba Winnipeg и OM LTD (Канада), IO PAN (Польша)
Море Лаптевых и Восточно-Сибирское море	ААНИИ, ВНИИОкеангеология, AWI и НИЦ геологических наук (IFM GEOMAR) (Германия)
Моря Баренцево, Карское и Лаптевых	ААНИИ, ИФА РАН, Северное УГМС, ГПА, РГГМУ
Море Лаптевых	ИМЗ СО РАН
Норвежско-Гренландский бассейн, северная часть Баренцева моря, арх. Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля	ГИН РАН, ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ, ИГ РАН, ННД, Университеты Осло, Бергена, Тромсё
Моря Баренцево, Карское, Лаптевых и Восточно-Сибирское	ААНИИ, ГОИН, Северное УГМС, ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ
Карское и Баренцево моря	ИО РАН
Кольский п-ов	ММБИ КНЦ РАН
Мурманское побережье Баренцева моря	«
Берингов пролив, Берингово, Чукотское моря и район Северного Ледовитого океана к северу от Чукотского моря	ИО РАН, ТИГ РАН, ААНИИ, ДВНИГМИ, Группа «Альянс», ГНИНГИ МО
экспедиции	
на Шпицбергене (Ш)	
Арх. Шпицберген	ПГИ КНЦ РАН
Шпицберген (р-н Баренцбурга)	ААНИИ, МУГМС, ИГ РАН, НПИ
Арктический бассейн, арх. Шпицберген	ААНИИ, МУГМС, СПбГУ, НПИ
Арх. Шпицберген	ММБИ КНЦ РАН
Шпицберген: Баренцбург, Пирамида, Северо-Восточная Земля	ПМГРЭ, Арктикуголь
и климатические исследования (ГМК)	
Мурманская область	ФИАН
Тикси, Якутия	ААНИИ, ЯУГМС, НО «Полярный Фонд», NOAA (США)
Полярный Урал	ИГ РАН
Озеро Эльгыгытгын, Чукотка	ААНИИ, Северо-Восточный комплексный институт РАН, Университет Лейпцига (Германия), Массачусетский университет, НОАА, Национальный научный фонд (США)
Воркута, Нарьян-Мар, Норильск, Диксон, Хатанга	ААНИИ
Москва–Воркута–Москва, Москва–Владивосток–Москва	ИФА РАН, ВНИИЖТ, НИФХИ, NILU (Норвегия), Университет Хельсинки (Финляндия)
Магаданская область, Республика Саха (Якутия)	ИГ РАН, Институт технологии Китами (Япония)

II. ПЛАН ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АРКТИКЕ В 2007 г. В РАМКАХ УЧАСТИЯ РОССИИ В МПГ 2007/08

Наименование экспедиции	Период работ
1.2.3. Исследования	
33*. «Лена-2008». История развития и современная динамика льдистых толщ в арктической зоне Северо-Востока России	Май–сентябрь 2008
34. Изучение генезиса и динамики подземных льдов Енисейского Севера	Июнь 2007, август 2008
35. Исследование теплового поля и криолитозоны на нефтегазовых и рудных месторождениях Енисейского Севера	Июнь 2007, декабрь 2008
36. Исследование геотемпературного поля и криолитозоны Яно-Оймяконского плоскогорья	Июнь 2007, сентябрь 2008
37. Изучение реакции криолитозоны на изменение климата Азиатского сектора Арктики	Июнь 2007, декабрь 2008
38. «Лена–Новосибирские острова-2007». Мерзлотно-геологические исследования побережья восточно-арктических морей России	Май–сентябрь 2007
39. Исследование эволюции криосферы прибрежно-морской области и шельфа Российской Арктики	Июль–сентябрь 2007, 2008, 2009
40. Динамика криолитозоны Российской Арктики в связи с изменением климата	Июль–сентябрь 2007, 2008, 2009
41. Международные полевые учебные практики по мерзлотоведению на севере Западной Сибири (Уренгой, Ямбург)	Июль 2007, 2008
42. Международные полевые учебные практики по мерзлотоведению на побережье Енисейского залива	Июль–август 2007, 2008, 2009
43*. Пространственно-временная изменчивость параметров снежно-ледовых явлений и динамики криолитозоны Арктики в условиях изменяющегося климата	Сентябрь 2008
1.2.4. Экосистемные	
44. Разведка запасов мамонтовых бивней на Западной Чукотке	Июль–август 2007
45. Нижнеколымская экспедиция	Январь–декабрь 2007–2009
46. Береговая экспедиция «Фитобентос»	Январь, апрель–май, июль–октябрь 2007
47. Изучение качества поверхностных вод, состояния гидробионтов и донных отложений водоемов и водотоков Мурманской области	Апрель 2007, октябрь 2008
48. Комплексная палеоэкологическая экспедиция «Берингия»	Апрель–октябрь 2007
49. Комплексные интегрированные пространственно-распределенные наблюдения состояния окружающей среды	Май–октябрь 2007
50. Комплексные исследования, включающие спутниковые и наземные наблюдения состояния наземных экосистем тундра–лесотундра, лесотундра–лес в связи с изменением климата и антропогенным воздействием в Арктике	Май 2007, октябрь 2008
51. Исследования миграционных потоков диких северных оленей таймырской популяции на Западном и Восточном Таймыре	Май 2007, октябрь 2009
52. Создание «Опытной станции на о. Самойловский» в устье Лены в целях комплексного исследованию региона	Июнь–декабрь 2007
53. Оценка состояния популяций ключевых видов морских птиц Арктики	Июль 2007
1.2.5. Геолого-геофизические	
54. Выполнение сухопутных геологических экспедиционных исследований в районе северной части Баренцева моря	2006–2008
55. Геологическая экспедиция на Новосибирские о-ва в целях реконструкции тектонической эволюции Восточно-Арктического шельфа в позднем палеозое-мезозое	Июнь 2007, сентябрь 2007
56. Комплексы метаморфических ядер Арктической части Верхояно-Колымской складчатой области	Июль–август 2007
57. Сейсмотектонические исследования плейстосейстовых областей Хараулахской группы катастрофических палеоземлетрясений (тренчинг, возрастные датировки)	Июль, сентябрь 2007, 2009
1.2.6. Социально-экономические	
58. Проведение комплексных работ по социально-экономическому развитию полярных регионов, наращиванию образовательного и научного потенциала в области полярных исследований, распространению знаний среди широкой общественности	Июнь–октябрь 2007
59. Этно-экологические и социально-экономические исследования в прибрежной зоне Арктики. Оценка адаптационных возможностей населения прибрежных поселков к изменениям природного и антропогенного генезиса	Июль–сентябрь 2007
60. Проведение экспериментов в период сезонных операций в Арктике 2007 и 2008 г. Испытания системы удаленного профилактического мониторинга здоровья населения Северной полярной зоны	Август 2007, 2008

Район работ	Основные участники и организаторы экспедиции
криолитозоны (К)	
Северо-Восток России, моря Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское	ИМЗ СО РАН, ААНИИ, МГУ, AWI, Университет Гамбурга (Германия)
Низовье р. Енисей	ИМЗ СО РАН
Заполярная часть Енисейского Севера	«
Заполярная часть бассейна р. Яна	«
Северо-Восток России	ИМЗ СО РАН, Якутский государственный университет, Геофизический Институт Университета Аляски (Фэрбэнкс, США)
Побережье моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря	ИМЗ СО РАН, ААНИИ, МГУ, АВИ (Потсдам), Университет Гамбурга
Западный Ямал, Югорский п-ов, Западный Таймыр, Печорская губа	ИКЗ СО РАН, МГУ, СПбГУ, ВНИИОкеангеология
Центральный и Южный Ямал, Уренгой	ИКЗ СО РАН, Университет Аляски (Фэрбэнкс, США)
Уренгой, Ямбург	МГУ, Тюменский НГУ, Университет Гамбурга, Университет Делавера (США)
Побережье Западного Таймыра	МГУ, СПбГУ, ВНИИОкеангеология, ИКЗ СО РАН
Шпицберген	ИГ РАН
исследования (Э)	
Чаунская губа, р. Малый Анюй	ЗИН РАН, Заповедник «Остров Врангеля»
Республика Саха (Якутия), Нижне-, Средне- и Верхнеколымский районы	Северо-Восточная научная станция Тихоокеанского института географии ДВО РАН
Мурманское побережье Баренцева моря	ММБИ КНЦ РАН
Ловозерский, Мончегорский, Кольский, Терский районы	ИППЭС КНЦ РАН
Дельта р. Лены, Колымская и Яно-Индигирская низменности	ИФХиБПП РАН
Кольский п-ов, Фенноскандия, Баренц-регион	ИППЭС КНЦ РАН
Кольский п-ов, Северная Норвегия	«
Бассейны рек Пясино, Хета, Хатанга (Таймыр), север плато Путарана	ГНУ НИИСХ Крайнего Севера Россельхозакадемии
Остров Самойловский (устье р. Лены, Якутия)	ААНИИ, СПБГУ Минобрнауки, Усть-Ленский заповедник, AWI (Германия)
Земля Франца-Иосифа, Северная Земля	ААНИИ
исследования (ГГ)	
Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля	ГИН РАН, ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ, ИГ РАН, ННД, Университеты городов Осло, Берген, Тромсё
Арх. Новосибирские острова, о. Столбовой	ГИН РАН
Побережье моря Лаптевых	ИГАиБМ СО РАН
Прибрежно-шельфовая зона моря Лаптевых и Северное Верхоянье	ИГАиБМ СО РАН, ИЗК СО РАН
исследования (СЭ)	
Ямало-Ненецкий АО (включая Ямал), Якутия, Земля Франца-Иосифа, Диксон, Северная Земля	ААНИИ, Медицинская академия СПб, НПО «Тайфун»
Восточный Мурман, Тазовский и Ямальский р-ны Ямало-Ненецкого АО, Восточная Чукотка	ИСА РАН, ИО РАН, РосНИИ Культурного и природного наследия им. Д.С.Лихачева
Ямало-Ненецкий АО	ААНИИ

III. ПЛАН ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АНТАРКТИКЕ В 2007 г. В РАМКАХ УЧАСТИЯ РОССИИ В МПГ 2007/08

Наименование экспедиции	Период работ
2.1. Морские	
61. Океанографические исследования в антарктической зоне Южного океана	Февраль 2007, март 2009
62. Выполнение разрезов SR1 и SR2 через пролив Дрейка и от Африки до Антарктиды на судах ИО РАН «Академик Вавилов» и «Академик Иоффе»	Октябрь–декабрь 2007, 2008
63. Изучение биоты Южного океана (экология бентали и пелагиали Антарктики)	Март 2007–2009
64. Экосистемы морского льда Антарктики	Январь–март 2007–2009
65. Геолого-геофизическое изучение окраинных морей Антарктиды: горные районы Земли Мак-Робертсона и Земли Принцессы Елизаветы (в составе 52-й РАЭ)	Ноябрь 2006
66. Геолого-геофизическое изучение окраинных морей Антарктиды: горные районы Земли Мак-Робертсона и Земли Принцессы Елизаветы (в составе 53-й РАЭ)	Ноябрь 2007
67. История геодинамического развития, осадконакопления и изменений природной среды в районе моря Содружества	Летние сезоны 2007 и 2008
2.2. Наземные	
68. Комплексный мониторинг параметров метеорологического режима Антарктики	Март 2007–2009
69. Проведение экспериментов на станции Беллинсгаузен в летние сезоны 2007 и 2008 гг. Создание станции круглогодичного мониторинга составляющих энергетического баланса	2007–2008
70. Наблюдения аэрозольно-оптических параметров и составляющих радиационного режима атмосферы в Антарктиде	2007–2009
71. Комплексные исследования изменчивости содержания малых газовых составляющих в атмосфере Антарктики	Февраль–март 2007–2009
72. Изучение стока материкового льда Восточной Антарктиды	Март 2007 и 2009
73. Экологически чистое проникновение и комплексное исследование подледникового оз. Восток	Март 2007 и 2009
74. Гляцио-геофизические исследования вдоль линий тока льда, проходящих через подледниковое оз. Восток	Март 2007 и 2009
75. Пространственно-временная изменчивость параметров снежно-ледовых явлений и динамики криолитозоны Антарктики в условиях изменяющегося климата	Апрель 2007
76. Комплексный мониторинг параметров вечной мерзлоты и почвы в Антарктике и Субантарктике	2007, 2009
77. Возраст вечной мерзлоты Антарктиды и его приложения в науках о Земле и астробиологии	Октябрь 2007, февраль 2009
78. Исследование эффектов и природы импульсного космофизического излучения по данным высокоточных синхронных измерений на станции Новолазаревская	Декабрь 2007, март 2009
79. Экспедиционные работы по мониторингу космических лучей в антарктической атмосфере и на уровне моря	Январь–декабрь 2007–2009
80. Комплексный мониторинг параметров природных экосистем в районе Антарктического п-ова	Март 2007, декабрь 2008
81. Оценка состояния популяций ключевых видов морских птиц Антарктики	Февраль–март 2007–2009
82. Геолого-геофизическое изучение Антарктиды: горные районы Земли Мак-Робертсона (в составе 52-й РАЭ)	Апрель 2007
83*. Геолого-геофизическое изучение Антарктиды: горные районы Земли Мак-Робертсона и Земли Принцессы Елизаветы (в составе 53-й РАЭ)	Апрель 2008
84*. Изучение подледной среды и литосферы Восточной Антарктиды	Декабрь 2008, февраль 2010
85. Установка и обслуживание постоянных автоматических спутниковых приемников в летние сезоны 2007 и 2008 гг.	Октябрь 2007, март 2009
86. Проведение экспериментов в период сезонных операций в Антарктике 2007 и 2008 гг. Испытания системы удаленного профилактического мониторинга здоровья участников РАЭ	Март 2007 и 2008

IV. ВНЕПЛАНОВЫЕ ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ В 2007 Г. В РАМКАХ УЧАСТИЯ РОССИИ В МПГ 2007/08

Наименование экспедиции	Период работ
Заключительные этапы эволюции покровного и горного оледенений в Хибинах	2007–2008

* Материалы находятся в обработке и в настоящий сборник не вошли.

III. ПЛАН ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АНТАРКТИКЕ В 2007 г. В РАМКАХ УЧАСТИЯ РОССИИ В МПГ 2007/08

Район работ	Основные участники и организаторы экспедиции
экспедиции (МЭ)	
Южный океан: 2007 и 2009 – моря Восточной Антарктики, разрез Африка–Антарктида; 2008 – рейс вокруг Антарктиды, разрез Австралия–Антарктида	ААНИИ
Пролив Дрейка и район между Африкой и Антарктидой	ИО РАН
Залив Прюдс, окраинные моря Антарктиды	ЗИН РАН
Станция Прогресс	ИО РАН
Море Содружества	ПМГРЭ
Море Д'Юрвиля	«
Море Содружества – плато Кергелен, Восточная Антарктика	ПМГРЭ, ВНИИОкеангеология
экспедиции (НЭ)	
Южная полярная область. Метеоплощадки станций Беллинсгаузен, Новолазаревская, Прогресс, Мирный, Восток, Ленинградская, Молодежная, Русская, станции других стран	ААНИИ
Остров Кинг-Джордж	ИФА РАН
Станция Мирный	ААНИИ
Станции Мирный, Восток, Новолазаревская	НПО «Тайфун», ААНИИ, ГГО, ЦАО, ИФА РАН, РГГМУ
Земля Королевы Мод. Выводной ледник Энтузиастов	ИГ РАН
Станция Восток	ААНИИ
Озеро Восток – Ледораздел В (76–78° ю.ш., 95–110° в.д.)	ААНИИ
Район станций Беллинсгаузен и Новолазаревская	ИГ РАН
Остров Кинг-Джордж (Ватерлоо), оазис Ширмахера, район станции Прогресс	ААНИИ
Сухие долины Антарктики и российские станции в места захода корабля	ИФХиБПП РАН, ПИЯФ РАН, ИГ РАН, ИКИ РАН, ААНИИ, СПбГУ
Станция Новолазаревская	ААНИИ
Станция Мирный	«
Остров Кинг-Джордж	«
Станция Мирный, Антарктика, НЭС «Академик Федоров»	«
Земля Мак-Робертсона	ПМГРЭ
Земля Мак-Робертсона и Земля Принцессы Елизаветы	«
Сектор между 75 и 90° в.д. (Земля Принцессы Елизаветы, Земля Вильгельма II)	«
Полевые базы Русская и Ленинградская	ФГУП «Аэрогеодезия»
Станции Прогресс, Новолазаревская, Мирный, Беллинсгаузен	ААНИИ

IV. ВНЕПЛАНОВЫЕ ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ В 2007 Г. В РАМКАХ УЧАСТИЯ РОССИИ В МПГ 2007/08

Район работ	Основные участники и организаторы экспедиции
Хибины	Геологический институт Кольского НЦ РАН

1. ПРОВЕДЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ С ДРЕЙФУЮЩИХ ЛЬДОВ АРКТИКИ НА БАЗЕ ЛЕДОВЫХ ЛАГЕРЕЙ (ПАЛЭКС)

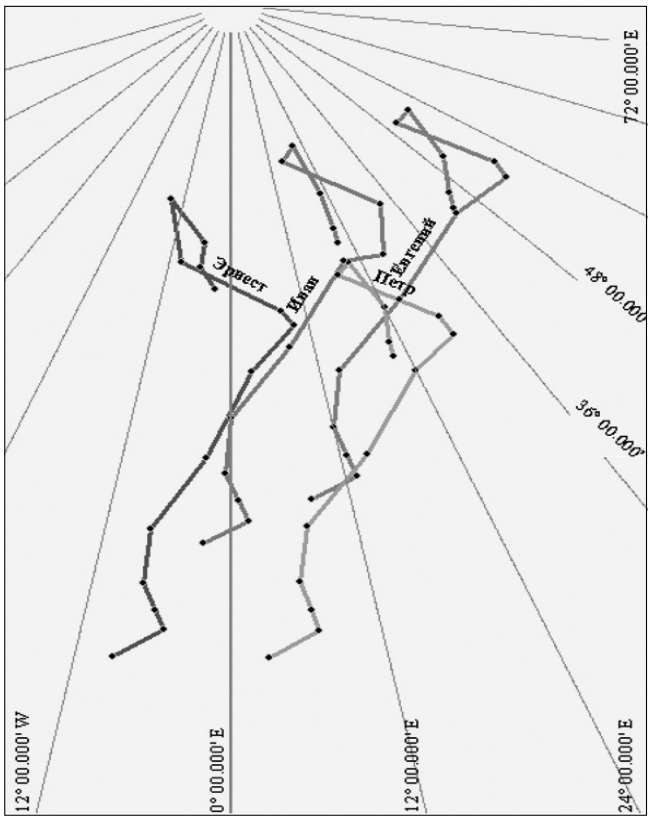
Основные участники и организаторы экспедиции: Северное УГМС, ИО РАН, «Полярный Фонд», Центр «Полюс» Ассоциации полярников России, ААНИИ

ПАНАРКТИЧЕСКАЯ ЛЕДОВАЯ ДРЕЙФУЮЩАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ (ПАЛЭКС)

И.А.МЕЛЬНИКОВ (Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН)

Климатические изменения в Арктике за прошедшие 20 лет наиболее заметны в Канадском секторе Северного Ледовитого океана (СЛО), где изменяются физические, химические и биологические характеристики морского льда и поверхностных вод. Важно понять, являются ли изменения в Канадском секторе типично локальными или связаны с глобальными процессами потепления и распреснения поверхностных вод в целом для всего океана.

Район около полюса выбран для проведения экспедиции по двум причинам. Во-первых, многолетние морские льды, образующиеся на акватории СЛО, выносятся из Центрального Арктического бассейна, главным образом, через Северный полюс в пролив Фрама, поэтому при организации мезомасштабных наблюдений в околополюсном районе можно получить данные, характеризующие процессы в водно-ледовой системе, сформировавшейся ранее в центральном бассейне. Толщина снежного и ледового покровов, их физико-химические характеристики, данные о видовом составе ледовой биоты и планктона в целом могут быть индикаторами изменений и «рассказать» о состоянии экосистемы морского льда и приледового слоя воды в СЛО в условиях современного потепления климата. Во-вторых, для проведения крупномасштабной, например, гидрофизической съемки в этом районе необходимо иметь не одну, а несколько ледовых платформ, на которых можно провести многофункциональное океанологическое исследование. Именно использование нескольких платформ позволит получить статистически значимую информацию о мезомасштабных процессах в центральных районах СЛО.



Дрейф ледовых лагерей «Иван», «Евгений», «Петр» и «Эрнест» с 11 по 26 апреля 2007 г. в околополюсном районе СЛО

Для выполнения исследований в апреле 2007 г. такой базовой станцией послужила дрейфующая ледовая станция «Барнео», организуемая в околополюсном пространстве СЛО Экспедиционным центром «Полюс», имеющим большой опыт в организации и обслуживании ледовых лагерей в Арктике, начиная с организации дрейфующей станции СП-32 в 2002 г.

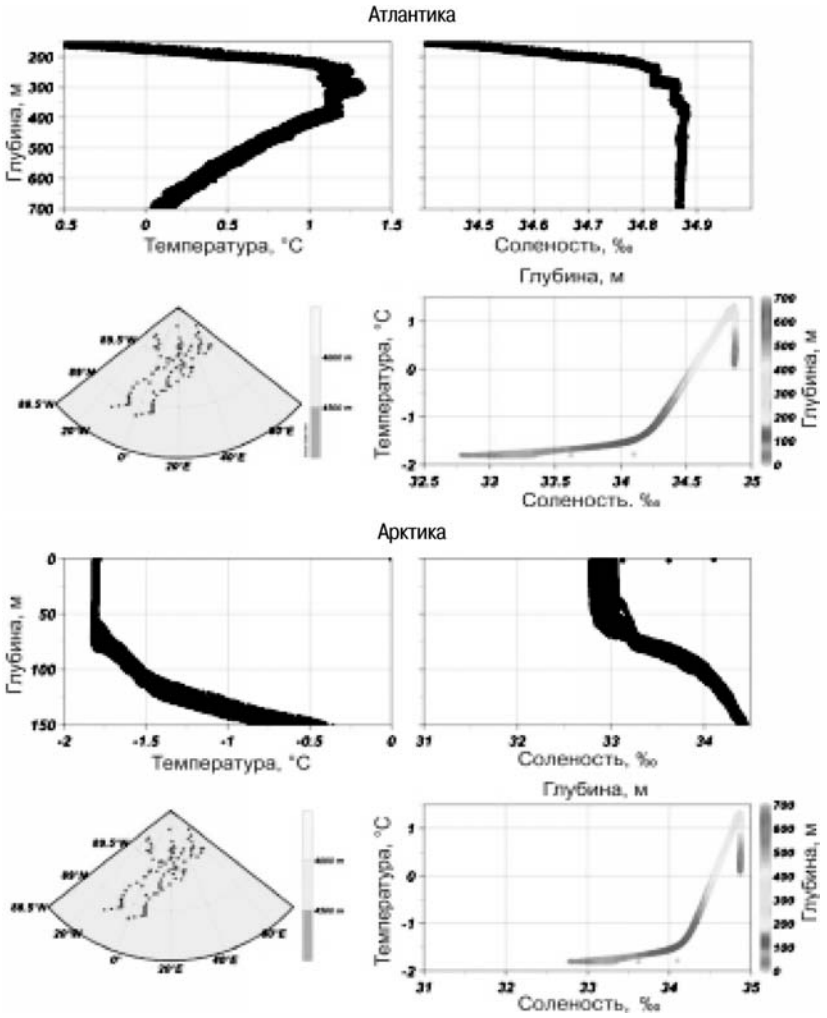
Научная программа экспедиции полностью отражена на сайте *www.paicex.ru*. Здесь кратко перечисляются основные виды наблюдений, которые были включены в качестве приоритетных при проведении полевых работ по проекту.

Для выполнения исследований в околополюсном районе был организован мезомасштабный ледовый полигон, представляющий собой форму креста, в центре пересечения осей которого располагался базовый лагерь, а по краям осей три дрейфующих лагеря, ориентированные в меридиональных направлениях E, S и W: базовый (центральный) и три лагеря – E, S и W – стационарные; помимо стационарных лагерей планировалась мобильная специальная группа, целью которой было проведение ледоисследовательских работ от базового лагеря в направлениях N, E, S и W. Поскольку исследования по программе проекта ПАЛЭКС проводятся в период МПГ, то каждому из четырех ледовых лагерей были присвоены имена выдающихся соотечественников-первопроходцев Арктики: центральный лагерь был назван в честь Ивана Дмитриевича Папанина – «Иван», восточный в честь Евгения Константиновича Федорова – «Евгений», южный в честь Петра Петровича Ширшова – «Петр», а западный в честь Эрнеста Теодоровича Кренкеля – «Эрнест». Мобильный лагерь был назван в честь выдающегося норвежского полярного

исследователя Фритьофа Нансена – «Фритьоф». В каждом стационарном лагере работали научные группы, выполняющие синхронные полевые работы по единой программе научных исследований. Ниже дается поэтапное изложение выполненных технических и научно-технических мероприятий.

Начальный этап. 30 марта 2007 г. все участники экспедиции собрались на базе Института океанологии им. П.П.Ширшова Российской Академии наук (ИО РАН), где провели первое обсуждение логистических и научных задач экспедиции, и 1 апреля вылетели из Москвы через Лонгиер (Шпицберген) на дрейфующую станцию «Барнео».

Подготовительный этап. Основная задача на данном этапе – адаптация персонала, тестирование и интеркалибрация гидрофизических зондов, приборов, испытание лебедок и оборудования, тренировочные работы с мотоледобурами и керноотборниками, инструментами и пр. Идея таких тренировок состояла в том, чтобы быть уверенными на 100 %, что и персонал, и все необходимое снаряжение готовы для переброски на точки, где предстоит проводить полевые работы по программе проекта ПАЛЭКС. К вечеру 10 апреля подготовительная работа закончилась, и 11 апреля были организованы дрейфующие лагеря в последовательности: восток («Евгений»), юг («Петр») и запад («Эрнест»). Была сделана фотография всех участников ПАЛЭКС-2007 перед флагами МПГ, ИО РАН и ААНИИ.



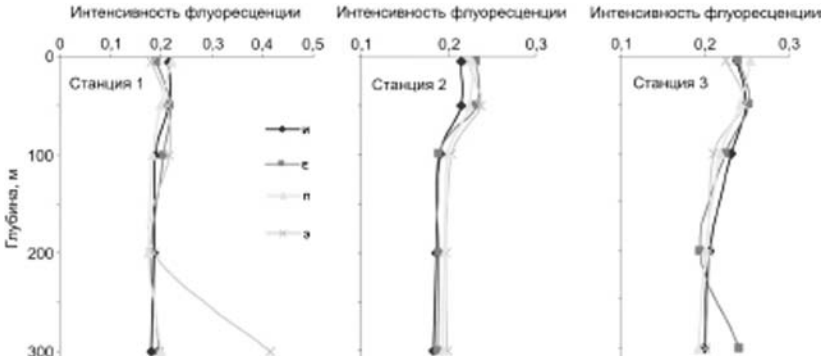
Распределение температуры и солености в слое поверхностных вод по данным всех CTD-зондирований.
На карте красными точками показаны положения всех выполненных станций, а на графиках – черными и цветными линиями измеренные значения

Проведение научных наблюдений. Все работы в дрейфующих лагерях начались 12 апреля и выполнялись синхронно, в соответствии с научной программой экспедиции. Координация работ осуществлялась из оперативного штаба, с которым дважды в день (в 9 и 21 ч мск) поддерживалась спутниковая связь и куда стекалась вся информация о состоянии персонала, состоянии ледового покрова, координатах дрейфа, погоде, выполненных наблюдениях и др.

Мобильная группа «Фритьоф», оснащенная тремя снегоходами «Буран» с санями и необходимым снаряжением для жизнеобеспечения и проведения научных наблюдений, начала наблюдения за толщиной снежно-ледяного покрова. С 12 по 25 апреля эта группа выполняла полевые работы на разрезах по направлению N, S, E, W от базового лагеря «Иван». 26 апреля 2007 г. состоялась эвакуация персонала и оборудования из районов дрейфа лагерей на базовую станцию, были спущены флаги МПГ, ИО РАН и ААНИИ, что явилось официальным закрытием полевого этапа ПАЛЭКС-2007.

Некоторые результаты наблюдений. Наблюдения за дрейфом. Во всех ледовых лагерях имелись системы навигации GPS фирмы Garmin для регистрации координат дрейфа. На рисунке показаны дрейфы, построенные по ежесуточным 9-часовым утренним координатам каждого из лагерей.

Метеонаблюдения (исполнители А.Безгрешнов и О.Андреев, ААНИИ). В целом синоптический режим в приполюсном районе в указанный период охарактеризован активной циклонической деятельностью. В районе Исландской энергоактивной зоны происходили мощные процессы циклогенеза, характерные для этого периода года. Ложбина низкого давления протягивалась от Исландии вдоль Гренландии через арх. Шпицберген на о-ва Новая Земля. В этом направлении проходили циклонические серии. Движение циклонов и их развитие носили пульсирующий характер. Отмечались резкие ускорения и ослабления движения центров циклонических вихрей, их углубление или заполнение.



Интенсивность флуоресценции как показатель содержания хлорофилла в водном слое 0–300 м по наблюдениям в лагерях «Иван», «Евгений», «Петр» и «Эрнест»

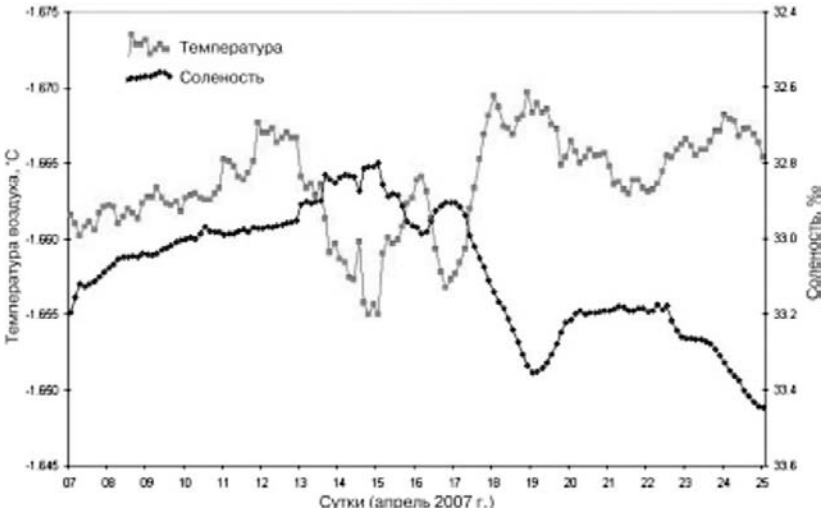
Маршрутные снегосъемки проводились дважды в районе базового лагеря «Иван». Средние параметры снежного покрова приполюсного района в период проведения экспедиции составили: толщина снега – 26 см, плотность снега – 330 кг/м^3, альбедо поверхности снега – 90 %.

Гидрофизические наблюдения (исполнители С.Писарев, С.Кременецкий и С.Дикарев, ИО РАН; С.Кузьмин, ААНИИ). Для измерения вертикальных профилей температуры и солености в экспедиции использовались современные высокоточные CTD-зонды производства компании Sea-Bird Electronics (США). За время экспедиции получено 138 вертикальных профилей температуры и солености, проведено в общей сложности около 12 сут записей изменения температуры и солености одновременно на нескольких горизонтах с периодом не более 3 мин, выполнено четыре серии измерений вертикального профиля скорости течения общей продолжительностью 16 ч, получена одна 5-часовая запись изменчивости скорости течения, температуры и солености в слое скачка плотности.

Температура промежуточных атлантических вод в приполюсном районе продолжает быть выше по сравнению с осредненными характеристиками, полученными для зимнего сезона (ноябрь–май) за 1950–1990 гг. Максимальная температура атлантических вод в районе работ по климатическим данным не больше 0,8 °С, а средняя температура максимума при наших измерениях составляет 1,2 °С. Средняя глубина залегания верхней границы атлантических вод при наших измерениях составляет 190 м, а согласно климатическим данным это значение равно 220 м. Все это свидетельствует об увеличенном теплосодержании атлантических вод в приполюсном районе СЛО по сравнению с климатическими данными.

Второе безусловное отличие результатов выполненных гидрофизических измерений от климатических данных состоит в относительно увеличенной солености в верхних 40–50 м. Отмеченное увеличение солености верхнего слоя и практическое постоянство горизонта основания галоклина приводит к существенному уменьшению градиента солености в поверхностных арктических водах. Уменьшение градиента солености полностью определяет уменьшение градиента плотности и, как следствие, создание условий для относительной интенсификации передачи тепла от атлантических вод ко льду.

Ледоисследовательские работы (исполнители Т.Петровский и А.Кленов, ААНИИ; Ю.Евдокимов, ИО РАН). Измерения толщины снега и льда проводили через каждые 100 м в направлениях N, S, E, W. Для бурения применялся мотобур фирмы «Tanaka» со шнеками фирмы «Kovaks». Средняя толщина льда составила на разрезе с севера на юг 172 см (8700 м, 72 измерения), а на разрезе с востока на запад 179 см (7400 м, 72 измерения). В точке географического полюса средняя толщина льда по 3 измерениям составила 188 см. Важно отметить, что из 147 выполненных измерений толщины льда – льды с толщиной более 2,5 м были встречены только 3 раза!

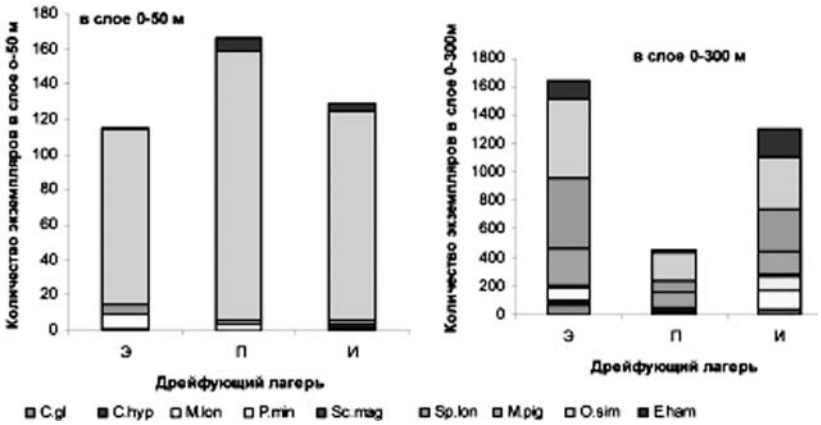


Распределение температуры и солености в воде подо льдом за 6–25 апреля 2007 г.

Гидрохимические исследования (исполнитель П.Хлебопашев, ИО РАН). В период проведения полевых работ были выполнены батометрические сборы воды в слое 0–300 м. Горизонты отбора проб были выбраны после гидрофизического зондирования и получения профилей распределения температуры и солености в районе дрейфа лагерей. Пробы отбирались синхронно на одних и тех же горизонтах, в одно и то же время в соответствии с распределением гидрофизических параметров. Было важно получить гидрохимические характе-

ристики на профиле от поверхности льда до верхней границы атлантической водной массы.

Построены графики распределения интенсивности флуоресценции в водном слое 0–300 м на батометрической станции 1, взятой 13.04.07 в каждом из дрейфующих лагерей «Иван», «Евгений», «Петр» и «Эрнест». Распределение значений флуоресценции имеет одинаковую направленность по глубине с незначительным ростом интенсивности на глубинах 50 (пикноклин) и 300 м. В обоих случаях возрастание, вероятно, определяется скоплением органических хлорофиллсодержащих частиц на границе раздела водных слоев с различной плотностью. Абсолютные значения флуоресценции малы, в пределах 0,90–0,22 ед., что связано, вероятно, с низкой фотосинтетической активностью фитопланктона в это время года.



Численность экземпляров доминирующих видов зоопланктона в слое 0–50 и 0–300 м по данным вертикальных ловов на ст.1 (13.04.07) в лагерях «Иван», «Петр» и «Эрнест»

Биологические исследования (исполнитель И.Мельников, ИО РАН). Планктонные работы проводили в одно и то же время с частотой раз в четыре дня. Все ловы выполнялись сетью Джеди с входным отверстием 37 см; скорость подъема сети в момент лова 20 см/с. Горизонты и последовательность ловов были следующие: 50–0, 200–0 и 300–0. Кроме ловов в дрейфующих лагерях, 22 апреля 2007 г. выполнен вертикальный лов планктона по стандартным горизонтам в географической точке полюса.

Определена численность доминирующих видов зоопланктона в слое 0–50 и 0–300 м по данным вертикальных ловов на ст. 1 (13 апреля 2007 г.) в лагерях «Иван», «Петр» и «Эрнест».

Построены графики соотношения численности экземпляров доминирующих видов зоопланктона в слое 300–0 и 50–0 м на каждой из обработанных станций. Всего идентифицировано 25 таксонов, из которых 13 видов приходится на отряд *Copepoda*. Данные по соотношению численности доминирующих видов зоопланктона (*Calanus glacialis, Calanus hyperboreus, Calanus spp., Metridia longa, Pseudocalanus minutus, Scaphocalanus magnus, Spinocalanus longicornis, Microcalanus pygmaeus, Oithona similes, Eukrohnia hamata*) показывают, что межвидовое соотношение более-менее сохраняется по всем лагерям, но численности экземпляров в слое 0–300 м различаются значительно, особенно в лагере «Петр», что может быть причиной пространственной неоднородности в распределении зоопланктона по глубине. Данные по слою 0–50 м показывают, что в это время года в поверхностной арктической водной массе обитает почти один вид – *Oithona similes*, другие виды, например *Calanus glacialis*, были встречены во всех случаях по 1–2 экземплярам.

Сбор ледовых кернов на предмет изучения видового состава ледовой флоры и фауны, измерения солености, концентрации минеральных форм кремния и фосфора, а также содержания хлорофилла (по интенсивности флуоресценции) проведен во всех дрейфующих лагерях, включая сборы кернов на Северном полюсе.

Криопелагические исследования (исполнители И.Мельников и Ю.Евдокимов, ИО РАН). Выполнены измерения солености, температуры, pH, фотосинтетическиактивной радиации в контактном слое вода–лед с использованием гидрофизического зонда. Построен график T/S-распределения за 6–25 апреля. Четко проявляется возбуждение подледного водного слоя и по температуре, и по солености с 12 по 17 апреля, когда через район, где проходил дрейф станции, прошел мощный атмосферный циклон с порывами ветра до 20 м/с и температурой воздуха до –25 ˚С. Ветровая энергия, возможно, способствовала «разгону» ледового массива, с которым дрейфовал лагерь «Иван», где был установлен гидрофизический зонд, и этот массив, вероятно, приняв энергию ветрового поля, вызвал возмущение гидрофизических характеристик поверхностной воды, непосредственно контактирующей со льдом.

25 апреля во время водолазных работ подо льдом отобрана проба криопелагической фауны планктонным сачком с нижней поверхности льда. Предварительный анализ собранного планктона показал, что в собранной пробе доминирует молодь амфиподы с размером тела 2–3 мм (предположительно *Apherusa glacialis*). Помимо этого доминирующего вида по численности (в пробе было насчитано более 200 экземпляров) были встречены единичные экземпляры *Oithona similes* и *Calanus glacialis*. В отобранной 200-миллилитровым шприцем водной пробе измеренная соленость составила 16 ‰, что говорит о времени начала таяния в этом году в околополюсном районе СЛО.

2. ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ И ЛЕДОВО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА АТОМНОМ ЛЕДОКОЛЕ «РОССИЯ» ВЕСНОЙ (АПРЕЛЬ–ИЮНЬ) 2007 г.

Основные участники и организаторы экспедиции:
ВНИИОкеангеология, Севморгео, ПМГРЭ, ААНИИ

КОМПЛЕКСНАЯ ВЫСОКОШИРОТНАЯ АРКТИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ НА БОРТУ АТОМОХОДА «РОССИЯ» В МАЕ–ИЮНЕ 2007 г.

А.В.ЮЛИН (ААНИИ)

В мае–июне 2007 г. состоялась комплексная высокоширотная арктическая экспедиция на борту атомного ледокола «Россия». Экспедиция была организована ВНИИОкеангеология при участии ГНЦ РФ ААНИИ и еще целого ряда исследовательских организаций. Руководил экспедицией директор ВНИИОкеангеология В.Д.Каминский.

Атомоход вышел из порта Мурманск 13 мая 2007 г. (капитан атомохода «Россия» А.Н.Орешко) и направился на полигон геологических работ, который был расположен над хребтом Ломоносова. Гидрометеорологическое обеспечение (ГМО) проводки ледокола осуществляла группа ГМО под руководством заведующего лабораторией ГНЦ РФ ААНИИ С.В.Фролова. Для задач ГМО на ледоколе был установлен терминал «Конечного пользователя». Это новая совместная разработка ГНЦ РФ ААНИИ и ООО «Моринтех», позволяющая очень эффективно использовать спутниковые снимки, фактические и прогностические ледовые карты для ГМО проводки судов и ледоколов.

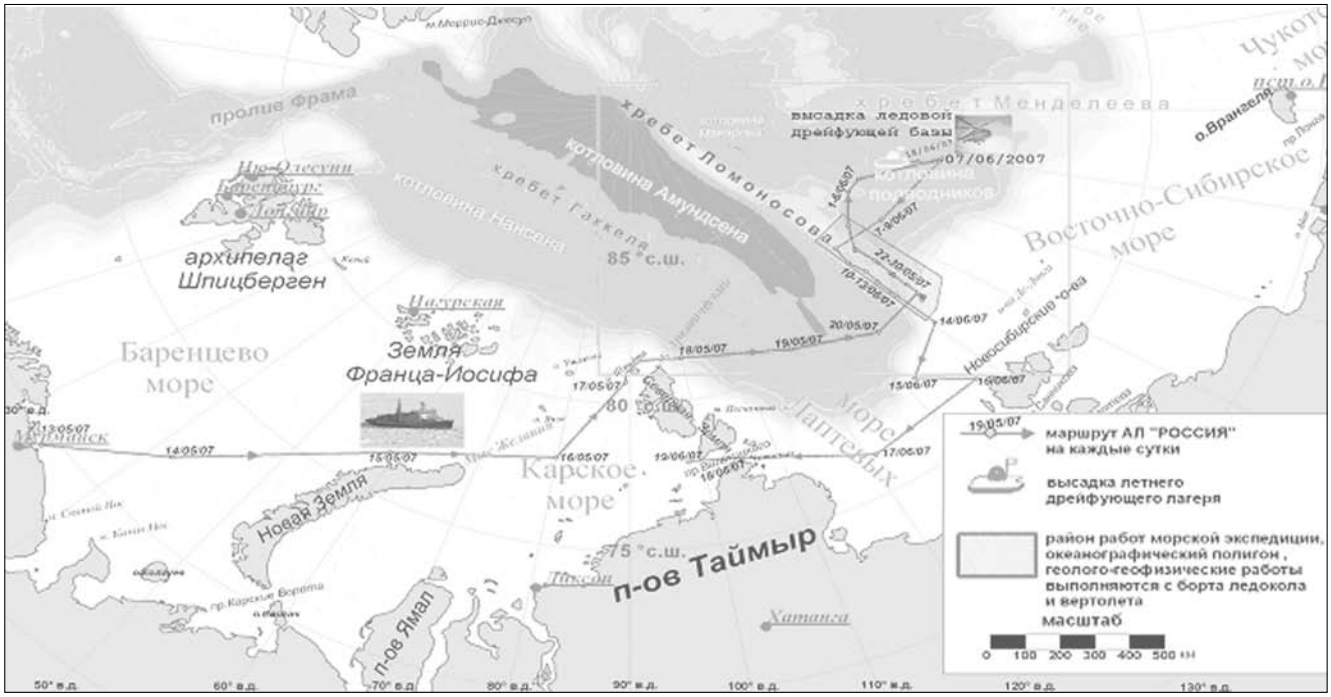
Для подхода к полигону ВГШК был выбран высокоширотный мористый вариант плавания, проходящий к северу от мыса Желания, к северу от мыса Арктический и далее напрямую к южной точке полигона. Такой маршрут выбран исходя из ледовой обстановки, сложившейся на момент перехода.

17 мая ледокол обогнул мыс Арктический архипелага Северная Земля. Необходимо отметить, что в этом рейсе впервые в истории арктического судоходства ледокол в столь ранние сроки прошел этим высокоширотным маршрутом, обогнув все северные мысы наших арктических архипелагов.

21 мая атомоход прибыл в исследуемый район над хребтом Ломоносова, в его южную точку с координатами 79°23' с.ш. и 142°03' в.д.

Основной задачей экспедиции было выполнение работ на хребте Ломоносова по программе «Определение внешних границ континентального шельфа» России (Программа ВГКШ). Эта экспедиция продолжила целый ряд российских экспедиций, выполненных по программе ВГКШ на НЭС «Академик Федоров» в 2000, 2005 гг. и ранее. Но по своей масштабности и объему выполненных геологических и других работ нынешняя экспедиция, безусловно, стала уникальной.

Прибыв на полигон ВГКШ, геологические и летные отряды экспедиции приступили к выполнению



Маршрут комплексной высокоширотной арктической экспедиции на борту атомного ледокола «Россия» (карта подготовлена А.Л.Гармановым)

первого этапа работ по скоординированному плану. Общее научное руководство работами осуществлял зам. директора ВНИИОкеангеология В.А.Поселов.

Наиболее важной частью работ на этом этапе экспедиции стало выполнение геосейсмического зондирования (ГСЗ). Это сложнейшие геологические исследования, состоящие в точной расстановке геосейсмических регистраторов и организации пунктов взрывов при помощи вертолетов. Приборы и взрывчатка расставляются по одной прямой на геотраверсах длиной до 150 км. Затем проводятся взрывные работы и собираются все регистраторы. Работы следует выполнять в максимально короткие сроки, чтобы избежать разброса регистраторов из-за дрейфа льда, они требуют строгой организации и точнейших расчетов, учитывающих множество факторов, начиная от погоды, работоспособности техники и заканчивая человеческим фактором. Всего выполнено три основных ГСЗ на трех главных геотраверсах и два дополнительных ГСЗ на малых геотраверсах.

Одновременно выполнялись работы по отбору образцов донных отложений при помощи грунтовых трубок, пробоотборников и драг. За время продвижения ледокола от южной границы полигона к его северной границе (от 79 до 82°с.ш.) взяты сотни образцов проб грунта на различных участках хребта Ломоносова.

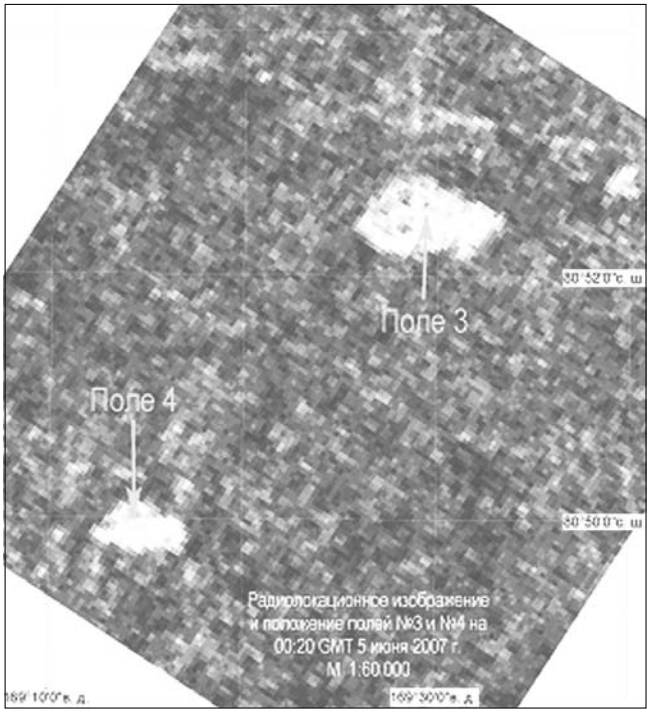
Кроме большого комплекса геологических работ выполнен целый ряд исследований в рамках программ МПГ 2007/08. Это гидрологическое зондирование океана с борта ледокола на попутных станциях при помощи разовых зондов и на целой серии станций при помощи глубоководного зонда «Sea Bird» CTD (SBE19+). Максимальная глубина зондирования достигала 2400 м.

Традиционно выполнялся комплекс исследований распределения льда на пути и в районе плавания ледокола и стандартные метеорологические наблюдения. Дополнительно к этим наблюдениям выполнялись неконтактные измерения толщины льда при помощи новой разработки ААНИИ – телевизионного комплекса для неконтактного измерения толщины льда, устанавливаемого на ледоколе (судне). Телевизионный комплекс для неконтактного измерения толщины льда позволяет получать большое количество измерений толщины дрейфующего льда по ходу движения ледокола (судна) с большой точностью, порядка ±5 см. Однако основной частью работ в рамках МПГ стал поиск льдины и высадка на дрейфующий лед передового отряда будущей дрейфующей станции СП-35 – временной «Ледовой базы». Для этой операции была использована исключительная возможность совмещения работы атомного ледокола в высоких широтах по программе ВГКШ с выполнением задач МПГ.

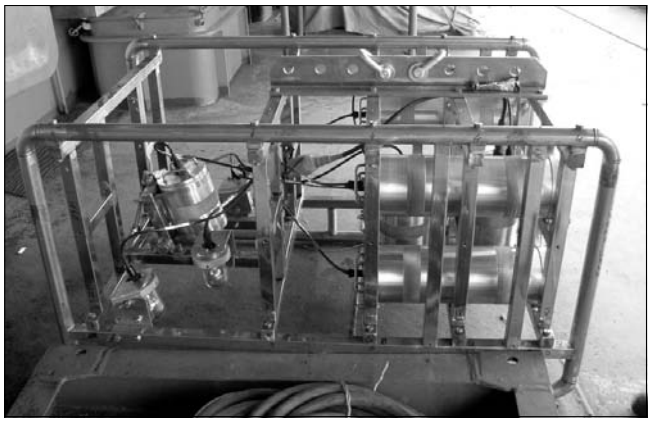
Основной целью этого эксперимента стала организация временной (на 3–4 месяца) дрейфующей станции «Ледовой базы». Специалисты, работающие на ней, могли бы выполнять полный комплекс метеорологических, геофизических, гидрологических и ледовых наблюдений задолго до начала функционирования основной станции СП-35, которую по плану следовало высадить не ранее сентября 2007 г. Высадка и начало работы временной «Ледовой базы» позволяли получить большой объем дополнительных метеорологических, гидрологических и ледовых данных в рамках выполнения обязательств России по МПГ.

Образцы донного грунта, полученные при помощи грунтовой трубки

Поиск льдины вела группа ГМО при помощи вертолетной ледовой разведки, на основании информации о районе расположения наиболее перспективных для высадки полей, полученной из ААНИИ. Группа ледовых экспертов в ААНИИ в течение предшествующего зимнего и весеннего периодов вела наблюдения за отдельными полями и группами полей при помощи снимков ИСЗ. Эта информация и легла в основу поискового плана группы ГМО на борту атомохода «Россия».



Радиолокационное изображение перспективных полей на снимке ИСЗ



Глубоководный телевизионный комплекс для наблюдения за поверхностью дна океана

Выполнение выносной гидрологической станции с дрейфующего льда

Закончив первый этап работ на полигоне ВГКШ, ледокол, выполняя по пути геологические работы, начал переход на восток, в район с преобладанием старых льдов. Поиск в районе 83°с.ш. результатов не дал. Посадки и измерения толщины льда на наиболее подходящих по визуальным оценкам льдинах показали, что толщина двухлетнего льда на этих широтах не более 200–220 см. Такие же значения получены телевизионным комплексом для неконтактного измерения толщины льда, установленным на ледоколе. Было принято решение переместиться южнее к группе полей на широте 81°с.ш.

После перехода ледокола в новый район поиска с «перспективными» с точки зрения высадки станции ледовыми полями был выполнен ряд ледовых вертолетных разведок. В результате этих разведок и посадок на лед установлено, что одно из полей (на снимке – поле № 3) вполне пригодно для размещения «Ледовой базы». Это было обширное поле двухлетнего льда, толщина которого по пяти измерениям в разных точках составила 240–300 см. По краям поля наблюдались приморожены ровные вставки однолетнего толстого льда шириной до 50–100 м и толщиной 140 см. Эти площадки ровного льда решено было использовать в качестве ледового причала для швартовки ледокола под разгрузку грузов для «Ледовой базы». Ледокол совершил переход к выбранному полю и 6 июня в 06.30 мск пришвартовался к нему. Началась выгрузка имущества и грузов «Ледовой базы».

7 июня 2007 г. в 14.00 мск разгрузка и перевалка грузов вертолетами в лагерь «Ледовой базы» была закончена. Личный состав «Ледовой базы» во главе с начальником А.А.Висневским покинул борт атомохода «Россия». В 15.12 мск 7 июня 2007 г., дав прощальный гудок, атомоход отошел от льдины и повернул на запад, для того чтобы вернуться обратно на полигон ВГКШ над хребтом Ломоносова для продолжения геологических и гидрологических работ.

Все вертолетные работы на полигоне ВГКШ, на ледовой авиаразведке и перевалке грузов для «Ледовой базы» выполнялись пилотами авиакомпании «СПАРК» из Санкт-Петербурга. Руководил летным отрядом один из опытнейших арктических пилотов И.В.Закутилин.

Эффективное использование спутниковой информации на терминале «Конечного пользователя» позволило группе ГМО рекомендовать такой маршрут движения ледокола по разрывам в ледяном покрове, при котором переход длиной 260 миль во льдах сплоченностью 10 баллов занял 27 ч (при средней скорости движения почти 10 узлов).

Вернувшись на полигон работ, экспедиция приступила к заключительному этапу исследований, продолжавшемуся до 16 июня. Этот этап включал в себя большой комплекс работ по отбору проб грунтов с хребта Ломоносова, профилометрические, гравиметрические и телевизионные съемки поверхности дна. Телевизионные съемки поверхности дна осуществлялись при помощи специального глубоководного аппарата и по кабелю передавались непосредственно на борт ледокола, что позволяло оперативно контролировать запись и менять направление движение аппарата. Этот уникальный эксперимент был выполнен при помощи оборудования отечественной разработки.

Кроме геологических и геофизических наблюдений на заключительном этапе экспедиции выполнены четыре выносных гидрологических разреза. Группа гидрологов под руководством Н.И.Фомичева с вертолета высадилась на дрейфующий лед, с которого при помощи переносной глубоководной лебедки и зонда «Sea Bird» выполнялись гидрологические станции до глубины 1200 м. Данные выносных гидрологических станций позволили значительно расширить исследуемую площадь и получить дополнительные сведения о распределении температуры и солености океана в начале летних процессов.

16 июня экспедиция полностью завершила программу наблюдений. Атомоход «Россия» повернул на запад и через пролив Вилькицкого, проложив канал в припае, который впоследствии мог быть использован для первых транспортных плаваний на восток, вышел в Карское море и далее, через мыс Желания, в Баренцево море. Ледокол пришел в Мурманск 26 июня 2007 г.

Подводя итоги проведенной экспедиции, в которой удалось найти удачное сочетание интересов нескольких ведомств и совместить выполнение нескольких масштабных научных программ, таких как Программа ВГКШ и Программа МПГ, необходимо в первую очередь отметить, что все планы этой экспедиции были выполнены полностью, благодаря слаженной работе участников экспедиции, членов экипажей ледокола и вертолетов.

Материалы экспедиции могут считаться весомым вкладом в Программу исследования внешних границ континентального шельфа России и исследований в рамках МПГ 2007/08.

Основные итоги экспедиции:

– выполнены работы по геосейсмическому зондированию над хребтом Ломоносова на трех основных геотраверсах и двух дополнительных;

– взяты сотни образцов донного грунта;

– выполнен большой объем различных геофизических съемок (гравиметрических, магнитных, профилометрических);

– выполнена телевизионная глубоководная съемка поверхности дна на хребте Ломоносова;

– выполнен большой объем наблюдений за распределением льдов на пути движения ледокола и на ледовых вертолетных разведках;

– выполнен большой объем неконтактных измерений толщины льда по пути движения при помощи телевизионного комплекса (более 1000 измерений);

– выполнено 65 океанологических станций по пути движения ледокола и 4 выносных гидрологических глубоководных разреза (16 станций);

– на дрейфующий лед высажена и начала работу научно-исследовательская «Ледовая база» ААНИИ для выполнения работ по программе МПГ 2007/08.

КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ХРЕБТЕ ЛОМОНОСОВА В СОСТАВЕ ЭКСПЕДИЦИИ «АРКТИКА-2007»

В.А.ПОСЕЛОВ, В.Д.КАМИНСКИЙ (ВНИИОкеангеология)

Морские комплексные геолого-геофизические исследования на хребте Ломоносова и в зоне сочленения хребта с шельфом морей Лаптевых и Восточно-Сибирского выполнялись в составе экспедиции «Арктика-2007» Федерального агентства по недропользованию (Роснедра) с 13 мая по 26 июня 2007 г. Начальником экспедиции стал директор ВНИИОкеангенология В.Д.Каминский, научное руководство исследованиями осуществлял зам. директора по науке В.А.Поселов.

Учитывая тяжелые ледовые условия в районе хребта Ломоносова, для выполнения работ был арендован атомный ледокол «Россия» Мурманского морского пароходства. Методическая и технологические особенности работ состояли в том, что впервые геолого-геофизические работы такого масштаба проводились на судне, не приспособленном для проведения подобного вида исследований, что создавало определенные трудности при их организации. В то же время приобретенный опыт работы с атомных ледокольных судов является весьма важным для предстоящих в будущем исследований.

Комплекс геолого-геофизических исследований включал выполнение:

– наледных сейсмических наблюдения ГСЗ и МОВ с использованием взрывчатых веществ. Для возбуждения сейсмических волн использовались тротиловые заряды с электродетонаторами общей массой18 т;

– наледных гравиметрических и маятниковых наблюдений;

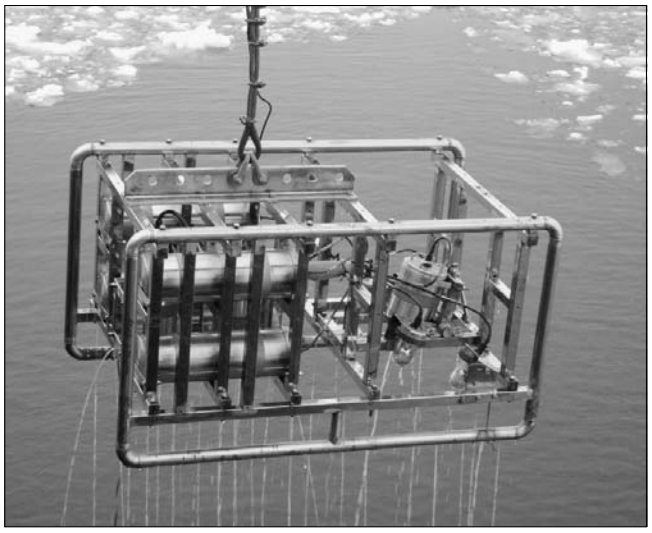
– геологических исследований;

– акустического и теле- и фотопрофилирования.

Методика наледных геофизических исследований на геотраверсе длиной 600 км предусматривала использование двух вертолетов типа МИ-8МТВ или КА-32С. В то же время конструктивно ангар и вертолетная площадка атомного ледокола «Россия» оборудованы под размещение и работу с двумя вертолетами КА-32С. При комплектации вертолетов возникли проблемы с арендой КА-32С из-за их отсутствия. В результате после некоторых конструктивных изменений для выполнения работ были арендованы два вертолета: МИ-8МТВ (с размещением на вертолетной площадке) и КА-32С (с размещением в ангаре ледокола). Вертолет КА-32С перегонялся из Владивостока в Мурманск.

Для выполнения геологических исследований и акустического и телефотопрофилирования на

Участники экспедиции



Подъем аппаратуры

корме ледокола была смонтирована универсальная лебедка с тяговым усилием до 6 т, оснащенная для управления и передачи информации кабель-тросом.

Арктический бассейн является для России регионом особых геополитических, оборонных, научных и экономических интересов. Однако до настоящего времени максимально протяженные, по сравнению с другими приарктическими государствами, границы Российского сектора Арктического бассейна не имеют юридического статуса. В связи с этим одна из приоритетных задач Роснедра МПР и ВНИИОкеангеология – это подготовка материалов по обоснованию внешних границ континентального шельфа России в Арктическом бассейне.

Россия всегда была лидером в освоении приполярных и полярных областей Земли, и попытки обрести юридический статус границ российского сектора Арктического бассейна уже предпринимались ранее. В 1997 г. наша страна ратифицировала «Конвенцию ООН по морскому праву 1982 г.», а в декабре 2001 г. направила Генеральному секретарю ООН представление по внешней границе российского континентального шельфа. Оно было подготовлено в соответствии с положениями Конвенции, четко определяющей критерии, позволяющие государствам претендовать на увеличение своей территории за пределами 200-мильной исключительной экономической зоны. В частности, такое право появляется, если континентальные окраины продолжаются в глубь моря или океана. Есть и другие критерии, связанные, к примеру, с мощностью осадочного чехла либо с проведением формульной линии на расстоянии 60 морских миль от подножья континентального склона, либо 100 морских миль от изобаты 2500 м, и т.д. При подготовке нашей заявки использованы геолого-геофизические материалы, полученные за последние 40 лет в Арктике российскими исследователями.

В 2002 г. специально созданная Комиссия ООН по границам континентального шельфа рассмотрела материалы Заявки, которые представляли собой многостраничный объемный труд.

Поскольку это была первая в мире заявка такого рода, ее появление было неоднозначно воспринято мировым сообществом. Против нее категорически возражали некоторые страны. В частности, США заявили вербальные ноты, мотивируя свои претензии тем, что уровень изученности арктического шельфа не очень высокий, поэтому сейчас обосновывать границы и делить этот бассейн рановато. США предложили подождать, когда все приарктические государства достигнут той степени изученности Арктического бассейна, которой достигла Россия. Но наша страна уже 40 лет занимается изучением Арктики, вложила в это колоссальные средства. И все это, получается, надо выбросить, начинать с чистого листа и еще десятки лет продолжать исследования. А за это время наши материалы будут устаревать. Конечно, с таким подходом мы согласиться не могли.

Ключевую роль в подготовке заявки 2001 г. играл ВНИИОкеангеология, привлекались также специалисты из Министерства обороны. Заявка включала обоснование внешних границ континентального шельфа России в Северном Ледовитом океане и базировалась на концепции, что крупнейшие глубоководные поднятия дна Амеразийского суббассейна – хребет Ломоносова и поднятие Менделеева – имеют континентальный тип коры и являются естественными продолжениями континентальной окраины Сибири.

В Комиссию ООН по границам континентального шельфа были приглашены эксперты из разных стран, они рассмотрели все представленные нами геофизические, геологические и батиметрические материалы, проверили все обоснования и дали свои рекомендации. Они касались, в основном, Арктического бассейна, поскольку здесь Россия претендует на расширенный континентальный шельф площадью 1,2 млн км^2. Это огромная площадь за пределами 200-мильной экономической зоны, включающая части Евразийского и Амеразийского суббассейнов Северного Ледовитого океана.

Комиссия ООН сделала следующее заключение: российская концепция, основанная на континентальной природе глубоководных поднятий Амеразийского суббассейна, является лишь одной из существующих точек зрения на их природу. Комиссия отметила, что существуют и другие точки зрения, в частности, что эти поднятия можно рассматривать как океанические либо как континентальные, но не имеющие структурной связи с материком. А если это так, то они выпадают из-под юрисдикции прибрежных государств и являются достоянием Мирового сообщества, т.е. доступны

всем. Поэтому Комиссия ООН потребовала от России представить дополнительные экспериментальные данные, которые бы подтвердили континентальную природу глубоководных поднятий Амеразийского суббассейна и их структурную связь с континентальной окраиной Сибири, что будет свидетельствовать об их естественном продолжении с материка.

Кроме того, комиссия ООН потребовала представить непротиворечивую к экспериментальным данным модель эволюции Арктического бассейна. Поэтому в 2005 г. ВНИИОкеангеология была предпринята первая экспедиция, в ходе которой изучались зона сопряжения поднятия Менделеева с прилегающим шельфом Восточно-Сибирского и Чукотского морей и геологическая природа самого поднятия. Полученные данные уже обработаны, сейчас мы готовим материалы для представления в Комиссию ООН.

Следующий вопрос, который надо было решить, касался хребта Ломоносова. Практически всеми российскими и западными исследователями признано, что он имеет континентальную природу. Но относительно истории развития этого хребта на сегодня следует отметить две основных концепции.

Одна из них предполагает, что хребет Ломоносова отодвигался от Баренцево-Карской окраины, скользя своим присибирским флангом вдоль трансформного разлома, который изолирует хребет Ломоносова от материковой окраины Сибири.

Другая точка зрения, которой придерживаются многие ученые ВНИИОкеангеология, гласит, что хребет Ломоносова не скользил своим флангом вдоль Сибирского шельфа, а, вместе со всей Северо-Американской литосферной плитой, поворачивался, как створка веера, относительно центра вращения, расположенного чуть южнее побережья моря Лаптевых (в пользу этой концепции свидетельствуют, например, данные о распределении эпицентров сильных землетрясений в Арктико-Азиатском сейсмическом поясе). В результате смещения присибирской части хребта Ломоносова относительно Сибирского шельфа как такового не было, хребет структурно не отделен от материка и, соответственно, является фрагментом его континентальной окраины. Для проверки этой гипотезы в 2007 г. была предпринята экспедиция «Арктика-2007» со следующими задачами:

– изучить глубинную структуру земной коры хребта Ломоносова,

– получить данные для создания модели земной коры в зоне сопряжения хребта Ломоносова с шельфами морей Лаптевых и Восточно-Сибирского,

– получить необходимые материалы для создания геодинамической модели Амеразийского суббассейна и Арктического бассейна в целом.

Комплекс геолого-геофизических исследований экспедиции включал в себя:

– глубинные сейсмические зондирования, позволяющие изучить земную кору на всю ее мощность;

– зондирования методом отраженных волн, которые дают информацию о структуре осадочного чехла, что тоже было очень важно;

– геологический отбор проб донных отложений, который позволяет определить природу и возраст осадков для понимания хода эволюции хребта Ломоносова и бассейна в целом;

– высокоразрешающее сейсмопрофилирование глубоководной части Арктического бассейна, включающее фото- и телесъемку донной поверхности;

– площадную аэрогравимагнитную съемку на самолете ИЛ-18.

Обычно в экспедициях мы поднимаем донно-каменный материал разного возраста – от древних пород до современных отложений. Когда мы поднимаем донно-каменный материал возрастом в миллиард или сотни миллионов лет, то очень важно знать, имеет ли он местное происхождение. Если такой древний материал залегает в донных осадках в результате разрушения местных коренных пород, то это свидетельствует о континентальной природе исследуемой геоструктуры.

Западные оппоненты нам говорят, что такой материал может быть не местным, а являться результатом ледового разноса – когда лед отрывается от береговых пляжей, к нему припаивается каменный материал, дальше этот лед где-то тает, а каменный материал осыпается на дно.

Чтобы определить, имеется ли на дне такой осыпавшийся каменный материал, мы создали специальный телефотокомплекс и отработали с ним в условиях дрейфующего льда. Получено 14 ч видеозаписей донной поверхности. Что же мы увидели? На одних снимках есть выходы коренных пород – древних осадочных отложений, на других – выходы базальтовой лавы, представляющие собой обычный результат вулканической деятельности. Но в целом дно чистое, следов ледового разноса нет, т.е. не обнаружено донно-каменного материала, который был

Сейсмоакустический профилограф

бы разбросан хаотично, без привязки к резким формам рельефа дна. Все это позволяет нам сделать вывод о том, что отобранный на поднятиях Амеразийского суббассейна донно-каменный материал имеет местное происхождение – он здесь зародился, разрушился и переотложился. Кроме того, на видеоматериалах отмечается активная жизнь придонных живых организмов, что представляет большой интерес и для специалистов по морской биологии.

Отметим, что такие методы исследований, как телефотопрофилирование и высокоразрешающее сейсмопрофилирование, в глубоководных и ледовых условиях Арктического океана опробовались впервые.

Не менее важным инструментом исследований являлись и аэрогеофизические наблюдения. На самолете ИЛ-18, базировавшемся в Тикси, была установлена специальная аппаратура – аэромагнитометры и аэрогравиметры. С этой аппаратурой на борту самолет осуществлял аэрогеофизическую съемку в полосе геотраверса, протяженность которого составила 600 км – от 78 до 84° с.ш. Мы получили материалы для составления карт аномального магнитного и гравитационного полей, которые позволят судить о глубинной структуре зоны сочленения хребта Ломоносова с шельфом. Гравимагнитные измерения в комплексе с сейсмическими наблюдениями дали комплексную характеристику всего разреза земной коры по данному району.

Надо сказать, что океаническая кора, как правило, имеет мощность 9–12 км, а континентальная кора – свыше 25 км. И когда есть информация о мощности коры, то уже можно предполагать ее тип. Структура континентальной и океанической коры также различна. Поэтому, если мы получаем данные, подтверждающие наличие мощной коры, например, на поднятии Менделеева, то вправе говорить о том, что она континентальная. Но наши оппоненты говорят, что есть примеры и мощной океанической коры – например, в Исландии, где она составляет 30 км. Но там имеет место вулканическая постройка, плюмная тектоника, совершенно другая структура и геодинамика. И мы не отрицаем, что в Исландии кора океаническая.

В ходе экспедиции 2005 г. установлено, что тектонического разрыва между континентом и поднятием Менделеева нет. Через зону сочленения мы непрерывно проследили континентальные признаки коры и можем с уверенностью заявлять, что природа коры поднятия Менделеева – континентальная, а не океаническая. С хребтом Ломоносова – то же самое. Но здесь немного попроще, в том смысле, что не надо доказывать его континентальную природу – это все признают. Таким образом, нам нужно только доказать, что хребет Ломоносова имеет структурную связь с континентальной окраиной Сибири.

Результаты предварительной обработки полученных экспедицией данных показывают, что хребет Ломоносова имеет блоковое строение (пять-шесть блоков), причем все они имеют континентальную природу, но при этом различаются по своей структуре, мощности кристаллической коры и осадочного чехла. И хотя между блоками имеются тектонические нарушенные зоны, хребет Ломоносова – это единая геоструктура, протягивающаяся от Евразии до Канадского архипелага, и наша концепция структурной связи хребта Ломоносова с прилегающим шельфом подтверждается.

Все полученные в ходе экспедиции материалы будут подготовлены и представлены в комиссию ООН. Однако у нас остается еще одна нерешенная проблема – это батиметрические данные, т.е. рельеф дна. Комиссия ООН в своих рекомендациях потребовала, чтобы мы представили материалы прямого наблюдения рельефа дна Арктического бассейна по серии непрерывных профилей. А у нас есть данные только площадной гидрографической съемки, т.е. материалы точечных наблюдений, более или менее регулярно покрывающих площадь Арктического бассейна, что не совсем устраивает Комиссию. В связи с этим необходимы новые данные для предъявления в комиссию ООН. Окончательную заявку по расширенному континентальному шельфу России в Арктическом бассейне мы должны подать в начале 2010 г.

Отметим, что Комиссия ООН сама никаких решений не принимает, она просто сообщает в ООН, что материалы, представленные таким-то государством, полностью соответствуют требованиям Конвенции. Это уже дает право государству установить новую экономическую границу, предварительно согласовав ее со всеми приарктическими государствами. Однако Конвенцией предусмотрены и ограничения. Прибрежное государство имеет право распространять свою юрисдикцию от своих береговых (исходных) линий на расстояние не более 350 морских миль либо на расстояние 100 морских миль от изобаты 2500 м.

В работе участвовали сотрудники различных ведомств. Мы благодарим всех, кто своим талантом и усердием способствовал успешному выполнению сложных задач экспедиции «Арктика-2007», в частности экипаж атомного ледокола «Россия» во главе с капитаном А.Н.Орешко, главного механика ледокола Б.Б.Абалакова, штурманов А.П.Тельцова, О.М.Щапина, О.А.Зубкова и их помощников, четко координировавших работу всех служб судна во время полетов и геологического опробования, палубную команду во главе с боцманом В.В.Таничевым, командиров вертолетов МИ-8 МТВ И КА-32 И.А.Закутилина и А.Б.Тихонова и экипажи за обеспечение безопасности полетов и точное выполнение технологии проведения сейсмических работ, сотрудников «Центр-Геон» ВНИИгеофизика, возглавляемых А.В.Маухиным, экипаж самолета ИЛ-18, бригаду взрывников ЗАО «Фарн», сотрудников ПМГРЭ, Техморгео и ААНИИ.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ГНЦ ААНИИ В ХОДЕ РЕЙСА «ТРАНСАРКТИКА-2007» НА АТОМНОМ ЛЕДОКОЛЕ «РОССИЯ» В МАЕ–ИЮНЕ 2007 г.

В.Т.СОКОЛОВ (ААНИИ)

В ходе рейса, организованного ВНИИОкеангеология под руководством директора института В.Д.Каминского, выполнен в рамках совместной программы экспедиции обширный комплекс океанографических работ.

Океанология. В период рейса в Арктическом бассейне, Карском, Восточно-Сибирском и Лаптевых морях выполнено 105 океанологических станций, из которых 36 зондирований проведено гидрофизическим зондом типа CTD (SBE19+). Максимальная глубина 2700 м. Выполнены 2 суточные станции с дискретностью измерений 4 и 6 ч (обе по 5 зондирований). Вертолет вылетал 4 раза для выполнения гидрологических разрезов (16 станций).

Атмосферный мониторинг. Оптическим газоанализатором типа ОПТОГАЗ-500.4 выполнено непрерывное измерение объемной концентрации диоксида углерода в воздухе по пути следования судна.

Метеорология. На протяжении всего рейса обеспечены 4-срочные стандартные метеорологические наблюдения.

Гидрометеорологическое обеспечение. На судне велся ежедневный анализ поступающей информации, ее интерпретация и доведение до судоводителей и руководства экспедиции. Была обеспечена работа АРМ «Судно» в версии D Kart Navigator. Составлялись навигационные рекомендации. Велись круглосуточные специальные судовые ледовые наблюдения. На пути движения ледокола постоянно измерялась толщина льда с использованием цифрового телевизионного комплекса. Сделаны ледовые разведки для проводки ледокола к полигону геофизических работ и в район поиска ледяного поля, а также три ледовые авиаразведки с целью найти ледяное поле для высадки ледовой базы. Найденное ледяное поле обследовано, выбраны места для грузовой площадки и лагеря. Выполнены вертолетные гидрологические разрезы, при этом обеспечивалась посадка машины на дрейфующий лед. Выбраны запасные площадки для посадки вертолета у борта ледокола при выполнении геофизических работ. Кроме того, обеспечена посадка вертолета на дрейфующий лед для расстановки регистраторов при выполнении геофизических работ.

Важной для выполнения программ МПГ стала организация 4 июня 2007 г. ледовой базы, с которой в течение трех месяцев девять полярников во главе с начальником базы А.А.Висневским будут выполнять комплекс метеорологических, ледовых и океанологических исследований.

24 июня 2007 г., по завершении работ экспедиции, ледокол «Россия» прибыл в порт Мурманск.

3. СЕЗОННАЯ ДРЕЙФУЮЩАЯ ЛЕДОВАЯ БАЗА В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД (В РАМКАХ РЕЙСА АТОМНОГО ЛЕДОКОЛА «РОССИЯ»)

Основные участники и организаторы экспедиции: ААНИИ, ИО РАН

ДРЕЙФ «ЛЕДОВОЙ БАЗЫ» ЗАВЕРШЕН, ВПЕРЕДИ «СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС-35»

С.Б.БАЛЯСНИКОВ (ААНИИ)

В планах российских экспедиционных мероприятий МПГ 2007/08 важное место занимает проведение комплексных научных наблюдений на дрейфующих станциях в центральной части Арктического бассейна. Начало этому виду экспедиционных работ положено в апреле этого года. В приполюсном районе были открыты четыре ледовых лагеря под общим руководством И.А.Мельникова (Институт океанологии РАН) по программе ПАЛЭКС. Всего на льду работали 14 полярников из ИО РАН и ААНИИ Росгидромета. Научные наблюдения продолжались с 6 по 26 апреля 2007 г. и дали немало новых данных об окружающей среде в центре Арктического бассейна в этот период года.

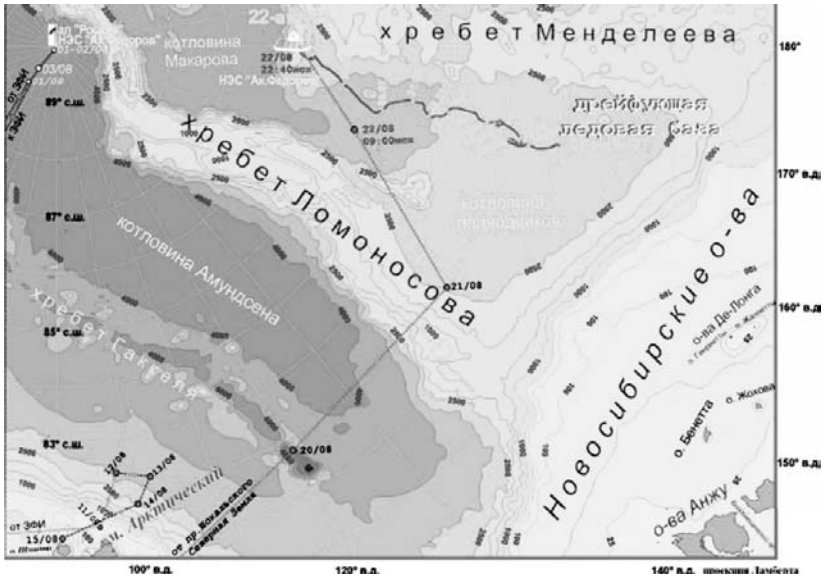
7 июня 2007 г. с борта ледокола «Россия» в точке с координатами 80° 57' с. ш., 168° в. д. на лед была высажена группа из девяти человек под руководством опытного полярника А.А.Висневского (ААНИИ). Название «Ледовая база» связано с тем, что при сохранении благоприятных ледовых условий она могла быть использована для развертывания новой станции «Северный полюс-35» (СП-35). Однако реальная обстановка, сложившаяся к концу работы базы, не позволила рассматривать этот вариант развертывания СП-35. Активная динамика дрейфующих льдов за время работы базы, обусловленная погодными условиями, привела к разрушительным процессам в ледовом покрове. Ледяное поле станции размером 2000 на 3000 м сократилось к 20 августа 2007 г. до обломка размером 100 на 200 м. 23 августа 2007 г. персонал и оборудование «Ледовой базы» были сняты со льда вертолетами и доставлены на борт НЭС «Академик Федоров».

За время работы базы в достаточно сложных погодных и ледовых условиях выполнен значительный объем океанографических, ледовых наблюдений и стандартных 4-разовых метеорологических наблюдений. Произведено в общей сложности 65 зондирований океанографическим зондом SBE 19+ до глубины 1000 м и 11 зондирований – до глубины около 2500 м. Батометрами Нискина отобрано в общей сложности 47 проб воды с различных горизонтов и выполнен их гидрохимический анализ. При использовании двух акустических доплеровских профилографов течений получены длительные серии наблюдений над течениями на различных горизонтах в районе расположения станции.

Третья высадка отряда полярников на дрейфующий лед центральной части Арктического бассейна планируется в первой декаде сентября 2007 г. Станция СП-35 будет выгружена на дрейфующий лед с борта НЭС «Академик Федоров» с использованием двух судовых вертолетов МИ-8 в районе северо-западной окраины Восточно-Сибирского моря.

Район высадки будет уточнен по результатам оценки ледовой обстановки по данным спутников, ледовой авиаразведки и оценки морфометрических характеристик перспективного ледяного поля непосредственно на месте. Планируется, что подход НЭС «Академик Федоров» к выбранному району высадки станции поддержит атомный ледокол «Россия».

На станции СП-35 полярникам предстоит существенно расширить объем и виды наблюдений. Станция укомплектована современным океанографическим и геофизическим оборудованием. Помимо стандартных метеонаблюдений предстоит развернуть аэрологический комплекс для обеспечения двухразового ежесуточного зондирования атмосферы. Будет развернут комплекс оборудования по исследованию газообмена (углекислый газ, метан) на границе океан–лед–атмосфера.



Карта дрейфа «Ледовой базы» 7 июня–22 августа 2007 г.

Большой интерес представляют запланированные наблюдения за общим содержанием озона в атмосфере и получение его вертикальных профилей. Эти наблюдения обеспечит Ю.Грэзер, единственный иностранный участник работ на станции, немецкий геофизик, сотрудник Института полярных и морских исследований им. А.Вегенера.

Впервые будет предпринята попытка использовать на станции глубоководный эхолот высокого разрешения с возможностью оценки стратификации донных осадков в слое до 200 м ниже поверхности дна.

В районе станции и на подходах к ней предстоит разместить разнообразные автономные регистраторы с функцией трансляции данных наблюдений в реальном режиме времени в удаленные пункты приема и обработки информации. В их числе – ледовые океанографические профилографы, буи для измерения баланса массы дрейфующего льда, автономные профилографы температуры льда и др. Значительная часть этих приборов поставлена на борт НЭС «Академик Федоров» иностранными партнерами Росгидромета. На борту судна будут работать по двое представителей от Океанографического института в Вудс-Холе (США) и Университета Пьера и Марии Жолио-Кюри в Париже (Франция). При их участии и использовании поставленного ими ранее на борт судна вспомогательного оборудования на дрейфующем льду будут размещены автономные регистраторы, причем предусмотрено применение в этих целях в ряде случаев судовой авиации.

«Ледовая база» выгружена на лед

Развертывание СП-35 станет заключительным этапом экспедиционных работ на льду в центральной части Арктического бассейна и создаст основу для будущих работ в 2008 г.

4. ПРОВЕДЕНИЕ МОРСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ НА НЭС «АКАДЕМИК ФЕДОРОВ». ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ЛЕТНОГО ОТРЯДА С БОРТА НЭС «АКАДЕМИК ФЕДОРОВ» (ИЮЛЬ–ОКТЯБРЬ)

Основные участники и организаторы экспедиции: ААНИИ, ИО РАН, ИФА РАН, ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ, Фонд «Нансен-Центр», НПО «Тайфун», ГГО, Вудсхоллский океанографический институт (США), Университет Пьера и Марии Жолио-Кюри (Франция)

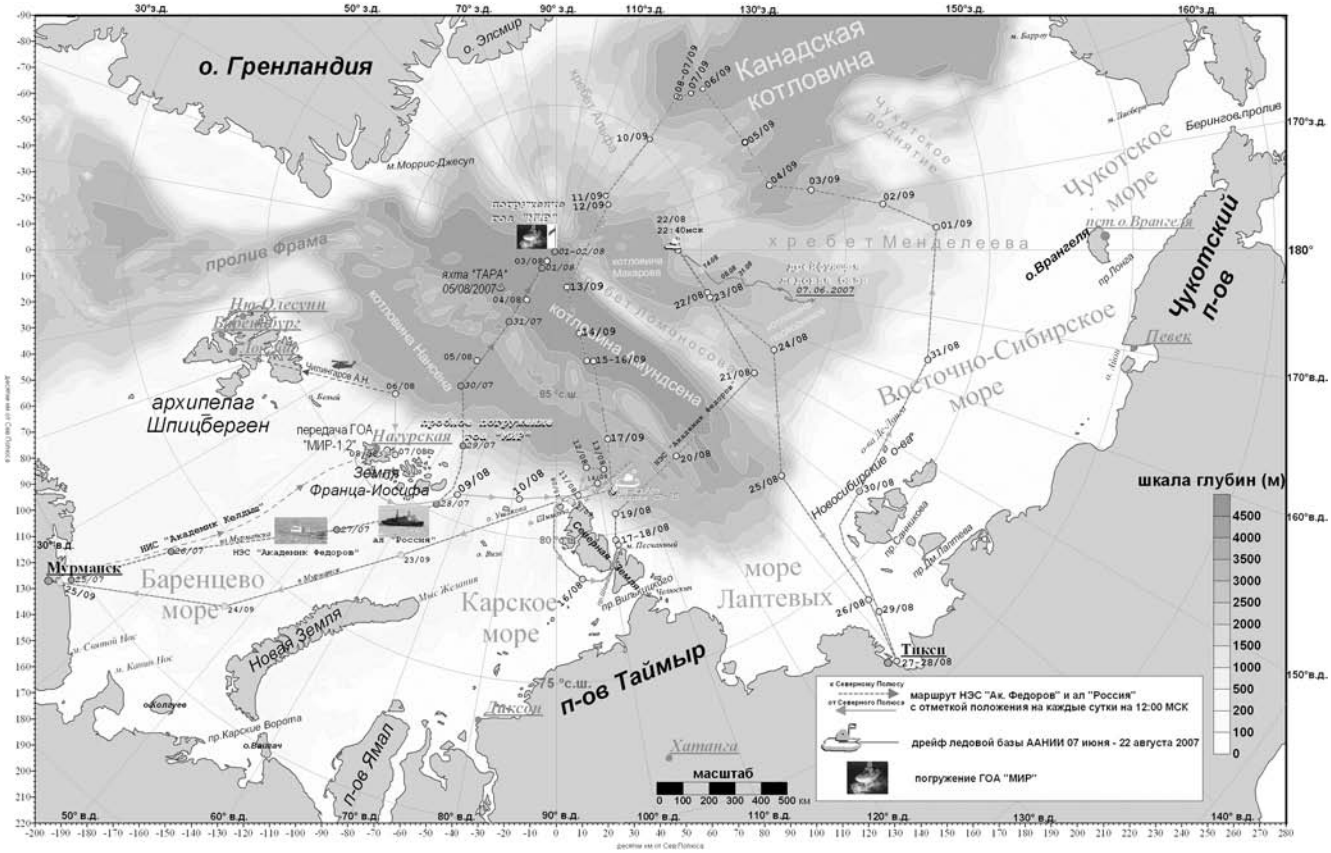
ОСНОВНЫЕ ИТОГИ ЭКСПЕДИЦИИ «АРКТИКА-2007»

В.Т.СОКОЛОВ, И.М.АШИК (ААНИИ)

Высокоширотная экспедиция «Арктика-2007» на борту НЭС «Академик Федоров», организованная Арктическим и антарктическим научно-исследовательским институтом Росгидромета, не имеет отечественных аналогов по масштабам исследований высокоширотной Арктики с использованием судна. Экспедиция выполнялась в рамках мероприятий и проектов МПГ 2007/08, оперативно-производственных и научных задач Росгидромета в Арктике.

В последние десятилетия в природных условиях Арктики произошли значительные изменения. В Арктике стало отмечаться значительное увеличение частоты прохождения и интенсивности циклонов, приведшее в итоге к повышению температуры воздуха и увеличению количества осадков. На фоне этого потепления чаще стала проявляться экстремальность погодных явлений: увеличиваются максимумы и минимумы температуры, чаще происходят резкие перепады температуры и давления воздуха, увеличивается количество осадков, чаще наблюдаются штормовые ветры. Площадь и толщина ледяного покрова уменьшаются, растет температура воды в поверхностном слое и в слое атлантических вод и пр. Наблюдающиеся изменения в Арктике требуют переоценки существующих взглядов на арктические природные процессы и деятельность человека за Северным полярным кругом.

Основная научная цель Программы высокоширотной экспедиции «Арктика-2007» – получить комплексную информацию, основанную на данных прямых наблюдений и измерений, о состоянии природной среды высоких широт Арктики и процессах, в ней протекающих.



Карта маршрута НЭС «Академик Федоров» (карта подготовлена А.Л.Гармановым)

Главные задачи экспедиции, работавшей на борту НЭС «Академик Федоров» в ходе выполнения программы «Арктика-2007», состояли в получении новых данных о следующем:

– гидрометеорологических процессах в климатически активных районах Арктического бассейна СЛО и арктических морей, их взаимодействии с Северо-Европейским бассейном СЛО, Атлантическим и Тихим океанами;

– метеорологических, гидрологических и гидрохимических условиях, сложившихся в Арктическом бассейне СЛО и арктических морях в начале XXI века;

– радиационных процессах в системе атмосфера–морской лед–верхний слой моря;

– структуре и динамике ледяного покрова Арктического бассейна СЛО;

– эксплуатационных характеристиках НЭС при плавании по чистой воде и в предельных ледовых условиях;

– составе осадков и глубинном геологическом строении дна Арктического бассейна СЛО, материкового склона и строении окраинных желобов;

– состоянии популяций морских птиц высокоширотных островов и акваторий Российской Арктики.

Для реализации указанных задач в составе экспедиции было сформировано девять отрядов: океанографический, метеорологический, ледоисследовательский, отряд изучения ледовых качеств судна, геологический, гидрографический, биологический, специализированного гидрометеорологического обеспечения (СГМО) и группа по установке автоматизированных дрейфующих станций. Всего в научном составе Морского отряда экспедиции в разные этапы работало 58 человек, кроме этого 8 человек работали в научно-техническом составе экипажа судна.

Экспедиция «Арктика-2007» состояла из пяти этапов: на первом этапе (10–24 июля) НЭС «Академик Федоров» совершило переход из Санкт-Петербурга в Балтийск, где на борт судна были погружены глубоководные обитаемые аппараты «Мир-1» и «Мир-2» и обслуживающий их персонал из числа сотрудников ИО РАН. После этого в порту Киль на борт судна были погружены автоматизированные измерительные комплексы, предназначенные для последующей установки на дрейфующих льдах Арктического бассейна. Затем, обогнув Скандинавию, судно прибыло в порт Мурманск, где на его борт поднялся Морской отряд экспедиции, состоявший преимущественно из сотрудников ААНИИ.

Второй этап экспедиции (25 июля–7 августа) связан с работой на борту НЭС «Академик Федоров» Высокоширотной арктической глубоководной экспедиции (начальник А.Н.Чилингаров). Пройдя через восточную часть Баренцева моря, судно вышло к северо-востоку от архипелага Земля Франца-Иосифа (ЗФИ), где 29 июля прошло пробное погружение ГОА «Мир». После успешного завершения спусков НЭС «Академик Федоров» под проводкой атомного ледокола «Россия» направилось к Северному полюсу и достигло его 1 августа. 2 августа 2007 г. ГОА «Мир-1» и «Мир-2» впервые в истории полярных исследований совершили погружение в точке географического Северного полюса и установили на дне Государственный флаг РФ. 7 августа в проливе Кэмбридж (ЗФИ) НЭС «Академик Федоров» встретилось с НИС «Мстислав Келдыш». ГОА «Мир» были перегружены на борт НИС, и проведена ротация части экспедиционного состава.

Основным содержанием третьего этапа экспедиции (8–28 августа) стало выполнение масштабных комплексных исследований природной среды высокоширотной Арктики. В этот период выполнены исследования в районе материкового склона морей Карского и Лаптевых, проведены работы в районе желобов Святой Анны и Воронина, в проливе Шокальского, осуществлены геологические и орнитологические исследования на островах ЗФИ, Северной Земли, на о. Ушакова. На завершающей фазе этапа (22–23 августа) прошла эвакуация станции «Ледовая база», дрейфовавшей в Арктическом бассейне СЛО на протяжении двух месяцев.

28 августа НЭС «Академик Федоров» прибыло в порт Тикси, где на борт судна загрузился основной состав дрейфующей станции «Северный полюс-35» и была осуществлена частичная ротация личного состава экспедиции.

Главной задачей четвертого этапа экспедиции (29 августа – 25 сентября) стал поиск ледяного поля для организации дрейфующей станции СП-35 и работы по ее строительству. НЭС «Академик Федоров» осуществило переход из Тикси через восточную часть моря Лаптевых, северную часть морей Восточно-Сибирского и Чукотского в район к северу от о. Врангеля. Так как обследование ледяных полей, первоначально намеченных для высадки дрейфующей станции, показало их полную непригодность, судно под проводкой атомного ледокола «Россия» вошло в ледяной массив Канадского сектора Арктики и продолжило поиск в этом районе. Поиск, в процессе которого был обследован

Лагерь «Ледовой базы» перед эвакуацией

Рабочий визит к французским коллегам на яхту «Тара»

ледяной покров на площади 311 тыс. км^2, завершился 18 сентября, когда в точке с координатами 81°26' с.ш., 103° 02' в.д. было обнаружено ледяное поле, признанное годным для размещения на нем лагеря дрейфующей станции СП-35. 21 сентября работы по выгрузке оборудования станции были закончены, и НЭС «Академик Федоров» взяло курс на Мурманск, куда прибыло 25 сентября и где личный состав экспедиции покинул НЭС.

На завершающем пятом этапе экспедиции НЭС «Академик Федоров» совершило переход из Мурманска в Санкт-Петербург, прибыв в порт приписки 3 октября. За период рейса судно прошло 14 447 миль, в том числе 4 925 миль в тяжелых арктических льдах.

В ходе работ экспедиции «Артика-2007» получены научные результаты, позволяющие качественно и количественно оценить состояние природной среды Арктики начала XXI века и уточнить существующие представления о механизмах их формирования.

На акватории Арктического бассейна СЛО и арктических морей было выполнено 243 зондирования водных масс, из них: 96 глубоководных судовых океанографических станций с отбором проб воды для последующих гидрохимических определений, 47 океанографических станций со льда, 100 станций с борта судна обрывными зондами.

В ходе гидрохимических исследований выполнено: 861 определение силикатов, 861 определение фосфатов, 853 определения кислорода, 263 определения pH, отобрано 263 пробы для последующего определения общей щелочности.

Предварительный анализ полученных данных позволяет утверждать, что по сравнению с 2004–2005 гг. в западной части Арктического бассейна СЛО температура ядра атлантических вод возросла на 0,5 °С, а толщина их слоя возросла на 100–150 м преимущественно за счет увеличения глубины распространения. В восточной части Арктического бассейна СЛО существенных изменений в состоянии атлантических вод не зафиксировано. Практически повсеместно отмечается значительное распреснение поверхностного слоя, связанное, очевидно, с интенсивным таянием ледяного покрова, ростом количества атмосферных осадков и увеличением стока рек, впадающих в СЛО. Необходимо отметить, что летом 2007 г. произошло очищение ото льда огромных акваторий арктических морей и Арктического бассейна СЛО, в результате чего поверхностный слой вод на севере Восточно-Сибирского и Чукотского морей, районах, обычно покрытых льдом, прогрелся до 5–7 °С. Таким образом, в арктических морях и на значительной части Арктического бассейна СЛО сформировались большие запасы тепла, что не может не оказать влияния как на гидрологические, так и ледовые условия этих акваторий.

По предварительным оценкам гидрохимических исследований состава вод СЛО можно утверждать, что исследуемый район СЛО является стоком для атмосферного CO_2. Обнаружено, что на материковом склоне севернее архипелага Северная Земля происходит вентиляция вод, охватывающая водную толщу в интервале глубин 700–1500 м. По предварительным оценкам «след» вентиляции может наблюдаться до 87° с.ш. Характер вертикальной изменчивости органических форм биогенных элементов обычный, концентрации органических фосфора и азота максимальны в поверхностном фотическом слое, а с глубиной убывают до аналитического нуля. Анализ изменчивости главных биогенных элементов в поверхностном слое позволяет сделать вывод, что первичная продукция в исследуемом районе СЛО лимитируется силикатами.

В ходе исследований теплофизических и радиационных свойств морского льда уточнены представления о физических и морфометрических характеристиках снежниц, в частности установлено, что вертикальные и горизонтальные градиенты температуры и солености воды в снежницах имеют порядок 0,001 °С/см и 0,001 ‰/см, под снежницей имеется слой льда толщиной порядка 0,5 м с более высокой пористостью, температура которого практически постоянна, суточный ход температуры талой воды коррелирует с приходящей солнечной радиацией, альбедо снежниц имеет явно выраженную спектральную зависимость, существенно отличающуюся от альбедо фирна (в коротковолновой части спектра, до 700 нм, – в 2,0–2,5 раза, в длинноволновой, 700–900 нм, – в 7–8 раз), учет спектрального альбедо и спектрального распределения приходящей коротковолновой радиации может существенно изменить время начала таяния снега вследствие преимущественного поглощения длинноволновой радиации в самом верхнем слое снежного покрова, нормированная

интенсивность приходящей под разными зенитными углами коротковолновой радиации имеет явно выраженный бимодальный характер даже при плотной сплошной облачности.

При исследовании свойств приледных слоев атмосферы и океана выполнены измерения течений в верхнем слое моря подо льдом. В период измерений наблюдалось формирование области повышенных величин течения в слоях 20–60 м, отмечалась выраженная периодичность значений скорости течения в слое 20–30 м с периодами колебаний 5–30 мин. Такое явление может быть вызвано возникновением внутренних волн в слое пикноклина, располагающегося на глубине 20–30 м. Градиенты солености достигали больших значений – около 0,1 ‰/м. Такой градиент солености дает оценку периода плавучести около 200–300 с, что обеспечивает возможность возникновения высокочастотных колебаний внутри пикноклина, наблюдаемых на полученных записях характеристик скорости течения. Также были обнаружены пульсации атмосферного давления в приледном слое с периодом порядка 10 мин. Пульсации имеют апериодический характер и наблюдаются в виде нескольких колебаний за время порядка 1 ч. Для выяснения физической природы пульсаций необходим спектральный анализ данных измерений давления и ветра.

Трансарктический маршрут НЭС «Академик Федоров» позволил получить информацию о пространственно-временном распределении и изменчивости газового состава атмосферы на обширных участках акватории СЛО в период летнего таяния. Была отмечена значительная пространственная и временная изменчивость этих элементов. При этом выявлена ярко выраженная широтная зависимость концентраций CO_2 и озона в приповерхностном слое атмосферы: существенное возрастание концентраций обоих газов в северном направлении, от чистой воды к сплоченным льдам. В качестве объяснения данного факта, среди других, может быть предположение о различной роли открытой водной поверхности и ледяного покрова в формировании газового режима нижнего слоя атмосферы. Для CO_2 это более интенсивное поглощение его водной поверхностью вследствие процессов фотосинтеза и увеличения его растворимости в воде при ее охлаждении. Для приземного озона причиной такого географического распределения может быть его разрушение в ходе фотохимических реакций, обусловленных поступлением в составе аэрозолей бромидов в приповерхностный слой воздуха.

Выполненные измерения общего содержания озона и интенсивности приходящей ультрафиолетовой радиации показали, что в период экспедиции обе величины имели ярко выраженные отрицательные тренды, обусловленные уменьшением солнечной инсоляции. Следует отметить, что точность оценок обеих характеристик, измеренных в основном в

Академик В.Е.Фортов измеряет толщину льда

условиях сплошной облачности и малых углах солнца, вероятно, весьма низка. Полученные данные требуют тщательной дополнительной обработки при участии специалистов ГГО. Только после этого возможен их серьезный анализ совместно с данными наблюдений на сети полярных озонометрических станций с целью выявления обусловленности пространственно-временной изменчивости общего содержания озона с геофизическими процессами в атмосфере. Следует отметить, что описанные выше наблюдения продолжены на дрейфующей станции «Северный полюс-35», где, совместно со спектральными измерениями озонометром М-124, производятся регулярные выпуски озонозондов.

При исследовании особенностей перераспределения коротковолновой (солнечной) радиации в Центральном Арктическом бассейне впервые использованы современные полевые спектрометры с разрешением 4 нм и углах зрения 180 и 7°, позволяющие работать в условиях минимальной освещенности (при высоте солнца менее 2°). В ходе работ на ледовых станциях впервые получены экспериментальные оценки поглощенной в снежницах солнечной радиации и выявлена необходимость использования в термодинамических моделях снежно-ледяного покрова не менее двух градаций альбедо (для коротковолновой и длинноволновой частей спектра). Измерения приходящей коротковолновой радиации узкоугольным спектрометром выявили бимодальность интенсивности приходящей радиации, измеренной под разными углами к горизонту, даже в условиях сплошной плотной облачности.

В период нахождения судна в районах, покрытых льдом, велась визуальная и инструментальная фиксация параметров льда, два телеметрических комплекса осуществляли измерения толщины льда и регистрацию общей ледовой обстановки по курсу движения судна. Было проведено макро- и микрофотографирование срезов керна морского льда, микрофотографирование твердых атмосферных осадков, произведен отбор проб на изотопный анализ. Работы по изучению морфометрических характеристик ледяного покрова выполнялись на

37 ледовых станциях, при этом проведены измерения на 49 профилях длиной 25–50 м. Произведены отбор и обработка 12 кернов льда. Регулярно велись работы по обработке и архивации записей телеметрического комплекса, регистрирующего толщину льда и общую ледовую обстановку. В соответствии с программой изучения физико-механических свойств льда выполнено 83 измерения температуры кернов льда, построены температурные профили для трех кернов; 41 измерение плотности, построены профили плотности для трех кернов; 6 измерений солености; изготовлено 6 шлифов структур морского льда. Отобраны 34 пробы солености ровного льда, а также 20 образцов, предназначенных для изготовления шлифов.

Во время трех кратковременных вертолетных высадок на островах архипелагов ЗФИ и Северная Земля были проведены обследования территорий вблизи мест посадки вертолета с целью документации мерзлотных процессов в зонах, освободившихся в недавнем прошлом от ледникового покрова. Результаты кратковременных наблюдений можно обобщить следующим образом: наиболее активное развитие криогенных процессов наблюдается в непосредственной близости от фронта ледника, на территории, недавно освобожденной ото льда при деградации ледникового покрова; здесь наблюдаются криогенные разрушения и сортировка каменного материала, формируются полигональные формы поверхности, происходит пучение грунтов, на удаленных от ледника участках присутствуют аналогичные проявления мерзлотных процессов, однако формы рельефа находятся на более глубокой стадии развития.

Морские и сухопутные геологические исследования на акваториях морей Карского и Лаптевых, архипелагах ЗФИ и Северная Земля выполняла объединенная группа сотрудников ПМГРЭ и ВНИИОкеангеология, при этом ведущая роль в производстве сухопутных работ была отведена ПМГРЭ, а в производстве морских работ – ВНИИОкеангеология. В ходе геологических работ на островах Ламон, Вильчека, Земля Вильчека и Рудольфа (ЗФИ) обследованы мезозойские базальты и долериты с задачей уточнения их состава и возраста. На о. Шмидта отобраны палеонтологические образцы, изучение которых позволит уточнить природу зарождения и развития этого изолированного ледникового купола. В ходе облета ледяного о. Ушакова установлено отсутствие выходов горных пород, которые указаны в лоции Карского моря. На о. Октябрьской Революции (Северная Земля) с различной степенью детальности изучены выходы кембрийских метаосадочных пород, позднепалеозойских гранитов и мезозойских долеритов, геологическое положение и возраст которых остаются на сегодня неясными. В ходе исследований уточнены строение и масштабы проявлений некоторых полезных ископаемых: олова, железа, фосфора, редкоземельных металлов, поделочных и самоцветных камней. Выявлены также многочисленные факты, свидетельствующие об активном и широком движении крупных ледниковых масс в плейстоцене.

Выполнение глубоководной океанографической станции

Морские геологические исследования экспедиции были сосредоточены на поднятии Менделеева, на континентальном склоне в районе арх. Северная Земля, во внешней зоне шельфа морей Баренцева, Карского и Лаптевых. В ходе работ выполнено 18 геологических станций, из них в 10 точках для донного пробоотбора использована грунтовая труба длиной 4 м и в 8 точках – дночерпатель. Таким образом, получены новые результаты по стратиграфии четвертичных отложений СЛО, континентального склона и шельфа морей Баренцева, Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского. Отобраны пробы для палеомагнитных исследований, на гранулометрию, минералогию, органическое вещество, микрофауну, остракоды, споры и пыльцу, диатомовый анализ.

В ходе выполнения биологических работ обследовано 12 островов архипелагов ЗФИ и Северная Земля, совершены вертолетные облеты вокруг островов Ушакова, Вильчека и частично Шмидта. Острова Ламон (ЗФИ), Шмидта и Комсомолец, а также посещенные точки о. Октябрьской Революции (арх. Северная Земля) с орнитологической точки зрения были обследованы впервые. Всего на островах и непосредственно в прибрежной зоне зарегистрировано 16 видов птиц, для 8 доказано гнездование. На ЗФИ найдены крупнейшие из известных на архипелаге колонии полярных крачек с приблизительной численностью до 100–200 пар (острова Ламон и Ева-Лив).

По проекту «Белая чайка» получены уникальные материалы по распространению, численности и продуктивности вида на значительной части российского ареала. Найдены новые гнездовые колонии вида на островах Рудольфа и Комсомолец и, предположительно, на о. Вильчека. Документально подтверждено наличие колонии на о. Шмидта, ранее известной по опросным сведениям из туристических круизов. Проверено состояние известных колоний на

островах Ева-Лив и Домашний. Систематические наблюдения за распределением и численностью морских птиц и млекопитающих (судовые учеты и аэровизуальные наблюдения) на большей части обследованной акватории проводились впервые. Всего на исследованных акваториях зарегистрировано 13 видов птиц, 5–6 видов морских млекопитающих и белый медведь. Наиболее северный характер пространственного распределения обнаружен среди птиц – у розовой чайки, а также моевки, среди млекопитающих – у кольчатой нерпы.

Собран гербарий сосудистых растений и лишайников на архипелагах ЗФИ (о. Земля Вильчека, побережье залива Ермак) и Северная Земля (о. Октябрьской Революции, мысы Массивный и Некрасова); всего более 80 гербарных образцов лишайников и более 30 экземпляров сосудистых растений. Составлены краткие геоботанические описания растительных сообществ в местах сбора, выполнено фотографирование характерных растительных ценозов и отдельных видов растений. Ботанические сборы и наблюдения в указанных местах выполнены впервые.

В течение всего рейса на борту судна непрерывно определялись глубины и рельеф дна СЛО, а также испытывалось радионавигационное оборудование. Протяженность выполненного маршрутного промера глубин составила 5300 линейных километров, выполнено 120 отдельных промеров глубин в акватории арктических морей и Арктического бассейна СЛО, в том числе на участках, не изученных или мало изученных в гидрографическом отношении. Были выявлены особенности работы исследовательских эхолотов при плавании во льдах и выработаны рекомендации для выполнения гидрографических исследований в ледовых условиях.

Основным результатом работы отряда СГМО по программе «Арктика-2007» (26-й рейс НЭС «Академик Федоров») является полное, своевременное и качественное обеспечение плавания судна в высоких широтах, реализация сложного комплекса мероприятий по проведению глубоководных работ, эвакуации дрейфующей «Ледовой базы» и организации дрейфующей станции СП-35, а также выполнение научных исследований, включающих в себя геологические, гидрологические и ледовые работы. Несмотря на аномальное развитие метеорологических и ледовых процессов, опыт рейса НЭС «Академик Федоров» убедительно доказал возможность и эффективность эвакуации закончившей свой срок и организации новой дрейфующей станции «Северный полюс» с судна в летний период.

Важную роль в успешном выполнении всех поставленных перед экспедицией задач сыграла система специализированного гидрометеорологического обеспечения. Опыт информационного обеспечения экспедиции в очередной раз убедительно показал, что для эффективного движения судов в Арктическом бассейне необходима система СГМО, включающая: режимные знания ледовых условий плавания и процессов, их формирующих; надежные методы долгосрочных и краткосрочных метеорологических и ледовых прогнозов; алгоритмы составления навигационных рекомендаций для современного ледокольного и транспортного флота; использование современных дистанционных средств зондирования ледяного покрова, позволяющих осуществлять его мониторинг; специальные судовые ледовые наблюдения и контактные методы измерений; визуальную авиационную ледовую разведку, являющуюся важным инструментом для оперативного получения информации о ледовой обстановке на предварительно выбранном варианте плавания.

В ходе работ по реализации Плана управления данными Программы МПГ в части, касающейся экспедиции «Арктика-2007», был доработан и дополнен приложениями, основанными на реальных данных наблюдений, проводимых в экспедиции, документ «Рекомендации по оформлению данных экспедиционных наблюдений». Подготовлены описания данных наблюдений по 9 видам, на основе форм, установленных Планом управления данными МПГ, которые будут внесены в центральную базу метаданных ЕСИМО и станут доступны пользователям через Интернет. Проведена апробация электронной версии сводной формы описания морских наблюдений РОСКОП. Выполнены тестирование и доработка программного обеспечения контроля соответствия данных формату обмена, рекомендованному Планом управления данными МПГ.

Совместно со специалистами Вудсхоллского океанографического института (США) и Университета им. Пьера и Марии Жолио-Кюри (Франция) на льду было установлено 5 дрейфующих профилографов водных масс (ITP), 3 дрейфующих измерителя толщины снега и льда (IMB) и 6 буев определения координат места системы АРГОС для определения динамики льда. Информация с дрейфующих измерительных комплексов оперативно передается по спутниковым каналам связи в центры сбора информации и представляется пользователям средствами Интернет.

В подготовке, организации и проведении высокоширотной арктической экспедиции, осуществлявшей работы в рамках МПГ 2007/08, приняли участие сотни специалистов и ученых ААНИИ Росгидромета и представители организаций и институтов других министерств и ведомств.

Особо отметим, что выполнение столь сложной Программы работ в труднодоступных районах Арктики стало возможным благодаря высокопрофессиональной подготовке всех основных участников экспедиции.

Полученные в процессе экспедиции материалы натурных наблюдений являются существенным вкладом России в реализацию программы исследования полярных областей планеты.

ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ МОРСКОГО ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА В ГАЗООБМЕНЕ ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ

В.Н.ГОЛУБЕВ, П.Б.ГРЕБЕННИКОВ, Г.А.РЖАНИЦЫН
(МГУ имени М.В.Ломоносова)

Сотрудники географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова в ходе работ экспедиции «Арктика-2007» провели комплекс исследований по программе проекта «Роль морских льдов в вариациях содержания углекислого газа в атмосфере» («Effect of Sea Ice on Atmospheric Carbon Dioxide Content», ESIAC), входящего в кластер «OASIS» МПГ 2007/08. Программа экспедиционных работ включала в себя:

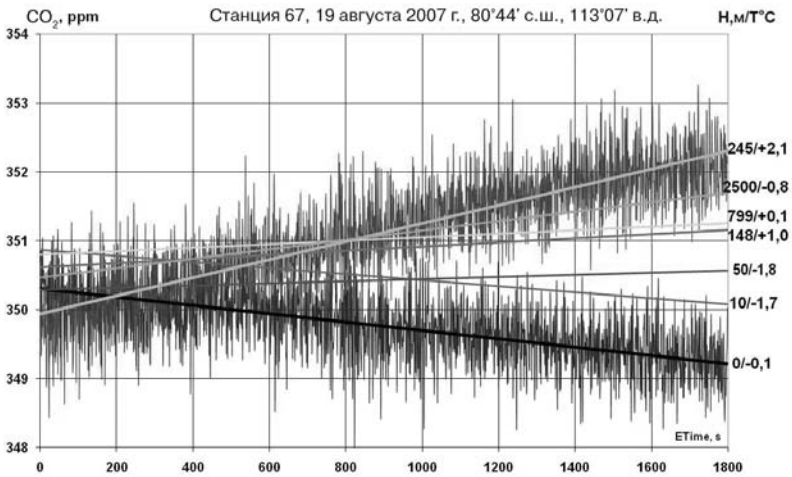
1) отбор проб воздуха, льда, морской воды в акватории Северного Ледовитого океана и исследование их газового состава;

2) изучение строения, в частности пористости, морских льдов для оценки их газопроницаемости;

3) изучение морфологии кристаллов твердых атмосферных осадков и последующее исследование их изотопного состава;

4) во время вертолетных маршрутов на острова документация процессов криогенного разрушения горных пород в зонах отступания ледников.

Измерение потоков CO_2 газоанализатором LI 8100

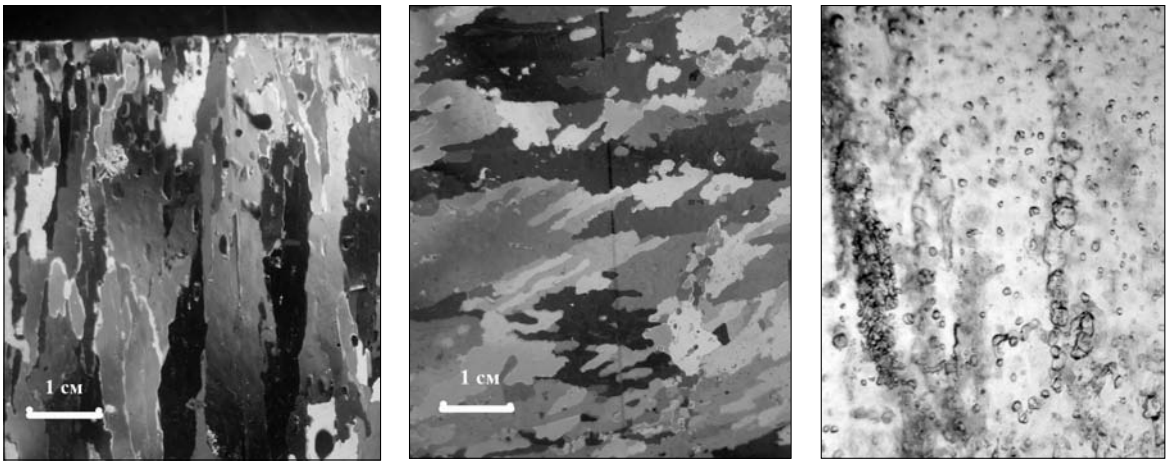


Изменения содержания CO_2 в процессе газообмена воздуха камеры газоанализатора с пробой морской воды
(с правой стороны графика – данные о глубине отбора пробы воды и ее температуре)

При проведении океанографических станций в акватории Северного Ледовитого океана одновременно были отобраны пробы морской воды с разной глубины и воздуха для изучения их газового состава и измерения потоков CO_2 в системе атмосферный воздух–морская вода. Отбор проб воды объемом 1,0–1,5 л с разной глубины производили из батометра сразу по завершении океанографической станции. Газы, извлекаемые из воды для последующего исследования на газовом хроматографе, поступали в специальные стеклянные газоотборники. Входное и выходное отверстия в газоотборнике были соединены силиконовой трубкой, заполненной крепким рассолом. Объем работ по установлению соотношения содержания CO_2 в атмосфере и в морской воде был существенно увеличен по сравнению с первоначальной программой, так как оказалось возможным использовать приобретенный ААНИИ газоанализатор LI 8100, исходно предназначенный для определения интенсивности потоков газа в атмосферу из подстилающего грунта.

На каждой станции отбирали пять-шесть проб воды с разных глубин и с поверхности, а также из-под льда при наличии ледяного покрова. Более часто пробы отбирали из верхнего 100-метрового горизонта. Для упрощения сравнительного анализа измерения проводили на пеленгаторной палубе, где изменения содержания CO_2 в атмосфере в течение всего периода работ не превышали 3 ppm. Время измерения во всех случаях составляло 30 мин. Концентрация CO_2, давление и температура воздуха, относительная влажность и содержание водяного пара измерялись ежесекундно. Погрешность термометрии 0,1 °С. Погрешность измерения остальных показателей – 1,5 % измеряемой величины. Автоматически производился пересчет концентрации на сухой CO_2. Информация сохранялась в виде таблиц в текстовом формате. Изменения содержания CO_2 в воздухе камеры газоанализатора характеризуют степень неравновесности содержания газа в атмосфере с содержанием его в пробе воды из батометра. Зарегистрированные значения потока CO_2 при проведении измерений составляли от –0,1 до 0,1 мкмоль/(м^2·с).

Исследования показали, что в летний период содержание CO_2 в полярной атмосфере понижено на 20–30 ppm по сравнению со средним годовым значением, что в подледной воде содержание CO_2 не равновесно даже пониженному летнему содер-



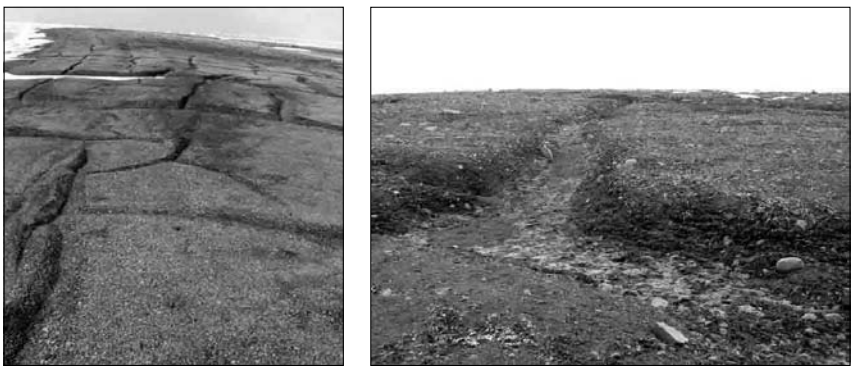
Строение морского льда и цепочки газовых включений в нем

жанию его в атмосфере, причем неравновесность возрастает при повышении сплоченности льдов, и что интенсивность газообмена атмосферы и морской воды зависит от сплоченности льдов. Установлена также значительная изменчивость содержания CO_2 в глубинных слоях морской воды. На графике показаны изменения содержания CO_2 в воздухе камеры газоанализатора, контактирующем с пробой морской воды, отобранной на океанографической станции № 67 с разных глубин. Приведены также данные о температуре и солености воды на указанной глубине.

Изучено строение керна морского льда в акватории Северного Ледовитого океана в зимний сезон 2006/07 г., и сделано микрофотографирование тонких срезов. Морской лед сложен сравнительно крупными (до 2 см), разделенными на блоки кристаллами, имеющими близкую (параллельную поверхности замерзания) ориентацию оптических осей. По субграницам между блоками обычно располагаются тонкие, менее 0,1 мм, прерывистые пленки рассола. К границам кристаллов приурочены протяженные каналы толщиной до 0,5 мм, заполненные рассолом. Эти каналы могут формировать сложно построенную систему пор, по которой при небольшой толщине льда (до 15 см) возможен ограниченный газообмен подледной воды с атмосферой. Однако при моделировании этого процесса в лабораторных условиях установлено, что в случае формирования сквозной поры тяжелый рассол вытекает, а поровое пространство заполняется водой меньшей солености, после замерзания которой миграция газов через поры практически невозможна. В морском льду помимо скоплений рассола содержатся также газовые включения, суммарный объем которых в верхних слоях ледяного покрова может превышать 6 %.

Результаты предварительных исследований показывают, что при периодическом становлении ледяного покрова условия газообмена гидросферы и атмосферы резко изменяются, поскольку в этот период фактором, определяющим интенсивность газообмена, становится газопроницаемость ледяного покрова, а не растворимость газов в воде. При отсутствии (или при закрытии) сквозных пор и макронарушений ледяной покров становится для газов непроницаемой мембраной. Над перекрытой льдом акваторией происходит накопление газов, прежде всего тех, растворимость которых в воде выше, чем

Криогенное разрушение каменного материала до фракции мелких глыб (слева) и дресвы (справа)



Полигональный рельеф (слева) и протаявшие глубокие борозды между полигонами (справа)

Криогенная сортировка материала

Сезонное оттаивание грунта

других основных газов атмосферы, и которые после растворения в воде входят в число интенсивно потребляемых в химических и биологических процессах. Поэтому одним из основных факторов, определяющих вариации содержания CO_2 в атмосфере и формирование парникового эффекта, служит морской ледяной покров, периодические изменения площади которого ведут к соответствующим изменениям интенсивности газообмена океана и атмосферы в полярных и умеренных широтах.

Существующие представления о механизмах возникновения солевых и газовых скоплений перед фронтом кристаллизации при замерзании воды и вхождения их в лед не учитывают особенности строения воды и роста льда и, ограничиваясь рамками исследуемых процессов, не всегда согласуются между собой. Проведенные и планируемые экспедиционные исследования, а также физическое и математическое моделирование позволят разработать единый, непротиворечивый механизм развития этих процессов, базирующийся на недавних теоретических разработках и кристаллооптическом изучении морского льда.

Во время кратковременных вертолетных высадок на островах архипелагов Земля Франца-Иосифа и Северная Земля обследована территория вблизи мест посадки с целью документации криогенных процессов в зонах отступания ледников. Поверхностные отложения в основном представлены каменным материалом, состоящим из неокатанных глыб, щебня и песка магматических (диоритовых) пород и редко встречающейся мелкой и средней гальки кварцевого или кварц-полевошпатового состава.

Слабое криогенное (морозное) выветривание на этих участках свидетельствует о сравнительно недавнем освобождении этой территории от ледника. Образующиеся в настоящее время продукты криогенного выветривания служат источником эолового материала. На фотографиях показано криогенное разрушение крупноглыбового материала до фракций глыб и дресвы.

Одним из характерных признаков развития мерзлотных процессов, наличия подземных льдов и криогенной трансформации поверхности служит полигональный рельеф. Полигоны прямоугольной формы, вытянутые вдоль береговой линии, имеют размеры сторон до 20–30 м. Межполигональные борозды имеют ширину до 3 м при глубине до 1,0–1,5 м.

На отдельных участках присутствует глинистый материал и наблюдается криогенная сортировка материала. Грунты на этих участках влагонасыщены, на горизонтальных поверхностях отмечены явные признаки криотурбации и пучения, на склонах, обращенных в сторону моря, наблюдаются признаки солифлюкции. Толщина сезонного протаивания составляет не менее 50–60 см.

Во время выпадения твердых осадков отобраны пробы на изотопный анализ и для исследования морфологии выпадающих кристаллов.

Все исследования были проведены в содружестве и при поддержке сотрудников ААНИИ и специалистов других организаций, участвовавших в работе экспедиции «Арктика-2007».

Предварительный анализ результатов проведенного комплекса исследований позволяет сделать следующие выводы:

1) в Арктическом бассейне слой подледной воды толщиной до 50 м при сплоченности льдов более 8 баллов не насыщен CO_2 даже относительно летнего пониженного содержания CO_2 в атмосфере арктического и субарктического регионов;

2) в части акватории с открытой водой и при малой сплоченности льдов содержание CO_2 в воде слоя перемешивания находится в равновесии с содержанием CO_2 в атмосфере;

3) содержание CO_2 в большей части глубинных слоев воды выше, чем равновесное с содержанием CO_2 в атмосфере в период проведения измерений;

4) наиболее активное развитие криогенных процессов наблюдается в непосредственной близости от фронта ледника, на участках, недавно освобожденных ото льда при деградации ледникового покрова; здесь наблюдаются криогенные разрушения и сортировка каменного материала, формируются полигональные формы поверхности, происходит пучение грунтов;

5) на удаленных от ледника участках присутствуют аналогичные проявления мерзлотных процессов, однако формы рельефа находятся на более глубокой стадии развития.

Планируемые на 2008 г. исследования строения и газопроницаемости морского льда, отбор проб морской воды, в том числе подледной и с разных глубин, для определения вариаций содержания CO_2 в зависимости от сплоченности льдов и от глубины отбора позволят получить необходимую информацию для выявления роли морских льдов в сезонных и многолетних вариациях содержания углекислого газа в атмосфере и парникового эффекта. Существенным для оценки интенсивности криометаморфизации каменного материала и образования пылеватых частиц в зонах отступания ледников станет и изучение развития криогенных процессов на островах Северного Ледовитого океана.

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ РАБОТ ВЫСОКОШИРОТНОЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ ЗА 2007 г.

В.Т.СОКОЛОВ (ААНИИ)

Деятельность Высокоширотной арктической экспедиции (ВАЭ) в 2007 г. осуществлялась в соответствии с Программой высокоширотных арктических исследований в Арктике в период МПГ 2007/08, реализуемой в соответствии Решениями Правительства РФ и Приказами Росгидромета.

Работы ВАЭ продолжили комплекс исследований природной среды высоких широт северной полярной области. В результате этой деятельности осуществлены комплексные работы, направленные на решение как задач оперативного мониторинга морской природной среды в целях исследования динамики климата и мониторинга загрязнения региона, так и задач, связанных с фундаментальными научными исследованиями в рамках проектов МПГ 2007/08. В течение года организованы дрейфующие станции «Ледовая база» и «Северный полюс-35». После двух с половиной месяцев успешных работ дрейфующая «Ледовая база» была эвакуирована.

Работа научно-исследовательских дрейфующих станций «Ледовая база» и «Северный полюс-35» продолжила и развила комплекс исследований природной среды, начатых на дрейфующих станциях СП-32, 33 и 34. Рейсы НЭС «Академик Федоров» и атомного ледокола «Россия» по программе «Арктика-2007» и работа летных океанографических отрядов с их бортов позволили провести уникальные комплексные наблюдения и исследования на обширных акваториях Арктического бассейна и в северных районах Карского и Лаптева морей, что позволило получить исключительный по объему и уникальный многодисциплинарный массив данных о состоянии природной среды значительных районов высокоширотной Арктики. Морская экспедиция на НИС «Иван Петров» по программе «Баркалав-2007» выполнила весьма значимый по объему комплекс наблюдений и исследований в арктических морях Баренцевом, Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском. Комплексный экспедиционный подход в рамках деятельности ВАЭ, позволивший объединить в едином цикле работы дрейфующих станций и лагерей, морские экспедиционные исследования и летных отрядов, обеспечил наиболее эффективное решение задач, поставленных Оргкомитетом МПГ 2007/08.

В результате проведенных наблюдений на дрейфующих станциях «Ледовая база» и «Северный полюс», в рейсах НЭС «Академик Федоров» и НИС «Иван Петров» по программам «Арктика-2007» и «Баркалав-2005», летных океанографических отрядов и предварительного анализа их материалов получены характеристики современного состояния арктической климатической системы в атмосфере, гидросфере и ледяном покрове в условиях резких изменений климатической системы высокоширотной Арктики. Получены количественные оценки характеристик изменения состояния ледяного покрова в Арктическом бассейне, связанные с развитием атмосферных и гидросферных процессов, динамикой ледовых процессов и состоянием ледяного покрова в районе работ дрейфующей «Ледовой базы», получены значения аномалий в атмосфере и гидросфере, вызванных современными процессами циркуляции системы атмосфера-океан, осуществлен мониторинг загрязняющих веществ в районе работ экспедиций. Получены уникальные данные по геологии донных осадков и малоисследованных прибрежных районов северных архипелагов, орнитофауне высокоширотных морских районов, ЗФИ и Северной Земли, динамике CO_2 и содержанию озона.

К наиболее значимым результатам работ ВАЭ можно отнести следующие.

Впервые в мировой практике осуществлены спуски глубоководных обитаемых аппаратов «Мир-1» и «Мир-2» под дрейфующие льды на материковом склоне к северу от ЗФИ и в районе Северного полюса.

Выполнены комплексные исследования состояния ледяного покрова Арктического бассейна в летний период на акватории около 400 000 км^2.

Обследование ряда ледников показало их значительную деградацию на архипелагах ЗФИ и Новая Земля.

Выявлены значительные положительные аномалии в состоянии и мощности слоя атлантических вод в Арктическом бассейне и в поверхностном слое на освободившихся от льда акваториях к северу от острова Врангеля.

На ледовом полигоне «Ледовой базы» получены количественные оценки изменения толщины ледяного покрова многолетнего льда в период его активного разрушения.

Получен уникальный массив данных о пространственно-временном распределении и изменчивости газового состава атмосферы на обширных участках акватории Северного Ледовитого океана в период летнего таяния. Была отмечена значительная пространственная и временная изменчивость этих элементов. При этом была выявлена ярко выраженная широтная зависимость концентраций углекислого газа и озона в приповерхностном слое атмосферы: существенное возрастание концентраций обоих газов в северном направлении, от чистой воды к сплоченным льдам.

Выполненные измерения общего содержания озона и интенсивности приходящей ультрафиолетовой радиации показали, что в период экспеди-

ции обе величины имели ярко выраженные отрицательные тренды, обусловленные уменьшением солнечной инсоляции.

Результаты этих наблюдений и исследований говорят о том, что в Арктическом бассейне СЛО произошли существенные изменения в состоянии климатической системы высокоширотной полярной области по сравнению с предшествующими периодами исследований, которые требуют более детального постоянного мониторинга и исследования в дальнейшем. Задачи, поставленные перед ВАЭ в 2007 г., успешно выполнены.

ЭКСПЕДИЦИЯ «АРКТИКА-2007»

В.А.ПОСЕЛОВ
(ВНИИОкеангеология)

В соответствии с Решением Морской коллегии при Правительстве РФ от 8 июня 2005 г. о проведении дополнительных гидрографических и геолого-геофизических исследований с 28 апреля по 14 июня 2007 г. ВНИИОкеангеология планирует «Проведение дополнительных геолого-геофизических исследований в зоне сопряжения хребта Ломоносова с прилегающим шельфом Евразии для обоснования внешней границы континентального шельфа (ВГКШ) РФ в Северном Ледовитом океане». Работы выполняются по заданию Федерального агентства по недропользованию. Целевое назначение работ экспедиции: геологическое обеспечение геополитических интересов РФ на основе уточнения границы расширенного континентального шельфа в Амеразийском бассейне. Основные геологические задачи:

1. Проведение комплексных геолого-геофизических исследований на опорном профиле «Арктика-2007» длиной 600 км в пределах хребта Ломоносова и зоны его сочленения с прилегающим шельфом моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря.

2. Уточнение мощности земной коры, положения и рельефа основных границ раздела в земной коре до поверхности верхней мантии, выявление основных глубинных разломов и оценка их тектонической роли в эволюции земной коры.

3. Уточнение мощности осадочного чехла и ее вариаций.

4. Изучение вещественного состава и генезиса донных отложений и донно-каменного материала, выполнение корреляции вещественного состава донных проб с известными формациями с сопредельных островов и материковой суши.

5. Выяснение геолого-структурной связи хребта Ломоносова с геологическими структурами сопредельного шельфа.

6. Создание геодинамической модели зоны сочленения хребта Ломоносова с прилегающим шельфом моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря.

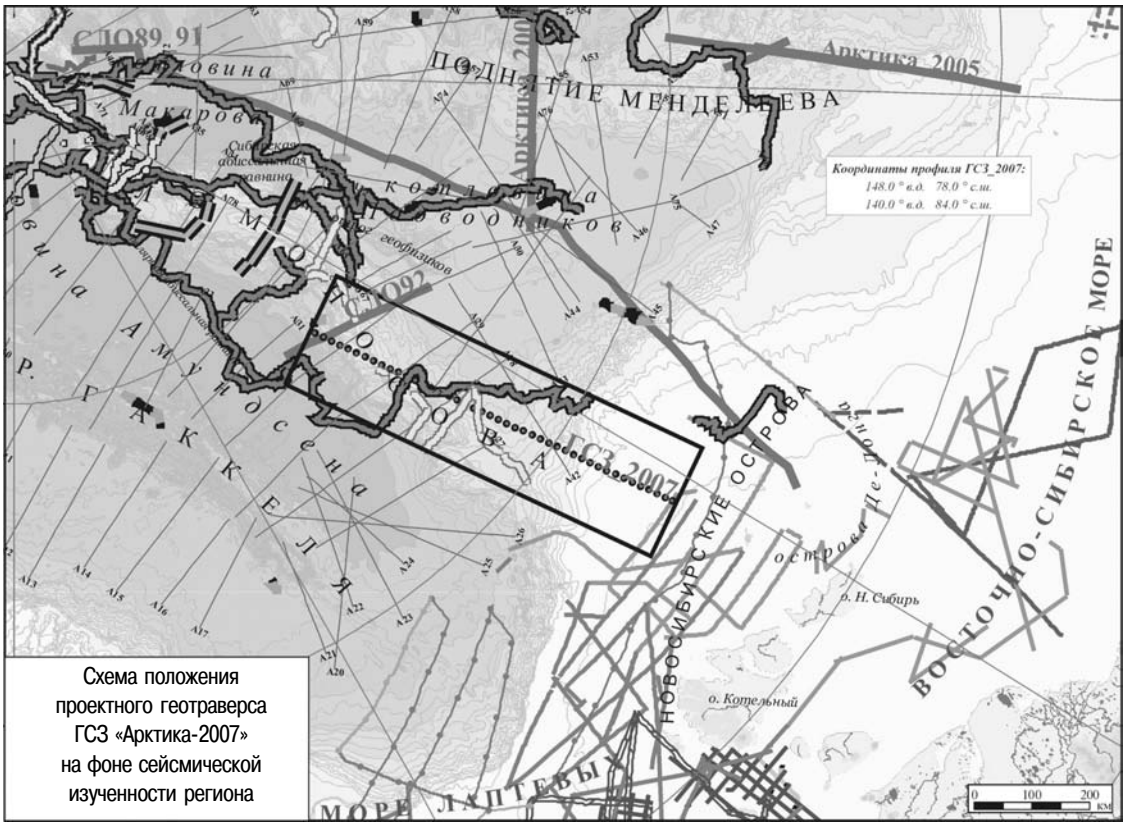


Схема положения проектного геотраверса ГСЗ «Арктика-2007» на фоне сейсмической изученности региона

7. Подготовка комплекта материалов, обосновывающего ВГКШ РФ в Северном Ледовитом океане для передачи в МИД РФ.

Комплекс геолого-геофизических исследований включает в себя:

– наледные сейсмические наблюдения ГСЗ и МОВ на хребте Ломоносова и в зоне его сопряжения с шельфом моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря. По ледовым условиям работы могут выполняться только авиадесантным способом с использованием вертолетов с базированием на судне ледокольного класса. Для регистрации сейсмических волн будут использоваться цифровые сейсмические станции «Дельта-ГЕОН» и «ГНОМ». Для возбуждения сейсмических волн будут использоваться заряды тротила массой 0,2–1,0 т;

– сейсмозондирования МОВ будут выполняться на всех пунктах профиля ГСЗ с использованием цифровой станции «SM-22» в качестве регистратора отраженных волн и электродетонаторов в качестве источников возбуждения сейсмических волн.

Дополнительно в полосе геотраверса будут выполнены наледные гравиметрические наблюдения, донное геологическое опробование в комплексе с высокоразрешающим сейсмическим профилированием и видеосъемкой донной поверхности, а также аэрогеофизическая съемка масштаба 1:1 000 000 в полосе геотраверса с базированием самолета-лаборатории в аэропорту Тикси.

Работы будут выполняться с атомного ледокола «Россия» Мурманского морского пароходства. В исследованиях будут задействованы два вертолета МИ-8МТВ и КА-32С.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РЕЙСЕ «АРКТИКА-2007» НА НЭС «АКАДЕМИК ФЕДОРОВ»

А.А.ЛАЙБА, В.А.ДЫМОВ (Полярная морская геологоразведочная экспедиция ФГУНПП «ПМГРЭ»)

В научной программе рейса «Арктика-2007», выполненного на НЭС «Академик Федоров», значительную роль составляли геологические исследования как океанического дна, так и полярных архипелагов (рис. 1). Геологические работы выполнялись в рамках проекта «Строение и эволюция земной коры арктической континентальной окраины Евразии», входящего в программу МПГ 2007/08 и параллельно по объекту Роснедра «Создание комплекта Государственной геологической карты масштаба 1 : 1 000 000 листов Т-45-48». Полевые исследования осуществлялись объединенным отрядом ПМГРЭ и ВНИИОкеангеология, при этом группа ПМГРЭ (два человека) играла ведущую роль в выполнении сухопутных работ, а группа ВНИИОкеангеология (четыре человека) – в выполнении морских станций. В данной статье приводятся краткие предварительные результаты по геологическому доизучению полярных архипелагов ЗФИ, Северная Земля, а также отдельных ледяных островов Ушакова и Шмидта.

8–9 августа удалось посетить с кратковременными высадками пять островов восточной группы арх. Земля Франца-Иосифа: Ламон, Вильчека, Земля Вильчека, Ева-Лив и Рудольфа. Вместе с геологами работали на высадках и другие специалисты.

Остров Ламон (0,7 х 1,3 км) целиком сложен свежими и массивными диоритами интрузивного облика. При пересечении острова были найдены хорошо окатанные гальки жильного кварца, пестроцветных песчаников и кремнистых пород, принесенных, очевидно, прибойными волнами и ледниками. В центре острова обнаружены несколько весьма выветрелых ребер и позвонков довольно крупного кита. Собранный на острове материал позволит установить подробный состав и возраст диоритовых пород, что в свою очередь позволить увязать их с общей геологической картиной архипелага.

Остров Вильчека расположен в 12 км к северу от острова Ламон и достигает в поперечнике 9–11 км. Исследования прошлого года показали, что ледниковый купол, покрывавший большую часть острова, распался в ходе таяния на два малых купола, высвободив почти целиком срединный перешеек. В 2007 г. были выполнены эксклюзивные наблюдения на освободившемся перешейке – коренном базальтовом останце с высотной отметкой 51 м. Изучена и опробована пачка мезозойских базальтов мощностью 20 м. Основание и плоская вершина базальтовой гряды перекрыты хорошо промытым светло-желтым песком аркозового состава. Совершенно очевиден его недавний флювиогляциальный генезис. Обращает внимание состав песка, весьма отличный от песков, образующихся при разрушении базальтов. Кроме того, на базальтовом плато были обнаружены довольно многочисленные хорошо окатанные валуны инородных пород – свежих массивных долеритов интрузивного облика (рис. 2). Эти факты свидетельствуют, во-первых, об обширном оледенении, перекрывавшем весь архипелаг в доголоценовое время, а во-вторых, о серьезной геологической деятельности ледниковых масс в процессе их явного и активного движения. Там же на плато были обнаружены целые раковинки моллюсков современного вида *Astarta*, живущего в морских водоемах и прибрежных лагунах. Этот факт пока труднообъясним (занесены птицами?).

Остров Земля Вильчека был обследован в береговых обрывах залива Персей. Ранее здесь было обнаружено проявление поделочных камней: халцедона, агата, горного хрусталя и окварцованной древесины. Работами этого года уточнены размеры рудопроявления, примерный объем и качество полезного материала (рис. 3).

На о. Ева-Лив был обследован мыс Клюв, составляющий его северо-западную оконечность. Там были собраны на верхней морской террасе уровня 3–4 м образцы среднеголоценовой фауны: толстостенные раковины моллюсков вида *Miotruncata*, а также Saxicava Arctica. Предполагаемый возраст их жизни – 4–6 тыс. лет назад. На нижней современной морской террасе уровня 0–2 м собраны образцы современных моллюсков вида *Astarta* и современного тонкостенного подвида *Miotruncata*. Собранная коллекция поможет в дальнейшем при идентификации сходных по типу голоценовых осадков на других территориях.

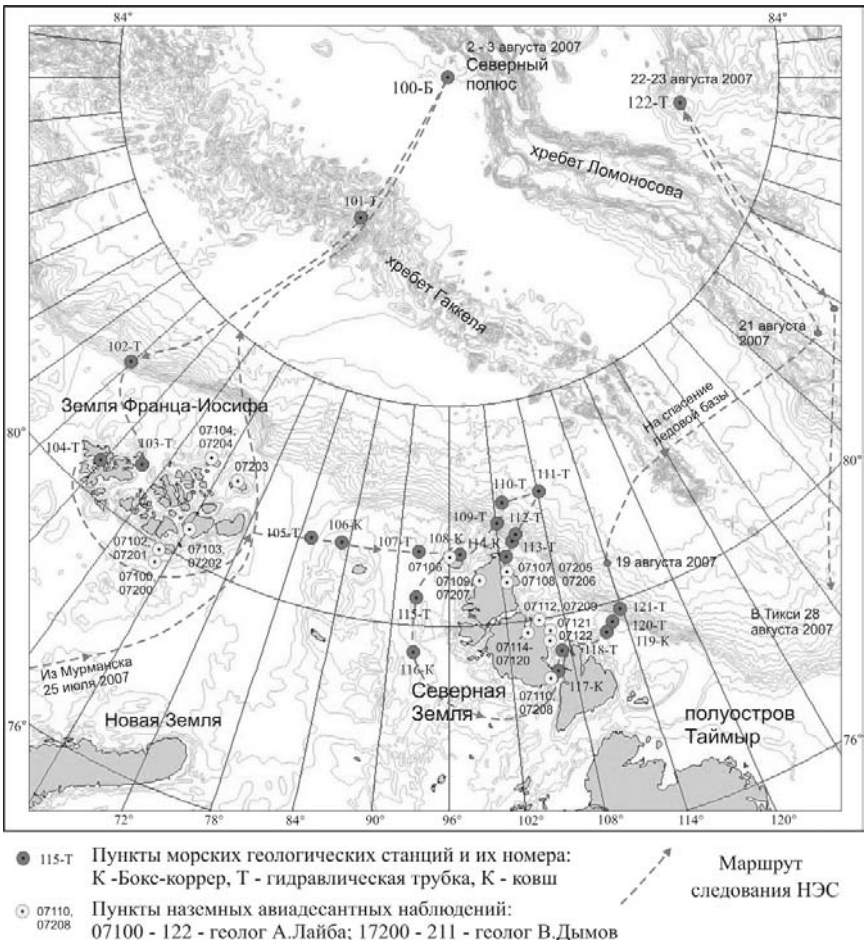


Рис. 1. Схема выполненных геологических работ группой ПМГРЭ на НЭС «Академик Федоров» в рейсе «Акрктика-2007»

На о. Рудольфа был обследован мыс Флигели и составлен схематический разрез 70-метровой пачки базальтовых покровов и осадочных пород, не имеющих до сих пор точных возрастных датировок. На нижней площадке мыса высотой примерно 20–25 м обнаружены многочисленные хорошо окатанные валуны долеритов (остаточная морена), что подтверждает сделанный выше вывод об активном движении ледников в доголоценовое время.

При облете ледяного о. Ушакова были обнаружены на протяженных участках пологого ледяного берега довольно широкие и длинные ленты современных флювиогляциальных отложений. Они представлены желто-бурыми глинистыми обводненными осадками (вероятно, с мелкой галькой и песком), маркирующими дельты многочисленных ручьев, стекающих с ледяных склонов (рис. 4). Осадки залегают на льду у самого берега, ширина осадочных пятен и лент колеблется примерно от 10 до 50 м, мощность составляет, вероятно, 2–

Рис. 2. Остров Вильчека. Валунная морена с песком

Рис. 3. Остров Земля Вильчека. Поделочные камни

Рис. 4. Остров Ушакова. Современные отложения

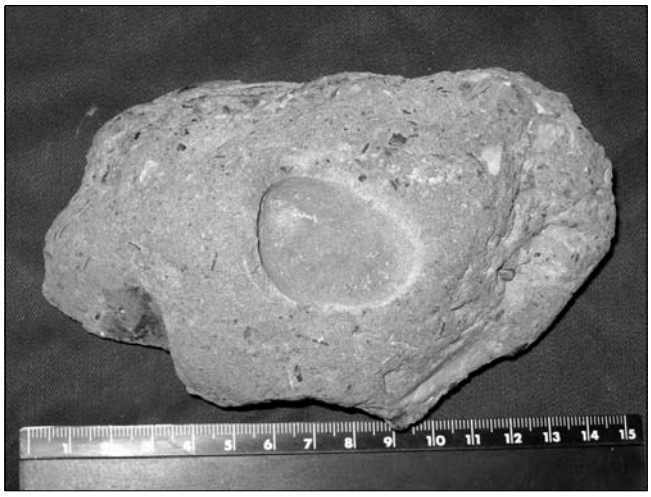


Рис. 5. Остров Шмидта. Песчаник с фауной

30 см, а протяженность достигает нескольких сотен м.

На о. Шмидта обследован мыс Земляной, образующий его северную оконечность. Там были отобраны образцы валунов и галек рыхловатого песчаника с многочисленными остатками мелких белемнитов («кремневых пальцев»), обломками и отпечатками раковин моллюсков (рис. 5). Идентификация этих остатков позволит уточнить возраст и состав пород, образующих подложку ледяного о. Шмидта.

На островах архипелага Северная Земля 15–18 августа совершено восемь авиадесантных высадок: три – в северной части о. Комсомолец (реки Труба и Сухая, бухта Скрытая) и пять – на о. Октябрьской Революции (мысах Массивном и Некрасова, в долине р. Ровной, окрестностях о. Найденыш).

На о. Комсомолец в долинах рек Труба и Сухая обследованы поверхностные россыпи сердоликов, образованные в процессе эолового (ветрового) обогащения водно-ледниковых рыхлых осадков крупным обломочным материалом (рис. 6). Также были задокументированы в небольших расчистках морские песчаные отложения с тонкими прослоями (2–20 см) углефицированной органики. Предположительный возраст морских отложений – средний и верхний неоплейстоцен. Радиоуглеродный анализ образцов позволит определить абсолютный возраст осадков. На западном побережье острова в бухте Скрытой изучены живописные башнеобразные останцы до 30 м высотой (рис. 7), представляющие собой, очевидно, реликты позднепалеозойского платформенного чехла. Они сложены пачками прямо- и косослойчатых песчаников прибрежно-морского генезиса. В основании песчаных пачек обнаружены горизонты, насыщенные сульфидными округлыми конкрециями, образованными, вероятно, по органическим остаткам.

На мысе Массивном изучены выходы позднепалеозойских гранитов с целью уточнения их состава и возраста. Среди гранитных глыб обнаружены обломки жильного кварца с касситеритовой и турмалиновой минерализацией.

На мысе Некрасова составлен короткий схематический разрез слабо метаморфизованных тер-

Рис. 6. Остров Комсомолец. Образцы сердоликов

Рис. 7. Остров Комсомолец. Останцы песчаников

Рис. 8. Лагерь у р. Ровной. Геолог А.Лайба

Рис. 9. Апатит-магнетитовые руды р. Ровной

ригенных пород предположительно кембрийского возраста. Все породы на свежем сколе имеют однородный зеленовато-темный цвет, указывающий, очевидно, на зеленосланцевую фацию метаморфизма. Наиболее представительные породы – среднезернистые однородные песчаники и гравелито-песчаники отобраны для определения изотопного возраста по обломочным цирконам.

Участок р. Ровной был обследован наиболее подробно – в течение двух рабочих дней из выносного лагеря (рис. 8 и 9). В ходе давних работ в среднем течении реки было обнаружено довольно необычное апатит-магнетитовое оруденение, вероятно связанное с гранитным магматизмом. В рудах и вмещающих породах были выявлены повышенные концентрации редкоземельных элементов: иттрия, иттербия, лантана, церия и др. Работы 2007 г. позволили уточнить геологическое строение рудной зоны, привязать ее к местности, оценить характер и масштабы ее развития. Камеральная обработка собранных материалов позволить выявить пространственные ореолы и концентрации редкоземельных элементов в апатит-магнетитовых рудах и связанных с ними измененных вмещающих породах.

Авторы благодарят за содействие и помощь в геологических исследованиях начальника рейса В.Т.Соколова, помощника капитана по научной работе Е.М.Колтышева, сотрудника ВНИИОкеангеология Е.В.Гусева, сотрудников ААНИИ М.В.Гаврило, С.В.Фролова, вертолетные экипажи КВС В.А.Кукушкина и В.А.Глазкова фирмы Спарк+.

5. ВЫСОКОШИРОТНАЯ АРКТИЧЕСКАЯ ГЛУБОКОВОДНАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ

Основные участники и организаторы экспедиции:
«Полярный Фонд», ААНИИ, ИО РАН, ММП

ФЛАГ РОССИИ НА СЕВЕРНОМ ПОЛЮСЕ. ЗАВЕРШИЛАСЬ ВЫСОКОШИРОТНАЯ ГЛУБОКОВОДНАЯ АРКТИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ

С.Б.БАЛЯСНИКОВ (ААНИИ)

10 июля 2007 г. флагман российского научного полярного флота – НЭС «Академик Федоров» – вышел из порта Санкт-Петербург в экспедицию «Арктика-2007». Начался 26-й рейс «Академика Федорова» в высокие широты и 6-й рейс в Арктику.

Экспедиция «Арктика-2007» – самая крупная из проводимых Россией в период МПГ 2007/08, начавшегося 1 марта 2007 г.

Первый этап экспедиции, названный «Высокоширотная глубоководная арктическая экспедиция», проходил под руководством специального представителя Президента России по вопросам МПГ 2007/08, президента Ассоциации полярников России, д-ра геогр. наук А.Н.Чилингарова.

Главной задачей этого этапа были спуски глубоководных обитаемых аппаратов «Мир» в точке Северного полюса, отбор проб грунта, фотосъемка и визуальные наблюдения.

14 июля 2007 г. на рейде порта Балтийск ГОА «Мир» были переданы с борта НИС «Академик Мстислав Келдыш» на борт НЭС «Академик Федоров». Через 9 сут НЭС «Академик Федоров» прибыло в порт Мурманск, где на судно перешла большая группа участников экспедиции. 25 июля из порта Мурманск НЭС «Академик Федоров» направилось в район Северного полюса для спусков ГОА «Мир».

27 июля в районе архипелага Земля Франца-Иосифа были проведены испытания и тренировки в использовании глубоководных аппаратов «Мир» на глубине около 2000 м.

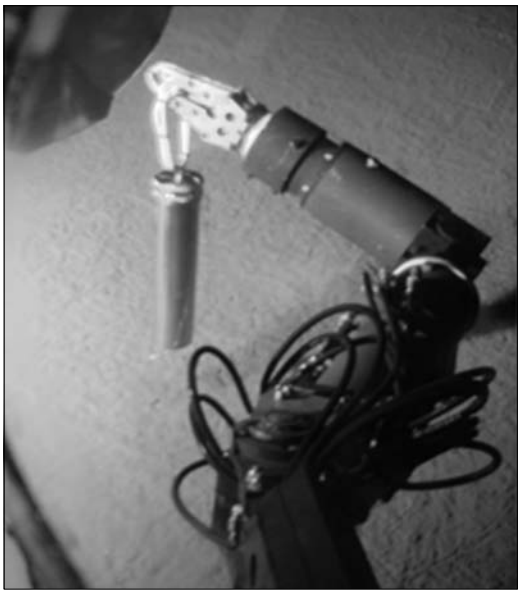
После проведения испытаний НЭС «Академик Федоров» в сопровождении атомного ледокола «Россия» (Мурманское морское пароходство) 1 августа 2007 г. достигло Северного полюса. В выбранном разводье во льду были установлены средства подводной навигации. Работая подруливающими устройствами, полынью, по необходимости, очищали от мелкобитого льда.

ГОА «Мир-1»
выведен за борт НЭС «Академик Федоров»

2 августа успешно выполнен уникальный научно-технологический эксперимент. ГОА «Мир-1» и «Мир-2» достигли дна Северного Ледовитого океана в точке Северного полюса.

В экипаж ГОА «Мир-1» входили А.М.Сагалевич – пилот аппарата, А.Н.Чилингаров и В.С.Груздев.

В ГОА «Мир-2» находились вместе с российским пилотом Е.С.Черняевым швед Фредерик Паулсен, энтузиаст и благотворитель полярных экспедиций, почетный полярник России, и австралиец Майк Мак-Дауэлл, организатор серии экспедиций к полюсам земли.



Отбор проб грунта с ГОА «Мир-1»

Аппарат «Мир-1» достиг глубины 4261 м, установил на дне титановый флаг России в точке Северного полюса и взял пробы грунта.

Аппарат «Мир-2» достиг глубины 4302 м и также взял пробы грунта. В период погружения и всплытия осуществлялось визуальное наблюдение, видео- и фотосъемки. Таким образом, задача экспедиции была успешно выполнена.

7 августа НЭС «Академик Федоров» в районе бухты Нагурская встретилось с НИС «Академик Мстислав Келдыш» и передало оба ГОА «Мир» на его борт. Высокоши-

ротная глубоководная арктическая экспедиция была завершена.

ГОА «Мир» по своим техническим характеристикам способны опускаться на дно 98 % площади Мирового океана. За период своей эксплуатации глубоководные аппараты осуществили сотни погружений во многих районах Мирового океана, но спуск подо льдами был осуществлен впервые.

Безопасность эксплуатации ГОА «Мир» во многом определяется надежностью подводной навигации. В обычных условиях подводная навигация осуществляется при помощи подводных гидроакустических маяков, устанавливаемых на дно. В случае подледного плавания гидроакустические маяки были установлены под лед.

По словам А.М.Сагалевича, условия распространения звука в присутствии льда оказались для используемых гидроакустических средств неблагоприятными и аппараты часть времени оказывались без связи и координат плавания. Несмотря на трудности, мастерство пилотов позволило успешно осуществить погружение и всплытие и тем самым установить рекорд в использовании подобных аппаратов.

Спуски ГОА «Мир» под лед позволили получить бесценный опыт работы в Арктике, выявить проблемы, с которыми могут столкнуться в будущем пилоты ГОА при работе подо льдом.

Особенность пробоотборников ГОА в том, что они могут получить микроколонку с ненарушенным механически верхним слоем грунта. Это на сегодняшний день единственный инструмент, способный получать необходимые для оценки процессов современного осадконакопления достоверные данные.

Уникальные спуски ГОА «Мир» в точке Северного полюса Земли привлекли внимание всей мировой общественности и многих правительств стран мира. Несомненно, это будет способствовать развитию полярной науки, даст новый импульс развитию научных технологий для исследований полярных районов Земли.

Президент России В.В.Путин поздравил участников с успешным завершением экспедиции и ее выдающимся вкладом в освоение Арктики, а 7 августа встретился с представителями экспедиции А.Н.Чилингаровым и А.М.Сагалевичем.

6. РАБОТЫ ДРЕЙФУЮЩЕЙ СТАНЦИИ «СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС-35»

Основные участники и организаторы экспедиции: ААНИИ, ИО РАН, ГГО, НПО «Тайфун», Институт А.Вегенера (Германия)

ОРГАНИЗАЦИЯ ДРЕЙФУЮЩЕЙ СТАНЦИИ «СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС-35»

В.Т.СОКОЛОВ, С.В.ФРОЛОВ (ААНИИ)

В сентябре 2007 г. в процессе выполнения уникального высокоширотного рейса НЭС «Академик Федоров» по программе «Арктика-2007», осуществленного при поддержке атомного ледокола «Россия», была организована научно-исследовательская дрейфующая станция «Северный полюс-35» (СП-35).

Научно-исследовательская дрейфующая станция СП-35 открыта 21 сентября 2007 г. в 17.00 мск в Арктическом бассейне Северного Ледовитого океана в точке с координатами 81°33' с.ш. и 103° 51' в.д. В этот день на СП-35 были подняты флаги России, МПГ 2007/08 и Санкт-Петербурга. В 22.00 мск передана первая метеорологическая сводка в систему сбора данных Росгидромета и в глобальную сеть сбора метеорологических данных. Мировая система гидрометеорологической информации пополнилась уникальной научной обсерваторией на дрейфующих льдах Арктики, а в структуре наблюдательных платформ МПГ 2007/08 стал функционировать один из важнейших научно-исследовательских комплексов на дрейфующих льдах северной полярной области.

Организация дрейфующей станции СП-35 стала продолжением уникального цикла отечественных исследований на дрейфующих льдах Северного Ледовитого океана, возобновленных в апреле 2003 г. в приполюсном районе Арктики по инициативе вице-спикера Государственной Думы РФ А.Н.Чилингарова.

Открытием дрейфующей станции СП-35 завершился основной этап одной из крупнейших за последнее десятилетие российской высокоширотной арктической экспедиции «Арктика-2007», организованной и осуществленной Арктическим и антарктическим научно-исследовательским институтом Росгидромета. В рамках 86-суточного арктического рейса НЭС «Академик Федоров» выполнена многоплановая программа исследований современного состояния высоких широт Арктики, осуществлена серия уникальных экспериментов в труднодоступных районах Арктического бассейна и арктических морей. Некоторые эксперименты были выполнены впервые в мировой практике, к ним в первую очередь следует отнести спуски глубоководных обитаемых аппаратов «Мир» под дрейфующие льды Арктического бассейна.

Измерение толщины льда в месте разгрузки судна

Одной из наиболее сложных задач этой экспедиции оказался поиск льдины для дрейфующей станции. Выбор льдины – один из самых ответственных этапов создания станции. Этой задаче заранее было уделено значительное внимание, поиск предполагаемых льдин для размещения станции был начат за год до момента ее организации. Для этого были привлечены спутниковые данные. После детального изучения ряда районов по снимкам ИСЗ были выбраны поля пакового льда, выносимые из Канадского сектора Арктического бассейна, в дальнейшем осуществлялся постоянный мониторинг их положения и состояния на основе спутниковых данных.

Однако специфические процессы в атмосферной циркуляции над акваторией Арктического бассейна в летний период 2007 г., обусловившие устойчивые южные и юго-восточные воздушные переносы в центральном и восточном секторах Арктики, способствовали положительной температурной аномалии в указанном районе, высокой разрушенности (преимущественно 3–4, 4 балла) и раздробленности льдов. 1 сентября после выхода НЭС «Академик Федоров» в район нахождения полей была выполнена ледовая разведка для их обследования, которая показала, что выбранные по данным ИСЗ ледяные поля характеризуются большой степенью разрушенности (4 балла) и, при сохранении внешних границ, утратили свою целостность как отдельные ледяные образования. Состояние этих ледяных полей не позволяло использовать их для организации станции.

В качестве резервных районов поиска ледяного поля для организации дрейфующей станции были определены и использованы три основных района. Первый район находился в Канадском секторе Арктики, второй – в приполюсном районе

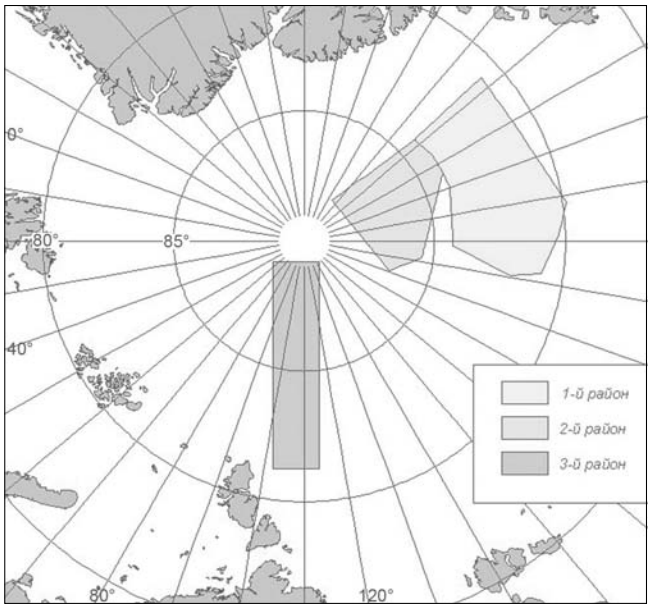
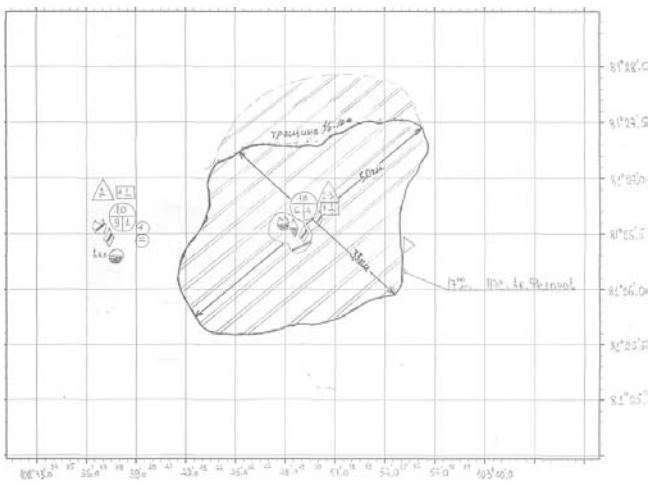


Схема районов поиска ледяного поля для организации станции СП-35 в сентябре 2007 г.

и третий – на севере таймырского ледяного массива.

Однако в первом и втором районах высокая степень разрушенности и раздробленности ледяного покрова, а также интенсивные динамические процессы, протекавшие в период поиска, не позволили выбрать поле, соответствующее критериям безопасности жизнедеятельности и работы станции.

В конце суток 17 сентября атомный ледокол «Россия» и НЭС «Академик Федоров» в районе 81°40' с.ш., 103°00' в.д. вошли в зону обширных полей сморози, состоящих из старого (двухлетнего) и однолетних льдов. 18 сентября выполнен ряд вертолетных разведок в секторе 81°30'–81° 20' с.ш./102°30'–102°40' в.д., в результате которых было обнаружено несколько полей, два из них выбраны для дальнейшего детального обследования.



Положение и границы ледяного поля №1 на 12:10 18 сентября 2007 г.

После рекогносцировочных обследований было выбрано поле размерами 3,3 × 5,5 км, представляющее собой поле сморози старого льда до 7 баллов и однолетнего льда до 3 баллов. Поле имело достаточно округлую форму, было монолитно, без следов свежих деформаций, с чередующимися участками старых и остаточных льдов, что дает основание полагать, что в этих размерах оно пережило летний период таяния 2007 г. После детального обследования льдины было принято решение начать на нее высадку станции.

Обнаружение ледяного поля и организация на нем новой дрейфующей станции, несмотря на аномальную разрушенность и раздробленность ледяного покрова в летний сезон 2007 г., стали возможными благодаря системе комплексного ледово-гидрологического обеспечения экспедиции, включающей в себя присутствие высококвалифицированных специалистов по морскому льду, регулярный ежесуточный спутниковый мониторинг ледяного покрова, вертолетную ледовую разведку с посадками на дрейфующий лед и прямыми измерения толщины ледяного покрова, постоянные судовые ледовые наблюдения. Примененная в экспедиции технология поиска ледяных полей с учетом опыта развития аномальных процессов в ледяном покрове в летний сезон этого года позволит и в дальнейшем находить поля, пригодные для организации дрейфующих станций.

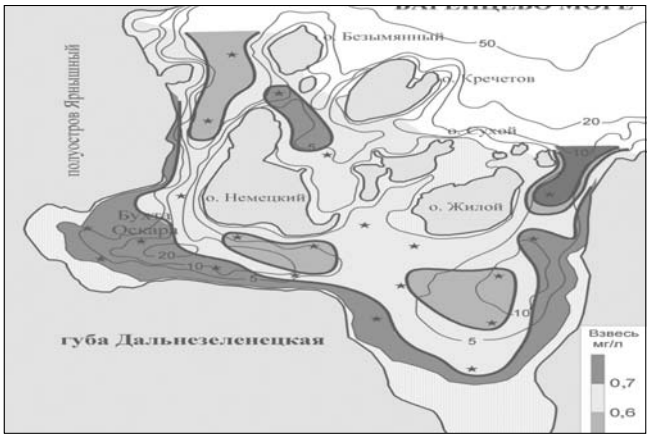
За 3 сут с НЭС «Академик Федоров», несмотря на периодически ухудшающиеся погодные условия, была успешно осуществлена выгрузка на льдину всего необходимого для жизнедеятельности станции. На дрейфующий лед было выгружено около 350 т груза для обеспечения долговременной работы и жизни коллектива СП-35.

В результате напряженной работы на льду в короткий срок была развернута первая очередь научного и жилого комплекса из 16 специальных домиков, палаток-хранилищ, запущены дизельная, радиостанция, введено в действие научное оборудование метеокомплекса.

На льдине остались работать 21 полярник и с ними две собаки.

Личный состав СП-35: начальник экспедиции А.А.Висневский, его заместители С.Б.Лесенков (океанолог, зам. по науке) и Е.И.Новохатский (зам. по общим вопросам); метеорологи И.Г.Косолапов, Н.С.Зиновьев и В.Ю.Кустов; аэрологи С.А.Семенов и В.А.Шевцов, океанолог А.Л.Румянцев; ледоисследователи С.М.Ковалев и Ю.А.Завидовский; химики А.П.Недашковский и Е.М.Кожевников; гидрограф С.В.Вахлаков; врач А.В.Галкин; радиоспециалист М.Н.Фокин; инженерно-механическая группа – С.А.Макаров, Д.Л.Гандзий, А.С.Кленов и Х.Ш.Кумышев; специалист по физике атмосферы Ю.Грэзер, инженер из института им. А.Вегенера (Германия).

Монтаж оборудования метеоплощадки



Выгрузка оборудования станции

Созданию дрейфующей станции СП-35 предшествовала двухлетняя кропотливая работа, включавшая в себя разработку Программы исследований, решение финансовых вопросов, подготовку и апробацию аппаратно-измерительного комплекса станции, подбор и подготовку ее личного состава, организацию снабжения и подготовку лабораторно-жилого комплекса станции, решение вопросов международного участия в работе станции, а также существенные объемы работ по материально-техническому и логистическому обеспечению.

Основной научной целью Программы дрейфующей станции СП-35 является получение комплексной информации, основанной на данных прямых наблюдений и измерений, о состоянии природной среды Арктического бассейна и процессах, в нем протекающих в круглогодичном цикле.

Характерная особенность научной программы СП-35 – ее существенное расширение по отношению к предыдущим программам за счет использования новых приборов и приборных комплексов для измерения гидрометеорологических и гидрофизических полей, а также широкого использования вычислительных средств для автоматической регистрации и обработки больших объемов данных.

Программа работ на СП-35 включает исследования по следующим основным направлениям:

– процессы энерго-массообмена и перераспределения солнечной радиации в системе атмосфера–снежный покров–морской лед–верхний слой океана;

– структура полярной высокоширотной атмосферы, включая распределение концентрации озона до высот 30 км с использованием аэрологического и озонометрического комплексов высотного зондирования атмосферы;

– характеристики и динамика водных масс океана;

– надводный и подводный рельеф, морфометрия торосов, толщины, структура и локальная динамика ледяного покрова;

– физические процессы в морском льду;

– химический состав морского льда, снежного покрова, приледной атмосферы и гидросферы;

– газовый состав атмосферы, льда и гидросферы;

– изменения в фоновых характеристиках экосистемы Арктического бассейна в районе дрейфа;

– мониторинг загрязнения, включая и геохимический мониторинг;

– криобилологические исследования и др.

Полученные на дрейфующих станциях «Северный полюс» данные являются уникальными, которыми в настоящее время не располагает ни одно из государств мира.

Работа научно-исследовательской дрейфующей станции СП-35, ее высокая приборная и техническая оснащенность продолжит и разовьет комплекс исследований природной среды высокоширотной Арктики в современный период, начатых дрейфующей станцией СП-32 и продолженных СП-33 и СП-34, работа которых явилась поворотным моментом в восстановлении утраченной за предшествующее десятилетие системы мониторинга морской природной среды высоких широт.

7. ЭКСПЕДИЦИЯ НА АТОМНЫХ ЛЕДОКОЛАХ МУРМАНСКОГО МОРСКОГО ПАРОХОДСТВА ПО ТРАССЕ СЕВМОРПУТИ

Основные участники и организаторы экспедиции: ММБИ КНЦ РАН

ЭКСПЕДИЦИИ ММБИ НА АТОМНЫХ ЛЕДОКОЛАХ МУРМАНСКОГО МОРСКОГО ПАРОХОДСТВА

А.В.ЕЖОВ, Д.Г.ИШКУЛОВ (ММБИ КНЦ РАН)

Цели и задачи экспедиций. В 2007 г. ММБИ продолжены морские экспедиционные исследования по трассе Севморпути с использованием судов атомного ледокольного флота Мурманского морского пароходства (ММП) в целях проведения регулярных научных исследований на покрытых льдом акваториях морей Российской Арктики и сбора данных для комплексного анализа и прогноза океанологических и экосистемных процессов. В соответствии с указанными целями были поставлены следующие задачи:

– проведение гидрологических и гидрометеорологических наблюдений;

– изучение структуры и динамики планктонных сообществ;

– наблюдения за морскими птицами и млекопитающими;

– отбор проб для определения концентрации загрязняющих веществ в морской воде, биоте (зообентосе) и пробах донного осадка.

План экспедиций построен так, чтобы провести исследования в сезоны с различной продолжительностью светового дня. Первая экспедиция проведена на границе зима–весна, вторая – в летнее время в период максимума интенсивности солнечной радиации, третья – в период начала полярной ночи.

Сроки работ, район и научный состав экспедиций. В 2007 г. уже проведены две экспедиции:

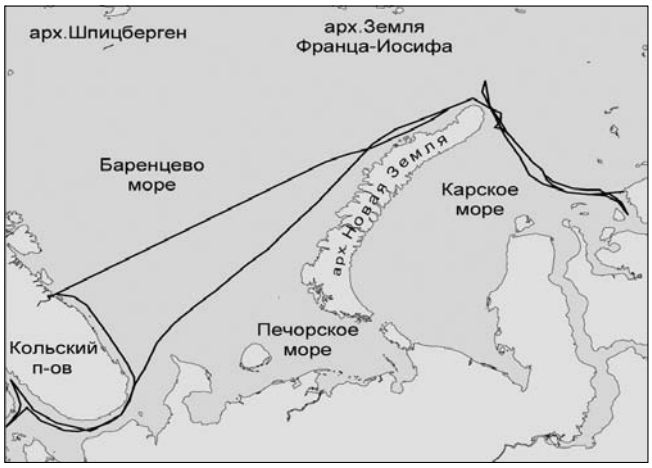
1) с 28 февраля по 1 апреля на атомном ледоколе «Арктика» по маршруту Мурманск – Двинский залив – Кандалакшский залив – м. Желания – Енисейский залив – м. Желания – о. Диксон – Енисейский залив – м. Желания – Мурманск;

2) с 18 июня по 10 июля на атомном ледоколе «50 лет Победы» по маршруту Мурманск – Печорское море – пр. Карские Ворота– м. Желания – Енисейский залив – о. Диксон – Енисейский залив – м. Желания – Мурманск.

Научный состав – семь человек, начальник экспедиций А.В.Ежов.

Экспедиция на борту атомного ледокола «Арктика» весной 2007 г.

Содержание выполненных работ. В рамках экспедиционных работ с 28 февраля по 1 апреля 2007 г. на борту атомного ледокола «Арктика» в Баренцевом и Карском морях проведены комплексные попутные наблюдения, основной компонент которых составили гидрологические. На 48 гидрометеорологических станциях с поверхности отобраны пробы воды на определение солености и температуры. В комплексе с гидрологическими проводились метеорологические наблюдения, а также наблюдения за ледовой ситуацией, состоянием поверхности моря, морскими млекопитающими и птицами. В рамках изучения структуры планктонных сообществ планктонной сетью отобраны пробы с поверхности, а при стоянке и наличии разводий – с различных глубинных горизонтов. Параллельно с этих же горизонтов батометром отобраны пробы воды на определение солености. Также в разных частях Карского моря взяты пробы воды с поверхности на определение уровней химического загрязнения.



Маршрут экспедиции на атомном ледоколе «Арктика» в марте 2007 г.

Гидрометеорологические наблюдения.

Белое море. В течение отчетного периода средняя температура воздуха составила –1,8 °С, минимум (–6 °С) отмечен в Горле, максимум (0 °С) – в центральной части акватории. Атмосферное давление менялось существенно. Его среднее значение составило 761 мм рт. ст., минимум – 750 мм рт. ст., максимум – 770 мм рт. ст. Преобладали ветры южных (Ю, ЮЮЗ) румбов. Средняя скорость ветра составила 6,3 м/с. Штилевой погоды не наблюдалось. Минимум температуры воды в поверхност-

ном гидрологическом горизонте (–1,5 °С) зафиксирован в Горле, максимум (–0,5 °С) отмечен в Кандалакшском заливе. Среднее ее значение составило –1,1 °С. Преобладали однолетние и нилассовые стадии формирования льдов; на северной границе акватория моря преимущественно была свободна ото льда.

Баренцево море. Средняя температура воздуха составила –2,3 °С, максимум (0,5 °С) отмечен на траверзе середины о. Южный архипелага Новая Земля, минимум (–6 °С) – юго-западнее м. Желания. Атмосферное давление менялось в довольно широких пределах: среднее значение – 763 мм рт. ст., максимум – 771 мм рт. ст., минимум – 754 мм рт. ст. Данный минимум непосредственно предшествовал ухудшению погодных условий перед штормом, в течение которого давление, вероятно, продолжало падать, но данный факт не зафиксирован из-за прекращения работ. Преобладали ветры юго-восточных румбов. Средняя скорость ветра составила 10,5 м/с. Наблюдалось 5–7-балльное волнение моря с высотой волн около 3–5 м. Направление волн соответствовало направлению ветра, т.е. наблюдаемое волнение по своему генезису являлось ветровым. Температура воды поверхностного гидрологического горизонта менялась от –1,6 °С до 1,6 °С. Среднее значение составило –0,4 °С. Море преимущественно было свободно ото льда, однако по курсу от широты пр. Маточкин Шар до широты, соответствующей середине о. Южный архипелага Новая Земля, наблюдались блинчатые льды.

Карское море. В течение отчетного периода средняя температура воздуха составила –9,3 °С, минимум (–15 °С) и максимум (–0,7 °С) зафиксированы в районе м. Желания с разницей в 10 сут (7 и 17 марта соответственно). Атмосферное давление менялось слабо. Среднее значение составило 762 мм рт. ст., минимум – 760 мм рт. ст., максимум – 764 мм рт. ст. Преобладали ветры юго-восточных румбов, что объясняется усилившейся в зимнее время деятельностью сибирского антициклона. Средняя скорость ветра 7,2 м/с. Штилей не отмечено. Минимум температуры воды в поверхностном гидрологическом горизонте (–1,9 °С) зафиксирован в районе м. Желания, максимум (0,5 °С) – в районе Обь-Енисейского мелководья. Среднее значение составило –1,5 °С. В центральных районах моря преобладали однолетние льды, на северной границе, в районе м. Желания, преимущественно наблюдались молодые льды разных стадий.

Наблюдения за морскими млекопитающими и белым медведем.

Кольский залив. Осмотрено около 59 км^2 акватории залива. Большую часть осмотренной акватории на момент наблюдений покрывал нилас, лишь севернее Североморска залив был свободен ото льда. Все животные встречены на траверзе Североморска. Наблюдались два вида морских млекопитающих:

1) обыкновенный (пятнистый) тюлень *Phoca vitulina* (L., 1758) (одна особь);

2) кольчатая нерпа *Phoca* (*Pusa*) *hispida* (Schreber, 1775) (две особи).

Белое море. Наблюдения за морскими млекопитающими проведены на двух учетных трансектах № 2 и 3. Общая длина трансект 339,64 км, площадь осмотренной акватории 679,28 км^2. За время экспедиции отмечены три вида морских млекопитающих: гренландский тюлень, атлантический морж и морской заяц (лахтак).

1. Гренландский тюлень *Phoca* (*Pagophilus*) *groenlandica* (Erxleben, 1777). Как и ожидалось, наиболее массовый вид. За время исследований учтено 639 особей (610 взрослых и 29 бельков). Малое число бельков может говорить о том, что в момент проведения наблюдений в Белом море гренландские тюлени только приступили к щенке. Животные встречались на всех трансектах и по одиночке, и группами численностью от нескольких экземпляров до 120 особей, однако превалировали одиночки и мелкие группы до 5–6 животных. На трансекте № 2 плотность тюленей этого вида варьировала от 20 до 4830 экз./1000 км^2. На трансекте № 3 плотность гренландских тюленей изменялась от 250 до 4450 экз./1000 км^2. Общая плотность на двух трансектах составила 940 экз./1000 км^2.

2. Атлантический морж *Odobenus rosmarus rosmarus* (L., 1758). За период наблюдений встречено две особи, обе – на трансекте № 3. Таким образом, плотность животных этого вида на трансекте № 3 составила 5 экз./1000 км^2.

3. Морской заяц (лахтак) *Erignathus barbatus* (Erxleben, 1777). Встречено две особи, обе – на трансекте № 2. Плотность морского зайца в районе исследования составила 6 экз./1000 км^2.

Все встреченные атлантические моржи и морские зайцы находились на льду по одиночке.

Карское море. Наблюдения проведены на семи трансектах и шести станциях учета. Общая длина трансект 869,38 км, площадь осмотренной акватории 1738,76 км^2.

За время экспедиции в Карском море отмечено присутствие четырех видов животных (трех видов морских млекопитающих и одного вида наземных хищников): атлантического моржа, морского зайца (лахтака), кольчатой нерпы и белого медведя.

1. Атлантический морж *Odobenus rosmarus rosmarus* (L., 1758). За весь период наблюдений встречена одна особь юго-восточнее м. Желания. Морж находился на льду на дистанции около 200 м от судна. По единственной встрече судить о плотности моржа в данном районе невозможно.

2. Морской заяц (лахтак) *Erignathus barbatus* (Erxleben, 1777). Встречался исключительно в рай-

оне Обь-Енисейского мелководья преимущественно по одиночке, однако замечена группа из 4 особей. Максимальная относительная плотность лахтака в данном районе в период исследований на трансекте № 3 составила 94 экз./1000 км^2, минимальная – 6 экз./1000 км^2 на трансекте № 8. Всего за период наблюдений учтено 17 особей данного вида.

3. Кольчатая нерпа *Phoca* (*Pusa*) *hispida* (Schreber, 1775). Самый массовый вид млекопитающих в Карском море. За все время наблюдений здесь отмечено 66 особей. Плотность нерп на различных трансектах варьировала от 6 экз./1000 км^2 на трансекте № 7 до 355 экз./1000 км^2 на трансекте № 3 в районе Обь-Енисейского мелководья. Причем на трансекте № 3 отмечена группа нерп численностью 19 животных.

4. Белый медведь. За весь период наблюдений учтено 10 особей данного вида. Плотность белого медведя 3–16 экз./1000 км^2. Встречались одиночные животные и семейные группы. На семьи приходится 50 % общего числа встреч. Две трети встреченных семейных групп составляли самки с одним медвежонком, одну треть – самки с двумя медвежатами.

Помимо самих белых медведей учитывались их следовые цепочки и направление движения животных. Всего отмечено 20 следовых цепочек белого медведя. Основными направлениями движения белых медведей являлись южное, юго-восточное и восточное. По-видимому, на момент проведения наблюдений медведи передвигались к местам постоянной щенки кольчатых нерп и морских зайцев.

Экспедиция на борту атомного ледокола «50 лет Победы» летом 2007 г.

Гидрометеорологические наблюдения. С 18 июня по 10 июля на атомном ледоколе «50 лет Победы» в Баренцевом и Карском морях проведены комплексные попутные наблюдения, основной частью которых были гидрологические. На 93 гидрометеорологических станциях с поверхности отобраны пробы воды на определение солености и температуры. На стоянках судна при возникновения разводий пробы воды отбирались батометром с различных гидрологических горизонтов в зависимости от текущей глубины. В комплексе с гидрологическими проводились метеорологические, а также наблюдения за ледовой ситуацией.

Баренцево море. Средняя температура воздуха составила 3,6 °С, с максимумом (8 °С) на выходе из Кольского залива и минимумом (0 °С) юго-западнее м. Желания. Атмосферное давление изменялось в довольно широких пределах. Среднее значение составило 761,6 мм рт. ст., максимум – 766 мм рт. ст., минимум – 756 мм рт. ст. Преобладали ветры северо-восточных румбов. Средняя скорость ветра 5,5 м/с. Направление волн соответствовало направлению ветра, т.е. наблюдаемое волнение по своему генезису являлось ветровым. Температура воды поверхностного гидрологического горизонта менялась от –0,8 до 8,3 °С. Среднее значение составило 5,1 °С. Море было свободно ото льда.

Карское море. В течение отчетного периода средняя температура воздуха составила 2,5 °С. Минимум (–1 °С) отмечен севернее пр. Карские Ворота, максимум (9 °С) – в Енисейском заливе. Атмосферное давление менялось слабо. Среднее значение 760 мм рт. ст., минимум – 754 мм рт. ст., максимум – 762 мм рт. ст. Преобладали ветры юго-западных и восточных румбов. Средняя скорость ветра составила 4,6 м/с. Штилевой погоды не отмечено. Минимум температуры воды в поверхностном гидрологическом горизонте (–1 °С) зафиксирован в районе пр. Карские Ворота, максимум (11 °С) – в устье Енисейского залива, среднее значение 2 °С. В центральных районах моря преобладали тающие однолетние льды с множеством разводий и полыней, на северной границе, в районе м. Желания, преимущественно наблюдалась чистая вода с небольшими полями мелкобитого тертого льда.

Маршрут экспедиции на атомном ледоколе «50 лет Победы» в июне–июле 2007 г.

Наблюдения за морскими млекопитающими и белым медведем.

Карское море. За время экспедиции проведены наблюдения на шести трансектах и восьми станциях. Общая длина трансект 1019,9 км, площадь осмотренной акватории 2039,8 км^2. Наблюдалось три вида животных.

1. Белый медведь. Встречено три особи. На станциях № 2 и 3 одиночные

Расположение трансект и станций в Карском море по маршруту экспедиции в июне–июле 2007 г.

медведи подходили к борту судна, где они питались пищевыми отходами с ледокола. На трансекте № 5 также встречен медведь, плотность медведей в этом районе составила 3,3 экз./1000 км^2. Малое число встреч белого медведя по маршруту экспедиции можно объяснить тем, что при движении ледокол старался избегать участков со льдом и преимущественно шел по открытой воде в полыньях, а также уменьшением количества льда на акватории Карского моря. Помимо самих медведей учитывались следовые цепочки и направление движения белых медведей. Всего обнаружено четыре цепочки. Основным направлением миграции медведей было западное.

2. Кольчатая нерпа. За время экспедиции встречено 72 особи, из них 56 – в северо-западной части моря на трансекте № 5. Плотность нерп в данном районе 183 экз./1000 км^2. Еще одна группа численностью 14 особей отмечена северо-восточнее о. Диксон. На трансекте № 6 отмечена взрослая нерпа с детенышем.

3. Морской заяц. Отмечен только 1 раз на трансекте № 5, где плотность животных этого вида составила 3,3 экз./1000 км^2.

Наблюдения за морскими птицами.

Баренцево море. Общая длина трансект наблюдения составила 989,8 км, площадь осмотренной акватории 178,1 км^2. Всего на указанной акватории учтено восемь видов птиц.

1. Глупыш. Встречался на всех трансектах по одиночке и группами до четырех особей. Плотность глупыша изменялась от 100 до 230 экз./1000 км^2.

2. Морская чайка. Вид отмечен только на трансектах № 2 и 4. Плотность чаек этого вида на данных трансектах равна соответственно 50 и 40 экз./1000 км^2.

3. Серебристая чайка. Всего отмечено четыре особи на трансекте № 2. Плотность этого вида чаек на данном участке морской акватории достигала 180 экз./1000 км^2.

4. Бургомистр. Птицы этого вида встречались только на трансекте № 9. Всего было отмечено четыре птицы, относительная численность бургомистров в данном районе Карского моря составила 200 экз./1000 км^2.

5. Моевка. Птицы этого вида, как и глупыш, встречались на всех учетных трансектах. На трансектах № 1 и 10 зафиксированы соответственно минимум плотности моевки (130 экз./1000 км^2) и ее максимум – 360 экз./1000 км^2.

6. Кайра (до вида не определена). Вид был наиболее массовым на момент проведения наблюдений. Максимальная плотность (2900 экз./1000 км^2) отмечена в северо-восточной части моря на трансекте № 9. Это связано с близостью района размножения на архипелаге Новая земля.

7. Чистик. Встречался на всех трансектах, кроме трансекта № 10. Плотность птиц варьировала от 50 до 300 экз./1000 км^2. Птицы встречались по одиночке и группами до трех-четырех особей.

8. Люрик. Встречена всего одна птица на трансекте № 9. Плотность люриков в данной части моря 20 экз./1000 км^2.

Карское море. Большую часть моря покрывал лед, поэтому трансектный учет птиц не проводился. Среди отмеченных видов птиц многочисленны только три.

1. Кайра spp. Наиболее многочисленный вид птиц, встреченный в море. Встречались и одиночные особи, и стаи численностью более 20 особей. Наибольшее число встреч произошло на северо-западе Карского моря на трансектах № 5 и 6. Всего на станциях и трансектах учтено 270 кайр.

2. Чистик. Птицы этого вида встречались намного реже, чем кайры, группами от 2 до 5 особей. Всего за весь период наблюдений в море учтено 32 особи данного вида. Основная масса встреч происходила на трансекте № 5.

3. Моевка. Второй по численности вид птиц, встреченный на данной акватории. Как показали наблюдения, моевки встречались практически на всей осмотренной части моря. Всего учтено 88 птиц этого вида.

Среди других видов птиц встречались глупыш, бургомистр, серебристая и морская чайки, средний поморник. Данные виды были малочисленны и встречались достаточно редко. Отметим, что в основном птицы этих видов встречались в районах с открытой водой либо с очень разреженным льдом, где, по-видимому, им проще было добывать пропитание.

Помимо типичных морских птиц в Карском море встречены ласточка-береговушка и две особи белой трясогузки на станции № 1. Данные встречи птиц этих видов далеко от берега не являются уникальными, однако не часты.

Также на станции № 3 отмечена пара гусей-гуменников. Возможно, эти птицы кочевали здесь в поисках мест, благоприятных для размножения.

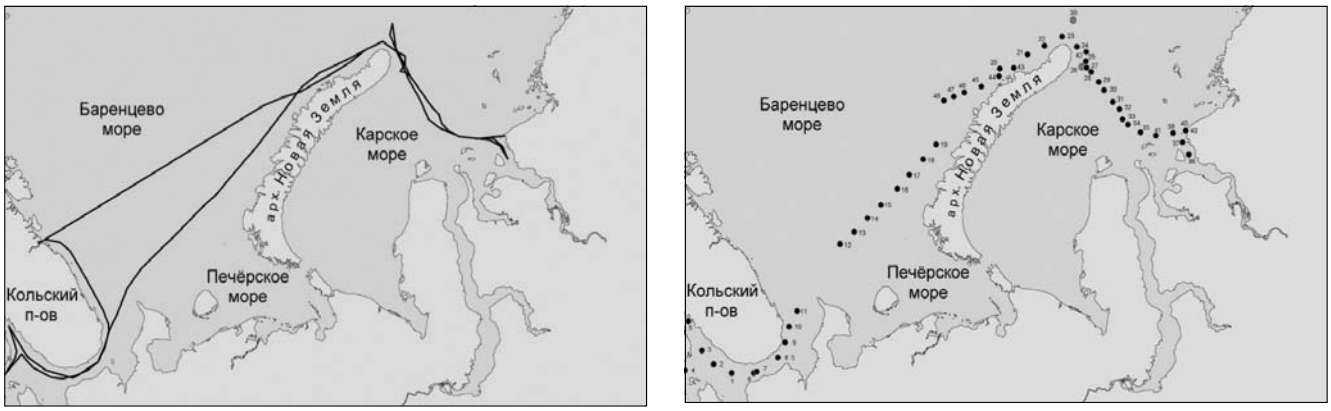
МОРСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ НА АТОМНОМ ЛЕДОКОЛЕ «АРКТИКА»

Ю.И.ИВАКИНА (ММБИ)

В рамках продолжения изучения экосистем арктических морей России в феврале–марте 2007 г. Мурманским морским биологическим институтом были проведены попутные наблюдения на атомном ледоколе «Арктика» Мурманского морского пароходства в Баренцевом, Белом и Карском морях.

Продолжены гидрологические и гидрометеорологические исследования, наблюдения за ледовым покровом данных морей, отобраны пробы морской воды на содержание загрязняющих веществ, также было продолжено изучение фито- и зоопланктонных сообществ. В рамках экспедиции проведены наблюдения за видовым составом, характером распространения и численностью морских млекопитающих, птиц и белого медведя.

В данный момент идет подготовка очередной экспедиции на атомных ледоколах Мурманского морского пароходства. В ней будут продолжены исследования состояния экосистем арктических морей России, в частности Баренцева и Карского.



Маршрут экспедиции на атомном ледоколе «Арктика» (слева) и расположение гидрологических и планктонных станций (справа)

9. ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА НА НИС «ДАЛЬНИЕ ЗЕЛЕНЦЫ»

Основные участники и организаторы экспедиции: ММБИ КНЦ РАН

КОМПЛЕКСНЫЕ ЭКСПЕДИЦИИ В БАРЕНЦЕВО МОРЕ И СЕВЕРНЫЙ ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАН В РАМКАХ МПГ 2007/08 НА НИС «ДАЛЬНИЕ ЗЕЛЕНЦЫ»

Д.В.МОИСЕЕВ, Е.А.ГАРБУЛЬ, Д.Г.ИШКУЛОВ, Н.Н.МИШИНА, А.В.ЕЖОВ, И.А.НЕХАЕВ, А.А.ОЛЕЙНИК (ММБИ КНЦ РАН)

В 2007 г. проведены три комплексные экспедиции на НИС «Дальние Зеленцы»:

1) с 1 по 4 марта,

2) с 29 мая по 2 июня,

3) с 18 августа по 8 сентября.

Целями данных экспедиций являлись мониторинг морских акваторий и сбор данных для комплексного анализа и прогноза океанологических и экосистемных процессов. В соответствии с этим выполнялись следующие задачи:

– определение гидрологических и гидрохимических параметров водной среды;

– изучение растительного и животного мира (морские млекопитающие, птицы, бентос и планктон);

– определение концентраций загрязняющих веществ в морской воде и пробах донного осадка.

Экспедиция 1–4 марта 2007 г.

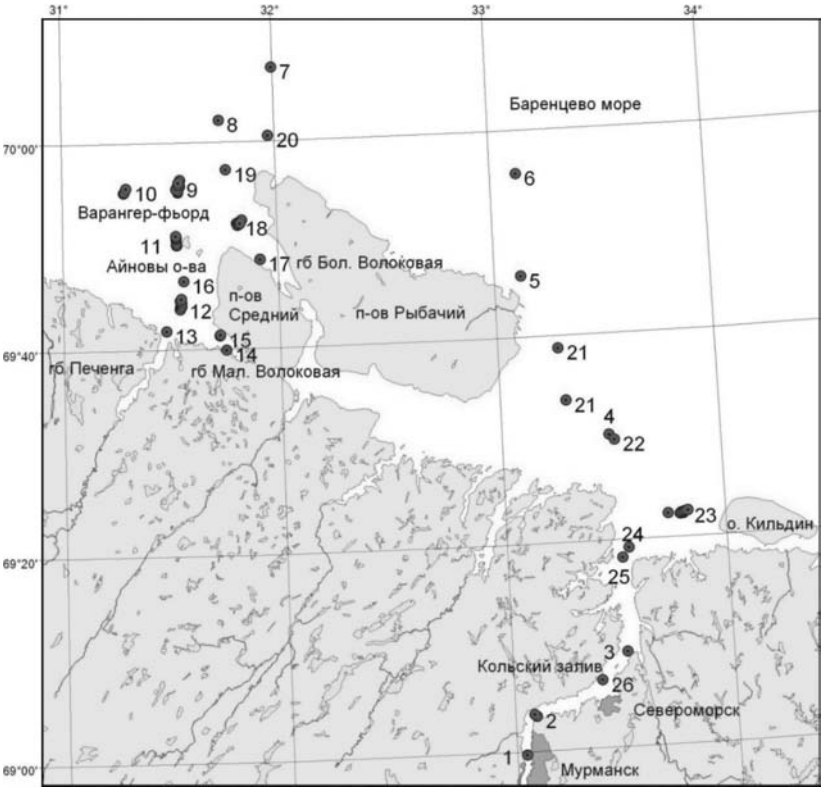
Основу маршрута экспедиции составляли три разреза в Варангер-фьорде (губы Печенга, Малая и Большая Волоковая). Кроме того, выполнены станции в районе о. Кильдин, Кольском заливе и на траверзе некоторых мысов п-ова Рыбачий. Научный состав – восемь человек (начальник экспедиции Е.А.Гарбуль).

В ходе работ выполнено 26 станций. В течение всего рейса проводились наблюдения за морскими млекопитающими и птицами на станциях и по маршруту движения.

Океанографические исследования. Выполнено 22 СТД-профилирования водной толщи от поверхности до дна на 22 станциях. Профилирование проведено СТД-зондом SEACAT SBE 19plus. Проводились попутные метеонаблюдения: определение атмосферного давления, температуры воздуха в приводном слое, скорости ветра, визуальные наблюдения за облачностью, волнением и дальностью видимости. На станциях в Кольском заливе, где нельзя было остановиться для зондирования, измерена температура поверхностного слоя воды и взяты пробы воды на соленость.

В период экспедиции повсеместно наблюдалось квазиоднородное (вследствие осенне-зимней конвекции) вертикальное распределение температуры и солености воды. Температура менялась от 1,16 до 3,85 °С, соленость – от 34,02 до 34,63 ‰. Наименьшая температура воды зарегистрирована на станциях в Малой и Большой Волоковой губах, наибольшая – на станциях 6 и 7. Очевидно, в губах произошло максимальное выхолаживание находящихся там водных масс в период, предшествующий наблюдениям. Станции 6 и 7, на которых к тому же отмечен максимум солености, ближе всего расположены к струе теплого и соленого Мурманского прибрежного течения, что и объясняет термохалинные свойства вод на этих станциях. Минимум солености – на станции 25 в опресняемом речным стоком Кольском заливе.

Расчет аномалий температуры и солености воды на самой южной станции VI разреза показал,



Маршрут и расположение станций экспедиции на НИС «Дальние Зеленцы» в марте 2007 г.

НИС «Дальние Зеленцы»

что значения средневзвешенной в слое от поверхности до дна температуры воды превышали среднемноголетние нормы на 1,1 °С, а солености – на 0,18 ‰. Несмотря на это, 1 марта при визуальных наблюдениях все среднее колено Кольского залива из-за низких приводных значений температуры воздуха было покрыто тонким слоем молодого и битого льда. 4 марта лед в среднем колене Кольского залива уже не отмечен. Таким образом, в период экспедиции на исследованной акватории зарегистрированы квазиоднородные по своим термохалинным характеристикам от поверхности до дна прибрежные мурманские воды. При этом в губах на западе вода была холоднее, чем в открытом море и в Кольском заливе. На станции VI разреза отмечены положительные аномалии температуры и солености воды.

Гидрохимические исследования. Всего в экспедиции на 14 гидрохимических станциях отобрано 22 пробы для определения комплекса гидрохимических параметров. Определялись следующие гидрохимических характеристики:

– биогенные вещества (фосфаты, общие и органические фосфор и азот, нитраты, нитриты, кремний);

– водородный показатель (pH);

– кислород (концентрация и процент насыщения).

Содержание кремния в морских водах определяется объемной долей содержания пресного стока, деятельностью планктонного сообщества, сезонами года и интенсивностью перемешивания морских и материковых вод. Распределение кремния в поверхностных и донных пробах неоднородно. В некоторых точках концентрации различаются почти в 2 раза. В сравнении с общими значениями выделяются большие поверхностные концентрации кремния в акватории порта и северном колене залива.

Содержание нитритного азота в морских водах также определяется множеством разнородных экологических факторов (ЭФ) – интенсивностью процессов биохимического окисления азоторганических соединений, свойствами водных масс и сезонами года. Для станций 1–3 в Кольском заливе, как и для кремния, наблюдаются большие концентрации нитратов в поверхностном слое. Так же значительно различаются значения в поверхностных и придонных пробах для других станций.

Для нитратного азота в поверхностном слое на станциях 1–3 отмечена та же закономерность, его концентрация в направлении к выходу из залива уменьшается, но более плавно. Если сравнивать концентрации в поверхностных и придонных пробах, то для нитратного азота в придонном слое они несколько больше, причем такое распределение более закономерно, чем для нитритного азота. Для фосфатов на протяжении всего маршрута значительных изменений нет, за исключением станций 1–3, на которых отмечены повышенные концентрации и для других биогенов. Причем в придонных пробах концентрации фосфатов ниже, чем в поверхностных.

Бактерио- и фитопланктон. В ходе экспедиции на 17 гидробиологических станциях отобрана 51 проба морской воды с трех горизонтов для определения количественных показателей распределения фитопланктона, общего количества бактериопланктона и вирусологического анализа.

Зоопланктон. Отобрано 8 сетных проб для определения видового состава, общей численности и биомассы, а также численности и биомассы основных систематических групп и видов, пространственного и вертикального распределения, плотности распределения, продукционных характеристик основных видов (групп) «кормового» зоопланктона.

Макрозообентос. Отобрана 21 проба грунта дночерпателем Ван-Вина на 7 станциях для определения видового состава; общей численности и биомассы организмов макробентоса; анализа пространственного распределения и выявления типичных донных биоценозов; численности и биомассы организмов «кормового» бентоса и перспективных промысловых видов.

В Варангер-фьорде преобладают песчаные грунты (даже на глубинах более 100 м), поэтому там распространены типичные полихетогидроидохламусовые биоценозы. Станция 23 представлена тяжелыми глинистыми грунтами с множеством трубок полихет *Spiochaetopterus tipicus*.

Наблюдения за птицами и морскими млекопитающими. Проводились на станциях и на маршруте. Определялись видовой состав и численность, распределение птиц, встреченных на маршруте, с выделением промысловых и редких, особо охраняемых видов, миграция птиц, характер поведения, состав стад морских млекопитающих.

Во время экспедиции встречено 22 вида птиц. Из них наибольшее число видов представлено утиными и чайковыми птицами. Наиболее многочисленны обыкновенная гага, кряква, морянка, моевка,

бургомистр и серебристая чайка. Орлан-белохвост и исландский песочник отмечены только в Кольском заливе, бакланы и турпан и тупик – в Варангер-фьорде, люрик, кайра, чистик – в прибрежных районах Баренцева моря, остальные виды встречались во всех районах наблюдений. Кроме того, за период наблюдений зарегистрировано 2 вида морских млекопитающих, представителей отряда ластоногих – обыкновенный тюлень и кольчатая нерпа.

Определение концентраций загрязняющих веществ. В период экспедиции отобрано:

— 8 проб донных отложений для определения тяжелых металлов (Cu, Pb, Cb, Zn) и радионуклидов (^{137}Cs, ^{90}Sr),

— 14 проб поверхностного слоя воды (0 м),

— 7 проб придонного слоя воды (дно) для определения тяжелых металлов (Cu, Pb, Cb, Zn).

Фактически за основу сетки станций в Варангер-фьорде приняты результаты последней съемки ММБИ в 1997 г. Но уже сейчас отметим, что в биоценозе сокращается доля арктических бентосных видов беспозвоночных и возрастает доля бореальных. В планктонных сообществах картина аналогична, но зависимость организмов зоо- и фитопланктона от гидрологических условий гораздо менее выражена. Существенных изменений видового состава и численности птиц не выявлено.

Экспедиция 29 мая – 2 июня 2007 г.

Экспедиционные работы проведены в прибрежье Центрального и Восточного Мурмана.

Научный состав – восемь человек (начальник экспедиции – канд. геогр. наук Д.В.Моисеев).

Всего в ходе экспедиции было выполнено 34 станции. В течение всего рейса проводились наблюдения за морскими млекопитающими и птицами на станциях и по маршруту движения.

Океанографические исследования. В ходе рейса СТД-зондом SEACAT SBE 19plus выполнено 22 СТД-профилирования водной толщи от поверхности до дна. Все станции сопровождались попутными метеонаблюдениями.

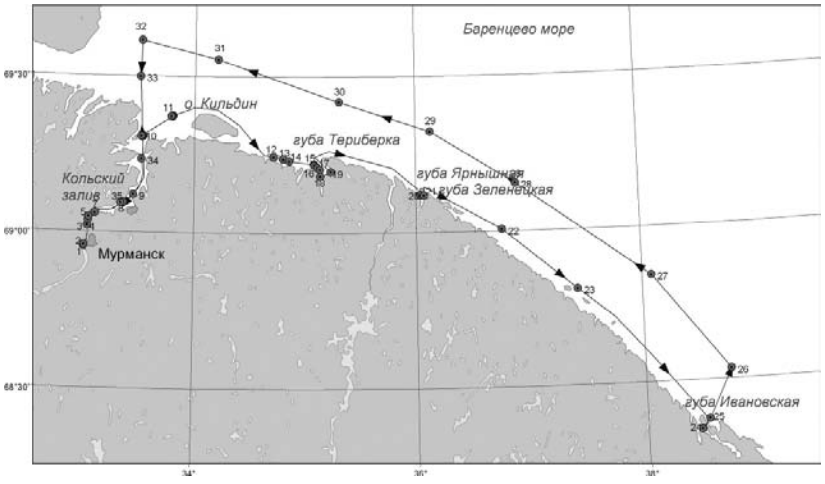
В период экспедиции на исследованной акватории зарегистрирована двухслойная структура прибрежных мурманских вод с верхним прогретым слоем. При этом температура воды уменьшалась в юго-восточном направлении. На станции 1 разреза «Кольский меридиан» отмечены положительные аномалии температуры и солености воды.

Гидрохимические исследования. Параметры гидрохимического комплекса измеряли по трем горизонтам: поверхность (0–1 м), слой скачка плотности и придонный горизонт (дно). Всего во время рейса для гидрохимических исследований отобрано и проанализировано 34 пробы морской воды. Определялись следующие гидрохимические характеристики: биогенные вещества (фосфаты, общие и органические фосфор и азот, нитраты, нитриты, кремний); pH; кислород (содержание и процент насыщения). В Кольском заливе насыщенность кислородом поверхностного слоя в районе мурманского морского порта не превышала 99 %, по направлению к выходу из залива содержание кислорода увеличивалось. В губе Ивановская насыщенность кислородом по всем трем горизонтам превышала 100 % и колебалась в пределах 104–108 %.

Значения $БПК_5$ в поверхностном слое Кольского залива колебались в пределах 1,3–1,6 мл/л. В губах Ярнышной, Зеленецкой и Териберской наблюдалась общая закономерность – наличие максимальных значений $БПК_5$ в слое скачка плотности.

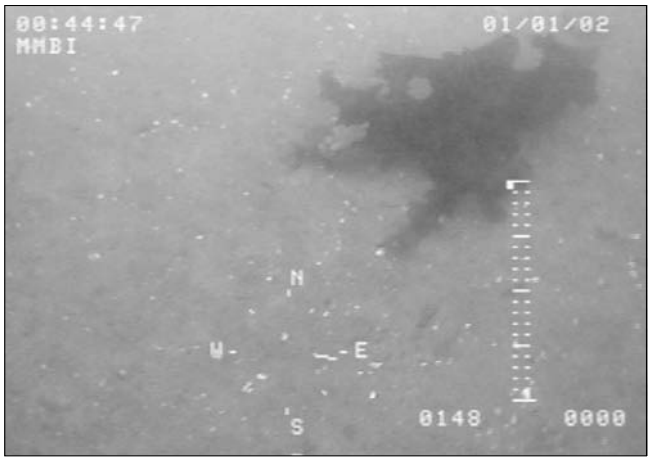
В сравнении с общими значениями, выделялись большие поверхностные концентрации кремния на акватории порта Мурманск, в районе РТП «Атомфлот» и северном колене Кольского залива.

Распределение нитритного азота для всех станций на маршруте экспедиции было равномерно и несколько повышено в сравнении с зимними



Маршрут и расположение станций экспедиции на НИС «Дальние Зеленцы» в мае–июне 2007 г.

Подводный дистанционно управляемый аппарат Benthos Stingray во время работы



Фрагмент видеозаписи камеры подводного аппарата в губе Зеленецкой, глубина 13,5 м

значениями. При практически полном отсутствии нитратов в поверхностном и придонном слоях их содержание колебалось достаточно широко. На выходе из Кольского залива концентрация нитратного азота достигала 6,6 мкг-ат/л, в Териберской губе – 3,5 мкг-ат/л, в губе Ивановской – 0,5–0,4 мкг-ат/л. По данным, полученным в ходе экспедиции, повышенное содержание фосфатов отмечалось лишь в поверхностном слое вод Кольского залива – 1,5–2,5 мкг-ат/л, в Териберской губе – 1,5–2,5 мкг-ат/л и в районе Дальних Зеленцов – 3,4 мкг-ат/л.

Бактериопланктон. В ходе экспедиционной работы отобрано 35 проб морской воды с трех горизонтов для определения количественных показателей распределения гетеротрофной микрофлоры, общего количества бактериопланктона и проведения вирусологического анализа.

Фито- и зоопланктон. Отобраны 44 пробы на фитопланктон с трех горизонтов для определения видового состава, общей численности и биомассы, численности и биомассы основных систематических групп и видов, пространственного и вертикального распределения, плотности распределения.

Отобрано 10 сетных проб «кормового» зоопланктона для определения характеристик, указанных для фитопланктона, и продукционных характеристик основных видов (групп) зоопланктона.

Предварительный просмотр сетных сборов показал наличие массового развития фитопланктона в пелагиали восточных районов обследованной акватории. Локусы «цветения» приурочены к внешним частям отдельных губ и заливов. Биомасса сетного (без учета мелких форм) фитопланктона на станции 18 составила около 1,5–2,0 г/м^2 при глубине 65 м. В западных частях исследованного района прибрежья «цветение» отсутствует.

Макрозообентос. Отобраны 24 пробы грунта дночерпателем Ван-Вина на восьми станциях для определения видового состава; общей численности и биомассы организмов макробентоса; анализа пространственного распределения и выявления типичных донных биоценозов; численности и биомассы организмов «кормового» бентоса и перспективных промысловых видов.

Донные осадки на выходе из Кольского залива (станция 10) представлены тяжелыми глинистыми грунтами с множеством трубок *Spiochaetopterus typicus*. Главным образом здесь распространено сообщество полихет, а также немногочисленные амфиподы. В открытом море (станция 11) из-за больших глубин (более 200 м) в грунте также преобладает тяжелая глина с трубками *S.typicus*, а фауна представлена полихетами, офиурами и амфиподами. В салме Малая Оленья (станция 13) отмечены илистопесчаные с каменистым материалом донные осадки. Здесь зарегистрирована богатая фауна донных беспозвоночных, среди которых встречены офиуры, амфиподы, полихеты, двустворчатые моллюски, гидроиды и мшанки. На входе в губу Териберская (станция 15) в грунте преобладает крупный песок с камнями. Здесь распространено сообщество двустворчатых моллюсков и крупных полихет *Nephtyidae g.sp.* В фауне отмечены олигохеты, двустворчатые моллюски и крупные полихеты. Непосредственно в губе Териберской (станция 18) грунт представлен тяжелой глиной, кроме того, присутствует антропогенный мусор и отчетливо различается запах сероводорода.

В донных осадках губы Ярнышная (станция 20) представлен илистый песок. В фауне отмечены беспозвоночные: крупные двустворчатые моллюски и полихеты, балянусы, молодь камчатского краба. В грунте губы Зеленецкая (станция 21) преобладает илистый песок с большим количеством органических остатков. В фауне зарегистрированы амфиподы, полихеты, гастроподы и двустворчатые моллюски. В донных осадках губы Ивановская (станция 24) преобладает илистый песок с запахом сероводорода. Несмотря на это, здесь отмечена богатая донная фауна: балянусы, полихеты, двустворчатые моллюски, немертины, молодь камчатского краба.

Наблюдения за птицами и морскими млекопитающими. Проводились на станциях и на маршруте. Определялись видовой состав и численность, анализ распределения птиц, встреченных на маршруте, с выделением промысловых и редких, особо охраняемых видов, анализ миграции птиц, характер поведения, состав стад морских млекопитающих.

За время экспедиции проведены наблюдения на шести станциях и шести трансектах. Общая длина трансект – 41,85 км, площадь осмотренной акватории для птиц – 2,51 км^2, для морских млекопитающих – 83,7 км^2. Во время наблюдений морские млекопитающие не отмечены.

Из птиц встречались большой баклан, северная олуша, гага обыкновенная, большой крохаль, сизая

чайка, серебристая чайка, морская чайка, моевка, полярная крачка, кайра и чистик. Для всех встреченных птиц рассчитана относительная численность на 1 км^2.

Определение концентраций загрязняющих веществ. Отобрано пять проб воды, десять проб донного осадка и одна проба водорослей на химическое (тяжелые металлы) и радиоактивное (искусственные радионуклиды) загрязнение для дальнейшего анализа. Одна из проб донного осадка на радионуклиды традиционно отобрана в районе гибели АПЛ К-159 у входа в Кольский залив.

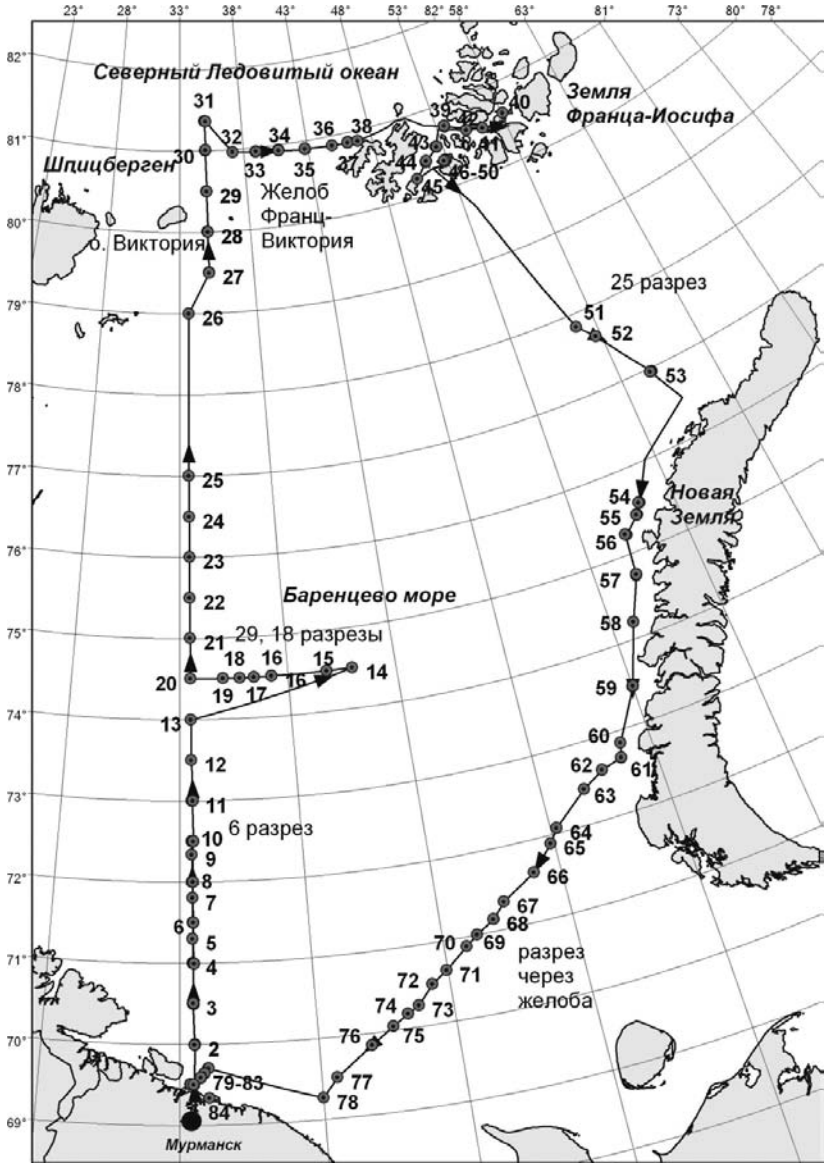
Подводные исследования. В двух районах побережья Восточного Мурмана (губы Зеленецкая и Ивановская) проведены осмотр и видеосъемка дна и корпуса судна при помощи подводного дистанционно управляемого аппарата Benthos Stingray. Обследование дна осложнялось из-за повышенной мутности воды, обусловленной стоком талых вод.

Дальнейшие комплексные исследования в прибрежной зоне Баренцева моря имеют большую важность для фундаментальных исследований, а также для экологического мониторинга акватории.

Международная высокоширотная экспедиция 18 августа – 8 сентября 2007 г.

Основу маршрута экспедиции составили пять разрезов, кроме того, выполнены станции в районе Земли Франца-Иосифа и на траверзах некоторых губ и заливов Новой Земли.

Научный состав – восемь человек, включая представителя Финского агентства по радиационной и ядерной безопасности (STUK). Начальник экспедиции – канд. геогр. наук Д.В.Моисеев.



Станции и маршрут международной высокоширотной комплексной экспедиции на НИС «Дальние Зеленцы» (18 августа – 8 сентября 2007 г.)

В течение всего рейса выполнено 84 станции и 3 бентосных съемки при помощи трала Сигсби. Проводились наблюдения за морскими млекопитающими и птицами на станциях и по маршруту движения.

Океанографические исследования. Выполнено 83 СТД-профилирования водной толщи от поверхности до дна СТД-зондом SEACAT SBE 19plus. Попутно велись метеонаблюдения за атмосферным давлением, температурой воздуха в приводном слое, скоростью ветра, визуальные наблюдения за облачностью, волнением и дальностью видимости.

На разрезе «Кольский меридиан», продолженном до СЛО, необходимо отметить достаточно высокую температуру воды в целом по разрезу. Об этом свидетельствуют достаточно большие положительные значения аномалий температуры воды. В центральной части разреза наблюдался мощный заток атлантических вод, выраженный в положительных значениях аномалий солености воды. Зарегистрирован значительный заток вод атлантического происхождения через желоб Франц-Виктория.

Гидрохимические исследования. Измерение параметров гидрохимического комплекса проводили по трем горизонтам: поверхность (0–1 м), слой скачка плотности и придонный горизонт (дно). Всего во время рейса для гидрохимических исследований отобрано и проанализировано 72 пробы морской воды. Определялись биогенные вещества (фосфаты,

Гидрохимический анализатор
SKALAR SAN++
в судовой гидрохимической лаборатории

общий фосфор, органический фосфор, нитраты, нитриты, общий азот, органический азот, кремний); водородный показатель; кислород (концентрация и процент насыщения).

Одной из основных задач гидрохимических исследований в рейсе было тестирование анализатора SKALAR SUN++ в условиях судовой лаборатории. Хотя прибор создан для эксплуатации в стационарных береговых условиях, первое испытание в экспедиции он прошел успешно.

Фито- и зоопланктон. Отобрано 90 проб на фитопланктон с трех горизонтов для определения видового состава, численности и биомассы (общей и основных систематических групп и видов), пространственного и вертикального распределения, плотности распределения.

Отобрано 20 сетных проб для определения видового состава, общей численности и биомассы, численности и биомассы основных систематических групп и видов, пространственного и вертикального распределения, плотности распределения, продукционных характеристик основных видов (групп) «кормового» зоопланктона.

Макрозообентос. Отобрано 113 проб грунта дночерпателем Ван-Вина на 21 станции для определения видового состава, общей численности и биомассы организмов макробентоса, анализа пространственного распределения и выявления типичных донных биоценозов, численности и биомассы организмов «кормового» бентоса и перспективных промысловых видов. Также отобраны пробы макрозообентоса из двух тралов Сигсби.

Наблюдения за птицами и морскими млекопитающими. Проводились на станциях и на маршруте. Определялись видовой состав и численность, анализ распределения птиц, встреченных на маршруте, с выделением промысловых и редких, особо охраняемых видов, анализ миграции птиц, характер поведения, состав стад морских млекопитающих. В ходе работ экспедиции проведены наблюдения на 20 станциях и 13 трансектах. Общая длина трансект – 634,69 км, площадь осмотренной акватории для птиц – 114,24 км^2, для морских млекопитающих – 175,79 км^2. Продолжительность наблюдений на станциях составила 30 ч. За весь период экспедиции на акватории Баренцева моря отмечено присутствие 15 видов птиц, 4 отрядов (трубконосые, гусеобразные, ржанкообразные и чистиковые). Для всех встреченных птиц рассчитана относительная численность на 1 км^2.

Всего за период наблюдений учтено 4 вида морских млекопитающих: белый медведь (*Ursus maritimus*), белуха (*Delphinapterus leucas*), атлантический морж (*Odobenus rosmarus*), гренландский тюлень (*Pagophilus groenlandicus*). Два медведя отмечены на о. Хейса. Один из них подплыл к борту НИС, но, испугавшись людей на палубе, вернулся на берег.

Микропалеонтологические исследования (фораминиферы). Для микропалеонтологических исследований отбирались верхние 1,5 см слоя осадка в объеме 20 см^3. Данные об общем содержании раковин и проценте живых экземпляров – хорошие показатели условий среды обитания организмов. Параллельно из поверхностного слоя (0–5 см) отбирались пробы грунта (массой 100–200 г) для проведения гранулометрического анализа.

Изучение взвешенного вещества. С нулевого и придонного горизонта отбирались 8-литровым пластиковым батометром пробы морской воды в емкости объемом 2 л.

Определение концентраций загрязняющих веществ. В течение экспедиции собрано 4 пробы макрозообентоса из трех тралов Сигсби, 16 проб воды из поверхностного слоя на радиоактивное загрязнение и 6 проб на химическое загрязнение, 24 пробы донного осадка (слой 0–2 см) на химическое и радиоактивное загрязнение. В дальнейшем эти пробы будут анализироваться на содержание в них химических загрязнителей и радионуклидов.

Подводные исследования. Во время якорной стоянки в бухте Тихой предпринята попытка проведения подводных исследований при помощи аппарата Benthos Stingray. Прибор спустили на воду, пытаясь погрузить его, но из-за очень сильного отливного течения, усиленного сгоном, работать было невозможно.

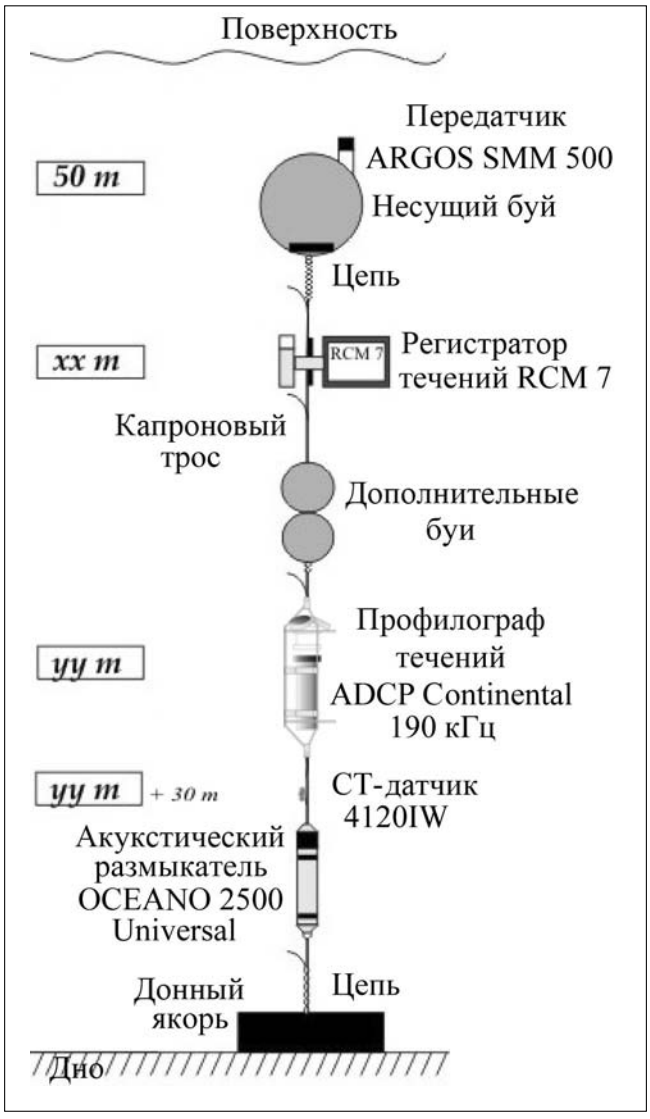
Продолжение исследований в высоких широтах позволит не только получить новые данные, но и проследить временную динамику арктических экосистем.

10. ЭКСПЕДИЦИЯ ПИНРО НА НИС «НАНСЕН» В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

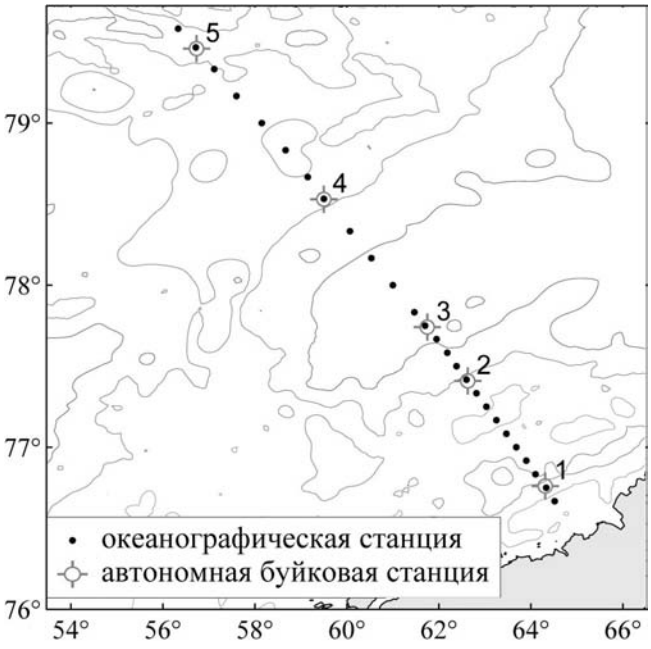
Основные участники и организаторы экспедиции:
ПИНРО, «Нансен-Центр» (Норвегия)

РОССИЙСКО-НОРВЕЖСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРОЛИВЕ МЕЖДУ АРХИПЕЛАГАМИ ЗФИ И НОВАЯ ЗЕМЛЯ В 2007 г.

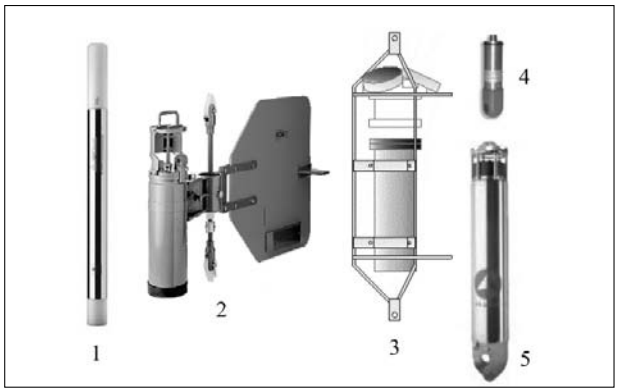
В сентябре 2007 г. ПИНРО на НИС «Ф.Нансен» выполнил работы по постановке автономных буйковых станций (АБС) в проливе между архипелагами Новая Земля и Земля Франца-Иосифа. Научные океанографические исследования проводились в соответствии с российско-норвежской Программой в рамках международного проекта BIAC (Bipolar Atlantic Thermohaline Circulation/Двухполюсная атлантическая термохалинная циркуляция). На разрезе между архипелагами выполнено 26 океанографических станций и установлено пять АБС с измерителями течений сроком на один год для исследования водообмена Баренцева моря с Арктическим бассейном.



Общий вид автономной буйковой станции



Положение океанографических и автономных буйковых станций в проливе между Новой Землей и Землей Франца-Иосифа



Оборудование АБС:
1 – передатчик ARGOS SMM 500 фирмы SiS (Германия). Используется исключительно в качестве радиомаяка в ходе работ по подъему АБС, а также при поиске АБС в случае ее аварийного всплытия, например, при обрыве троса под действием айсберга;
2 – регистратор течений RCM 7 фирмы Aanderaa (Норвегия). Предназначен для измерения скорости и направления течений, а также температуры и электропроводности морской воды на горизонте установки прибора;
3 – профилограф течений ADCP Continental 190 кГц фирмы Nortek (Норвегия). Установлен лишь на двух из пяти АБС на расстоянии 50 м от дна и используется в режиме зондирования вниз для измерения профиля скорости и направления течений в нижнем 50-метровом слое;
4 – CT-датчик 4120IW фирмы Aanderaa (Норвегия);
5 – акустический размыкатель OCEANO 2500 Universal фирмы iXSea (Франция). Используется для отсоединения оборудования от якоря при подъеме АБС

Координаты и время установки АБС с измерителями течений

Номер АБС	Дата	Время (GMT)	Широта, северная	Долгота, восточная	Глубина, м
5	11.09.07	05:02	79°27.568'	56°43.946'	271.5
4	11.09.07	16:42	78°31.805'	59°30.018'	241.8
3	12.09.07	05:15	77°44.469'	61°44.872'	343.8
2	12.09.07	13:01	77°24.541'	62°37.684'	201.0
1	12.09.07	22:03	76°45.623'	64°18.733'	209.7

Работы выполнялись на основании Разрешения Федерального агентства по науке и инновациям № 108 от 22 августа 2007 г. в соответствии с «Программой совместных морских научных исследований Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М.Книповича (Мурманск, Россия) и Института морских исследований (Берген, Норвегия) по изучению водообмена Баренцева моря с Арктическим бассейном».

Места постановки буйковых станций были выбраны так, чтобы проследить направление и скорость основных потоков в проливе, а также с учетом результатов эксперимента по измерению течений в этом районе в 1991–1992 гг. В состав каждой АБС вошли два-три регистратора течений RCM 7, один доплеровский профилограф течений ADCP Continental с отдельным датчиком температуры и электропроводности, акустический размыкатель и передатчик системы ARGOS.

Все океанографические данные записываются на внутренние носители и будут доступны для обработки только после подъема АБС. Подъем АБС и считывание информации, полученной с помощью измерителей течений, а также повторное выполнение океанографических станций в фиксированных координатах планируется провести в сентябре 2008 г.

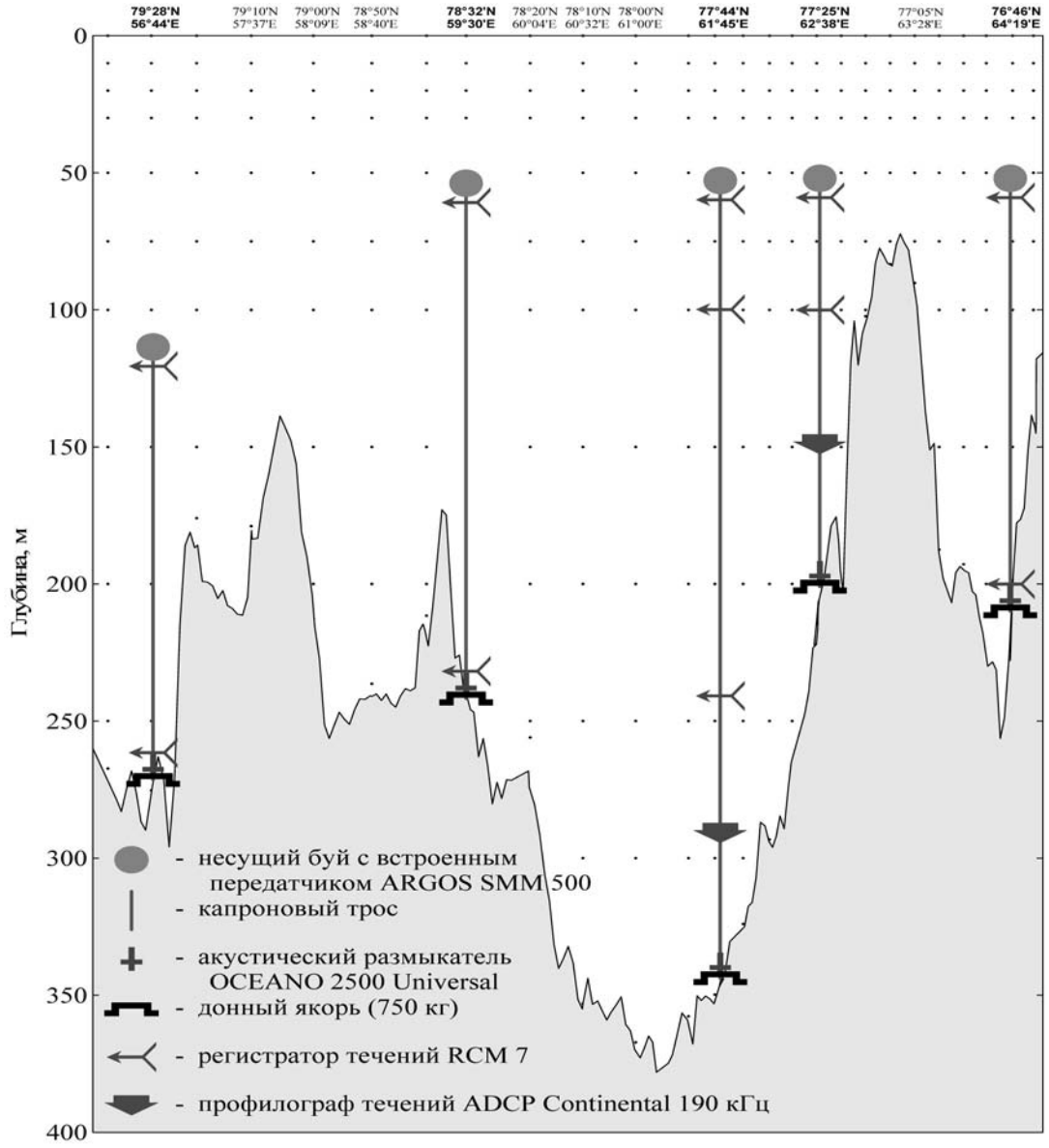


Схема расположения в плоскости разреза приборов, входящих в состав АБС.
Точки – стандартные горизонты выполненных океанографических станций

11. РОССИЙСКО-АМЕРИКАНСКАЯ МОРСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ С БОРТА ЛЕДОКОЛА «ЯМАЛ» ПО ПРОГРАММЕ NABOS-АВЛАП

Основные участники и организаторы экспедиции: ААНИИ, ИФА РАН, СПбГУ, ГНИНГИ МО, ТОИ РАН ИО РАН, IARC, Университет Майами и Государственный университет штата Флорида (США), Институт им. А.Вегенера и НИЦ геологических наук (Германия), Университет Лаваля, Университет Манитоба (Канада), ИО ПАН (Польша)

РОССИЙСКО-АМЕРИКАНСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ В АРКТИКЕ ПО ПРОЕКТУ NABOS: ПЯТЬ ЛЕТ УСПЕШНОЙ РАБОТЫ

С.А.КИРИЛЛОВ (руководитель экспедиции NABOS-2007 с российской стороны)

Совместный российско-американский проект «Система наблюдений в бассейнах Нансена и Амундсена» (Nansen and Amundsen Basins Observational System – NABOS) начат в 2001 г., когда ААНИИ (Россия) и Международный Арктический Исследовательский Центр (IARC, США) заключили двухстороннее соглашение о совместных исследованиях в Арктическом бассейне. Основной целью сотрудничества стало исследование климатических изменений характеристик глубинных вод в Евразийской части Арктического бассейна. Тогда еще мало кто предполагал, что всего через несколько лет этот проект перерастет в один из самых масштабных в истории исследований в Арктике, объединив усилия многочисленных исследователей из России, США, Канады, Германии, Франции, Англии, Польши и Норвегии.

В сентябре 2002 г., спустя год после подписания соглашения, состоялась первая совместная экспедиция на борту ледокола «Капитан Драницын», в результате которой впервые получены характеристики глубинных вод в летний период в северной части моря Лаптевых, ранее труднодоступной из-за крайне тяжелых ледовых условий. На глубине 2690 м экспедицией установлена притопленная буйковая станция с уникальным комплексом измерительных приборов, позволяющим непрерывно записывать параметры состояния морской среды в течение целого года.

В составе самой первой экспедиции проекта NABOS участвовали всего десять российских и пять иностранных специалистов. С каждым последующим годом экспедиционный состав неуклонно расширялся и по числу стран-участниц, и по числу специалистов, представляющих эти страны. При этом также существенно увеличивался и сам район исследований. Так, в рамках последней экспедиции, проведенной осенью 2006 г., океанографические наблюдения охватили огромнейший район от восточного побережья Шпицбергена до Восточно-Сибирского моря общей протяженностью более 2000 км.

Выполненные экспедициями NABOS в 2002–2006 гг. наблюдения с борта ледокола «Капитан Драницын» оказались уникальными. На основе полученной информации удалось не только зафиксировать сам факт значительного потепления атлантических вод в море Лаптевых, но также, привлекая дополнительные наблюдения, установить фазы продвижения самой интенсивной волны потепления глубинных вод в Арктическом бассейне.

Кроме того, во время экспедиций 2005–2006 гг. на борту ледокола проводились международные школы для студентов и аспирантов, область деятельности которых связана с полярными исследованиями, а также для учителей географии средних школ. В результате более 40 молодых специалистов своими глазами увидели и поняли, каким образом исследования помогают оценить основные тенденции эволюции характеристик водных масс Северного-Ледовитого океана (СЛО) и улучшить представления о функционировании климатической системы СЛО в целом.

В связи с открытием феномена значительного потепления атлантических вод в Евразийском суббассейне встает важнейшая задача провести мониторинг атлантических вод не только в Евразийском, но и Амеразийском суббассейнах, а также установить последствий потепления атлантических вод в Арктике в ближайшие годы. Поэтому не удивительно, что в рамках научной программы МПГ 2007/08, спустя 50 лет после Международного гео-

Участники экспедиции NABOS на ледовой станции в море Лаптевых, сентябрь 2005 г.

физического года, по предложению России проект NABOS занял одно из ключевых мест в виде отдельной подпрограммы. Эффективное объединение знаний российских ученых со средствами иностранных партнеров, которые несут основные финансовые затраты на фрахтование судна, приобретение приборов и комплектующих, являет великолепный пример продолжения важных для практических целей работ по комплексному мониторингу гидрометеорологического состояния Арктического бассейна.

Шестую российско-американскую экспедицию проекта NABOS планируется провести в сентябре 2007 г. на борту НИС «Профессор Буйницкий» Мурманского УГМС. Около 75 исследователей из многих стран мира примут участие в этом рейсе, в котором планируется выполнить более 100 океанографических станций, поднять 8 и установить 15 притопленных буйковых станций. Поднятые станции станут одним из первых вкладов России в наблюдательскую систему МПГ 2007/08.

Совмещение и кооперация экспедиционных исследований по программе NABOS-2007, высокоширотных арктических экспедиций на НИС «Академик Федоров» и СП-36, а также морских арктических экспедиций на НЭС «Михаил Сомов» и НИС «Иван Петров» позволит значительно расширить район исследований, сэкономив средства для проведения экспедиционных исследований. Полученные данные наблюдений значительно пополнят базы данных для решения научных и практических задач России. Полученная новая информация о состоянии морской среды позволит развить технологии мониторинга и раннего обнаружения неблагоприятных изменений ледового, гидрологического и гидрохимического режимов СЛО и арктических морей.

13. ПРОВЕДЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ПОПУТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА НЭС «МИХАИЛ СОМОВ» В МОРЯХ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ В ВЕСЕННИЙ (МАРТ–МАЙ) И ЛЕТНИЙ (АВГУСТ–ОКТЯБРЬ) ПЕРИОД

Основные участники и организаторы экспедиции:
ААНИИ, ИФА РАН, СУГМС, ГПА, РГГМУ

ИССЛЕДОВАНИЯ АЙСБЕРГОВ И АЙСБЕРГОПРОДУЦИРУЮЩИХ ЛЕДНИКОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

Н.В.КУБЫШКИН (ААНИИ)

В сентябре 2007 г. в рамках научной программы участия России в проведении МПГ 2007/08 проведена экспедиция ААНИИ на научно-экспедиционном судне (НЭС) «Михаил Сомов» (капитан Ю.А.Настеко). Экспедицией выполнены гляциологические исследования айсбергопродуцирующих ледников Земли Франца-Иосифа (ЗФИ) и Новой Земли, а также образующихся на этих архипелагах айсбергов. В состав экспедиции входили четверо сотрудников ААНИИ, двое сотрудников ИГ РАН и студент географического факультета МГУ.

Толчком к организации и проведению широкого комплекса исследований айсбергов на всех этапах их существования (от отела до разрушения) послужило обнаружение в мае 2003 г. в северо-восточной части Баренцева моря – в районе Штокмановского газоконденсатного месторождения (ГКМ) – аномального скопления айсбергов, не характерного для данного района как по их числу (около 40 штук), так и по размерам отдельных айсбергов (длина наибольшего из них превышала 400 м, а масса – 3 млн т). После этого события в лаборатории «Арктик-шельф» ААНИИ стал активно разрабатываться комплекс мероприятий, направленных на всестороннее изучение айсберговой опасности в Баренцевом море и уменьшение ее влияния на хозяйственную деятельность в этом важном в экономическом отношении регионе.

В 2004–2007 гг. при поддержке ЗАО «Севморнефтегаз» и ряда зарубежных нефтегазодобывающих компаний, заинтересованных в освоении Штокмановского ГКМ, ежегодно весной проводились морские экспедиции на НЭС «Михаил Сомов», в ходе которых собран большой материал по состоянию айсбергопродуцирующих ледников архипелагов ЗФИ и Новая Земля, а также по распространению и свойствам айсбергов Баренцева моря.

Параллельно с исследованиями айсбергов и ледников выполнялись ледовые изыскания в северо-восточной части моря.

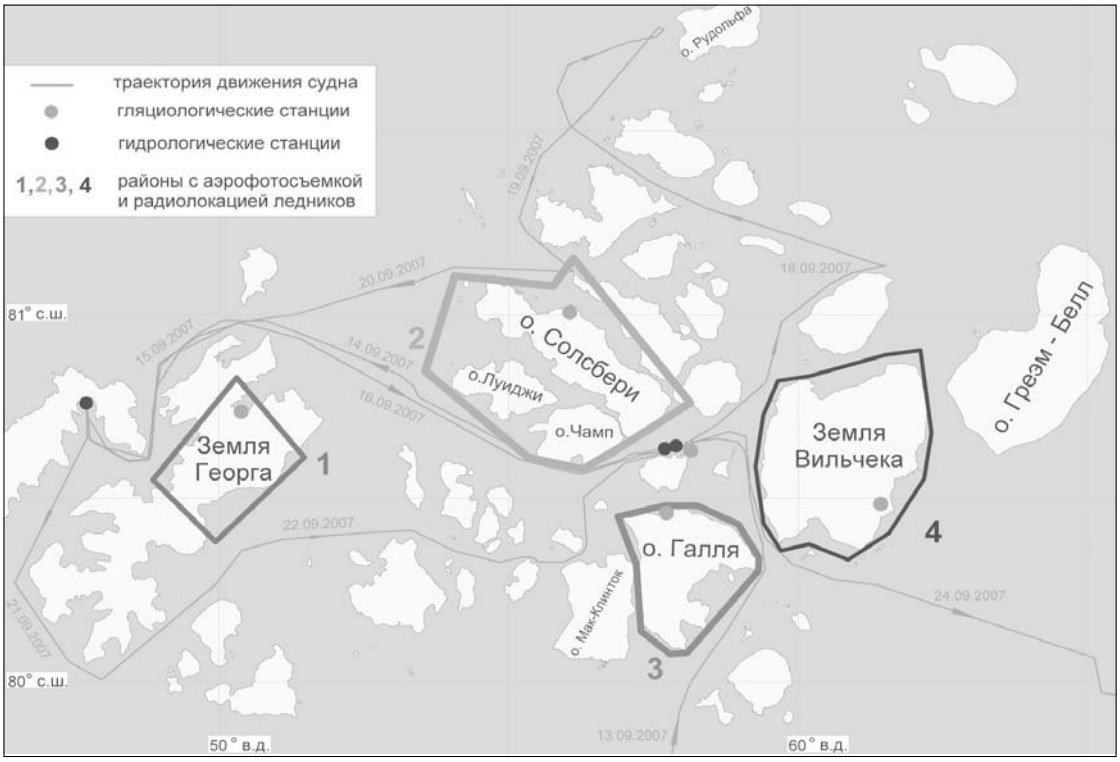


Схема исследований в районе Земли Франца-Иосифа

Измерение температуры в толще ледника

Опыт, накопленный в 2003–2006 гг., лег в основу проекта «Образование, динамика и разрушение айсбергов в Западном секторе Российской Арктики», который был включен в национальную российскую программу МПГ.

Важная отличительная особенность экспедиции «Сомов–МПГ–лето-2007» по сравнению с предыдущими аналогичными работами – время ее проведения – сентябрь. Впервые за прошедшие годы экспедиционный комплекс исследований айсбергов и ледников Баренцева моря был выполнен во время годового максимума айсбергообразования, приходящегося на август-сентябрь. Ледовая обстановка позволила НЭС «Михаил Сомов» обойти практически весь архипелаг ЗФИ: от о-вов Земля Вильчека и Греэм-Белл на востоке до о. Рудольфа на севере и о. Земля Александры на западе, чего не удавалось сделать в предыдущих весенних экспедициях.

В ходе работ на ЗФИ с борта базировавшегося на судне вертолета Ми-8 (командир А.В.Макаров) гляциологами ИГ РАН (А.Ф.Глазовский и Ю.Я.Мачерет) выполнено радиозондирование ледников о-вов Земля Георга, Солсбери, Луиджи, Чамп, Галля, Земля Вильчека с целью определить их толщину и потенциальную айсбергоопасность. Параллельно с радиозондированием проводилась попутная аэрофотосъемка ледниковых фронтов и наиболее крупных айсбергов, находившихся на прилегающих к этим островам акваториях. Последующая фотограмметрическая обработка аэрофотоснимков позволит восстановить морфометрию ледниковых фронтов и надводных частей айсбергов.

На некоторых ледниках и айсбергах выполнены гляциологические станции, в ходе которых проводились измерения вертикального распределения температуры льда (от дневной поверхности до горизонта 20–21 м), энергобалансовые наблюдения на поверхности и в ледяной толще (на глубину до 3 м). На ледниках о-вов Галля и Земля Вильчека установлены вехи-маркеры для последующего (в 2008 г.) определения характеристик течения ледников. Попутно с гляциологическими работами в проливах ЗФИ выполнено несколько гидрологических станций с *T*, *S*-зондированием.

В ходе экспедиции зафиксированы скопления крупных столообразных айсбергов (массой более 1 млн т) вблизи районов их образования. К этим районам относятся залив Елены Гульд о. Земля Вильчека (куда выходит хорошо известный ледник Знаменитый), проливы между о-вами Солсбери, Луиджи и Чамп, залив Географов о. Земля Георга. Большинство из обнаруженных крупных айсбергов находятся в дрейфе. При благоприятных синоптических условиях некоторые из них покидают места своего образования и по глубоким проливам ЗФИ выходят в Баренцево море.

В несколько меньшем объеме по сравнению с исследованием на ЗФИ проведены работы на ледниках северной оконечности баренцевоморского побережья о. Северный Новой Земли. Выполнены радиозондирование и аэрофотосъемка ледников Павлова и Иностранцева. На леднике Павлова установлены вехи-маркеры и проведены энергобалансовые наблюдения.

Выполненные наблюдения пополнили базу данных по состоянию ледников и айсбергов в районах ЗФИ и Новой Земли, где последние комплексные работы проводились в 1950-х гг.

15. ВЫПОЛНЕНИЕ МОРСКИХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ НА НИС «АКАДЕМИК НИКОЛАЙ СТРАХОВ»

Основные участники и организаторы экспедиции: ГИН РАН, ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ, ИГ РАН, ННД, Университеты Осло, Бергена и Тромсё (Норвегия)

МОРСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА РАН В РАМКАХ ПРОГРАММЫ МПГ 2007/08 В 2007 г.

По материалам ГИН РАН

25-й рейс НИС «Академик Николай Страхов» Геологического института РАН проходил с 29 августа по 9 октября 2007 года на севере Баренцева моря, а также в Северном Ледовитом и на севере Атлантического океанов. Начальником экспедиции был к.г-м.н. А.В.Зайончек.

Исследования выполнялись в рамках задач следующих программ фундаментальных исследований:

– Президиума РАН №16 (руководители – академики Лаверов Н.П., Котляков В.М. и Жеребцов Г.А.) «Изменения окружающей среды и климата: природные катастрофы»;

– Президиума РАН № 17 (руководитель – академик Лисицин А.П.) «Фундаментальные проблемы океанологии: физика, геология, биология, экология» (проекты «Сравнительное изучение эволюции и современной структуры континентальных окраин Восточной Атлантики и Арктики» и «Закономерности строения и формирования земной коры представительных районов Атлантики: тектоника, магматизм, состав и генезис Fe-Mn рудопроявлений» (руководители – академики Леонов Ю.Г. и Пущаровский Ю.М. соответственно);

– Отделения наук о Земле № 14 (руководители – академики Котляков В.М. и Леонов Ю.Г.) «История формирования бассейна Северного Ледовитого океана и режим современных природных процессов Арктики».

На НИС «Академик Николай Страхов» во время экспедиции была установлена одна из наиболее совершенных на настоящий момент гидроакустическая система фирмы RESON. Она включает в себя программно-аппаратурный комплекс SeaBat 81, который объединяет: многолучевые эхолоты – SeaBat 8111 (мелководный) и SeaBat 8150 (глубоководный); GPS, сенсоры движения и гирокомпас, объединенные системой OKTANS; датчики скорости звука у антенн эхолота и в водной толще (SVP-70 и SVP-30 соответственно); программный пакет сбора и обработки данных PDS2000. Одновременно с работой гидроакустической системы проводилась съемка акустическим профилографом EdgeTech 3300 и комплексом оборудования для проведения непрерывного сейсмического профилирования разработки ГИН РАН. Станционные работы включали измерения теплового потока, изучение верхней части осадочного чехла гравитационными трубками (длиной до 6 м) и драгирование коренных пород.

На первом этапе экспедиции проводилась комплексная эхолотная и геофизическая съемка дна Баренцева моря между Землей Франца-Иосифа и архипелагом Шпицберген, а также в желобе, южная часть которого расположена между о. Белый и архипелагом Шпицберген, а северная продолжается вплоть до шельфа Северного Ледовитого океана. Собранные материалы поступают в обработку. Предварительный анализ данных указывает на активное влияние айсбергов на развитие подводных ландшафтов, даже на значительных глубинах. Кроме того, для некоторых участков дна зафиксированы сверханомальные значения теплового потока и проявления новейших тектонических движений. Во время указанного этапа была проведена высадка научной геологической группы (начальник отряда Скворцов Е.Г.) из четырех человек (сотрудники ВНИИОкеангеология и ГИН РАН) на Землю Франца-Иосифа. Она работала в течение 8 дней на островах Гукера, Скотт-Келти и Мертвого Тюленя. Базой отряда являлась бухта Тихая на о. Гукера. В результате работ были проведены новые и дополнительные сборы фауны из мезозойских отложений и опробование магматических комплексов.

В рамках второго этапа экспедиции была сделана батиметрическая и геофизическая съемка на двух полигонах, первый из которых был расположен на севере хребта Книповича. Данный этап был логичным продолжением работ Геологического института РАН в 24-м рейсе НИС «Академик Николай Страхов». Исследования охватили зону сочленения хребтов Книповича и Мона. Предварительно установлено, что на всем своем протяжении рифтовая зона хребта Книповича сегментирована на систему изолированных ромбовидных впадин, которые разделены зонами, сформированными в результате новейших вулкано-тектонических процессов.

16. ВЫПОЛНЕНИЕ МОРСКИХ СУДОВЫХ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В МОРЯХ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ НА НИС «ИВАН ПЕТРОВ» И ДР. (АВГУСТ–НОЯБРЬ) (БАРКАЛАВ-2007)

Основные участники и организаторы экспедиции: ААНИИ, ГОИН, Северное УГМС, ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ

КОМПЛЕКСНАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ В АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ – «БАРКАЛАВ-2007»

В.Н.ЧУРУН, Л.А.ТИМОХОВ (ААНИИ)

После многолетнего перерыва ААНИИ вместе с другими российскими НИУ вновь приступил к комплексным исследованиям арктических морей. В Карское и Баренцево, моря Лаптевых и Восточно-Сибирское направилось НИС «Иван Петров» Северного УГМС. На его борту находились 18 участников экспедиции «Баркалав-2007», представляющих российские НИУ и вузы (ААНИИ, ВНИИОкеангеология, Институт криосферы Земли СО РАН, СПбГУ). Руководил экспедицией научный сотрудник ААНИИ С.Б.Кузьмин.

За время экспедиции НИС «Иван Петров» отработало в Карском море, преодолело при помощи ледокола льды пролива Вилькицкого, выполнило исследования в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском, вновь вернулось в Карское и завершило работы в восточной части Баренцева моря.

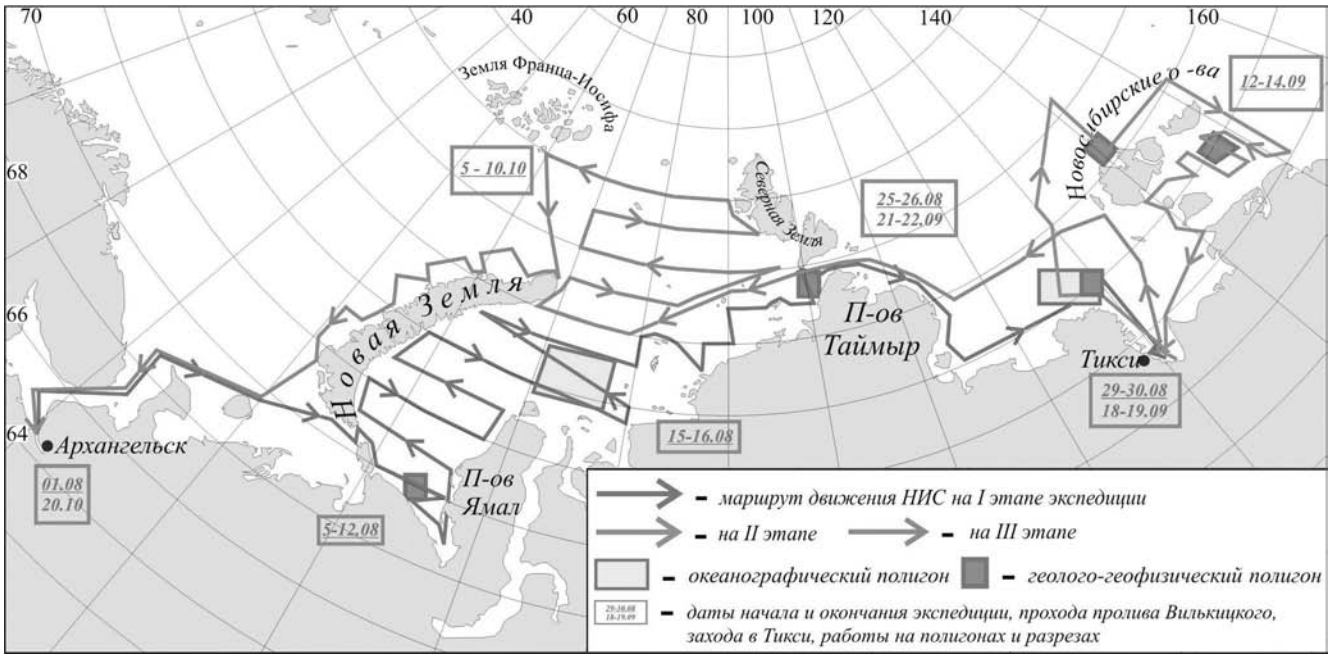
Исследования состояли из трех этапов. На начальной и завершающей стадиях экспедиции исследования выполняли российские ученые.

На первом этапе выполнены океанографические станции в южной части Карского моря и Байдарацкой губе. На каждой станции измерены при помощи современного океанографического зонда температура и соленость морской воды, отобраны ее пробы для определения биогенных элементов, растворенного кислорода, хлорофилла «а», выполнены биологические ловы планктонными сетями и собраны представители донных биоценозов. В Байдарацкой губе на двух тестовых полигонах отобраны пробы донных осадков при помощи гидростатической трубки длиной 10 м и измерено содержание в воде метана.

Второй этап длился с 29 августа по 19 сентября, когда по завершении работ в Карском море судно прибыло в Тикси для према участников российско-германской экспедиции ТРАНСДРИФТ-XII из Института полярных и морских исследований им. А.Вегенера, Института морских наук – ГЕОМАР, Академии г. Майнца, государственного природного заповедника «Усть-Ленский».

Российские и германские специалисты в течение 14 лет ведут совместные исследования природной среды моря Лаптевых по проекту «Система моря Лаптевых». За это время получен уникальный материал о палео- и современном состоянии природной среды моря Лаптевых, опубликованы многочисленные совместные статьи и монографии.

В этом году исследования российских и германских специалистов сконцентрируются в районе заприпайной полыньи. Здесь выставлены на 1 год две донные океанографические станции. Регистраторы, установленные на данных станциях, позволят зафиксировать параметры течений в этой мел-



ководной зоне моря Лаптевых. Здесь же будут отобраны пробы грунта до глубины 15–20 м при помощи многорейсовой виброустановки.

В 2000 г. с борта НИС «Кимберлит» получены пять колонок грунта с глубин от 4 до 26 м ниже поверхности дна, которые подтвердили наличие многолетнемерзлых пород на шельфе и позволили провести их опробование. В 2004 г. при помощи сейсмоакустических методов определены места предполагаемой проходки скважин. В 2007 г. геологические исследования по новому методу позволят окончательно определить границу залегания подводной мерзлоты.

Впервые российские и германские ученые провели исследования в Восточно-Сибирском море. Здесь запланированы 40 океанографических станций, на каждой из которых измерены параметры морской среды, отобраны пробы воды, в том числе и на определение состава взвеси, выполнены биологические работы. Руководитель экспедиции ТРАНСДРИФТ-XII с германской стороны – д-р Х.Кассенс, ИфМ-ГЕОМАР. После завершения второго этапа экспедиции НИС «Иван Петров» вновь зашло в Тикси, где участники экспедиции ТРАНСДРИФТ-XII сошли на берег и улетели в Санкт-Петербург.

На третьем этапе НИС «Иван Петров» вновь прошло через пролив Вилькицкого и Карское море, где в условиях осенних штормов, сокращения продолжительности светового времени выполнило океанографическую съемку центральной части Карского и восточной части Баренцева моря. Наиболее интересны запланированные работы в Новоземельском желобе, желобе Святой Анны и Воронина. Периодически в эти желоба проникают теплые атлантические воды. Ледовая обстановка в этом году благоприятствует проведению таких исследований, уже сейчас Карское море почти полностью освободилось от льдов, южная кромка дрейфующих льдов сместилась далеко к северу, освободив от льда запланированные для исследований районы желобов.

В ходе всего периода экспедиционных исследований будут выполняться непрерывные наблюдения за состоянием погоды.

НИС «Иван Петров» вернулось в Архангельск 8 ноября 2007 г.

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ МОРСКОЙ НАУЧНОЙ ЭКСПЕДИЦИИ «БАРКАЛАВ-2007»

С.Б.КУЗЬМИН, А.Е.НОВИХИН (ААНИИ)

Комплексная экспедиция в морях Баренцевом, Карском, Лаптевых, Восточно-Сибирском («Баркалав-2007») проводилась ААНИИ совместно с Архангельским ЦГМС-Р в августе–ноябре 2007 г. в рамках ЦНТП по подпрограмме «Морские исследования в Арктике, на морях России, континентальном шельфе и в Мировом океане. Модели и технологии морских прогнозов и расчетов», а также в рамках МПГ 2007/08. Основанием для проведения экспедиции являлось решение Научного совета РАН по изучению Арктики и Антарктики от 23 апреля 2003 г. и распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2004 г. № 1499-р, утвердивших Концепцию проведения МПГ 2007/08.

Комплексные морские исследования в морях сибирского шельфа включены в план МПГ 2007/08 для решения задач по следующим направлениям:

– «Морская среда полярных океанов и морей, морские льды» для проекта МПГ «Комплексные исследования сезонных циклов в арктических морях»;

– «Состояние популяций и реакция на климатические и антропогенные изменения в экосистемах полярных районов» для проекта МПГ «Исследование бентосной и пелагической биоты Арктики»;

– «Климат и палеоклимат» для проекта МПГ «Реконструкция палеогеографических условий плейстоцена–голоцена и прогноз сохранности газогидратных месторождений на шельфе Восточного сектора Российской Арктики»;

– «Строение и история геологического развития литосферы полярных районов» для проекта МПГ «Строение и эволюция земной коры арктической континентальной окраины Евразии».

На втором этапе экспедиции в период с 1 по 22 сентября 2007 г. комплексные исследования включали работы по выполнению российско-германской программы «Система моря Лаптевых». В программу входили проекты «Исследование палеоклимата с помощью научного бурения на материке и в южной части моря Лаптевых» и «Глобальное изменение климата в морях Евразийского арктического шельфа: фронтальные зоны и полыньи моря Лаптевых», которые также входят в проекты МПГ.

Экспедиционные исследования финансировались из бюджета Росгидромета при частичном покрытии расходов со стороны российских и иностранных партнеров-участников исследований.

Непосредственное выполнение программы работ «Баркалав-2007» проводилось согласно договору – «О совместном проведении морских экспедиционных исследований на научно-исследовательском судне «Иван Петров» от 24 июля 2007 г. № 102/1-ИП и Разрешения Минобрнауки России № 105 от 3 августа 2007 г.

Участники экспедиции с российской стороны:

1) ААНИИ Росгидромета, число участников – 10;

2) ВНИИОкеангеология МПР России и РАН, число участников – 11;

3) Государственный природный заповедник «Усть-Ленский», п. Тикси, Республика Саха (Якутия), число участников – 2;

4) СПбГУ, географический факультет, кафедра гидробиологии, число участников – 1;

5) Архангельский ЦГМС-Р, число участников – 1.

Иностранные участники экспедиции:

1) Институт морских и полярных исследований им. А.Вегенера (Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, AWI), Германия, число участников – 2;

2) Институт морских исследований – Центр морских геонаук (Leibniz Institute of Marine Sciences, IFM-GEOMAR), Германия, число участников – 4;

3) Академия Майнца (Akademie der Wissenschaften und der Literatur), Германия, число участников – 1;

4) Донецкий Национальный технический университет (ДНТУ), число участников – 1.

Экспедиционные исследования проводились с борта НИС «Иван Петров», принадлежащего Северному УГМС (Архангельский ЦГМС-Р). Судно располагало тросовой и двумя кабель-тросовыми лебедками, а также носовым краном грузоподъемностью 5 т. На борту судна имелись океанографическая, гидрохимическая и метеорологическая лаборатории.

Все участники экспедиции были распределены в четыре отряда: гидрохимический, метеорологический, океанографический и геологический. Отряды возглавляли российские специалисты. В течение всего рейса в штаб Северного флота, а также в ААНИИ и в Архангельское УГМС ежедневно передавались текущие метеорологические данные, информация о местонахождении судна, объеме выполненных работ и плане работ на следующие сутки.

Экспедиционные исследования «Баркалав-2007» прошли в три этапа:

1) со 2 по 28 августа – в Баренцевом и Карском морях,

2) с 29 августа по 18 сентября – в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском,

3) с 19 сентября по 9 ноября – в Карском и Белом морях.

Задачи экспедиции «Баркалав-2007» заключались в следующем:

– получение комплексной количественной информации о состоянии природной системы морей сибирского шельфа;

– исследование океанографических, гидрохимических, биологических условий и геоэкологического состояния донных отложений в южных частях

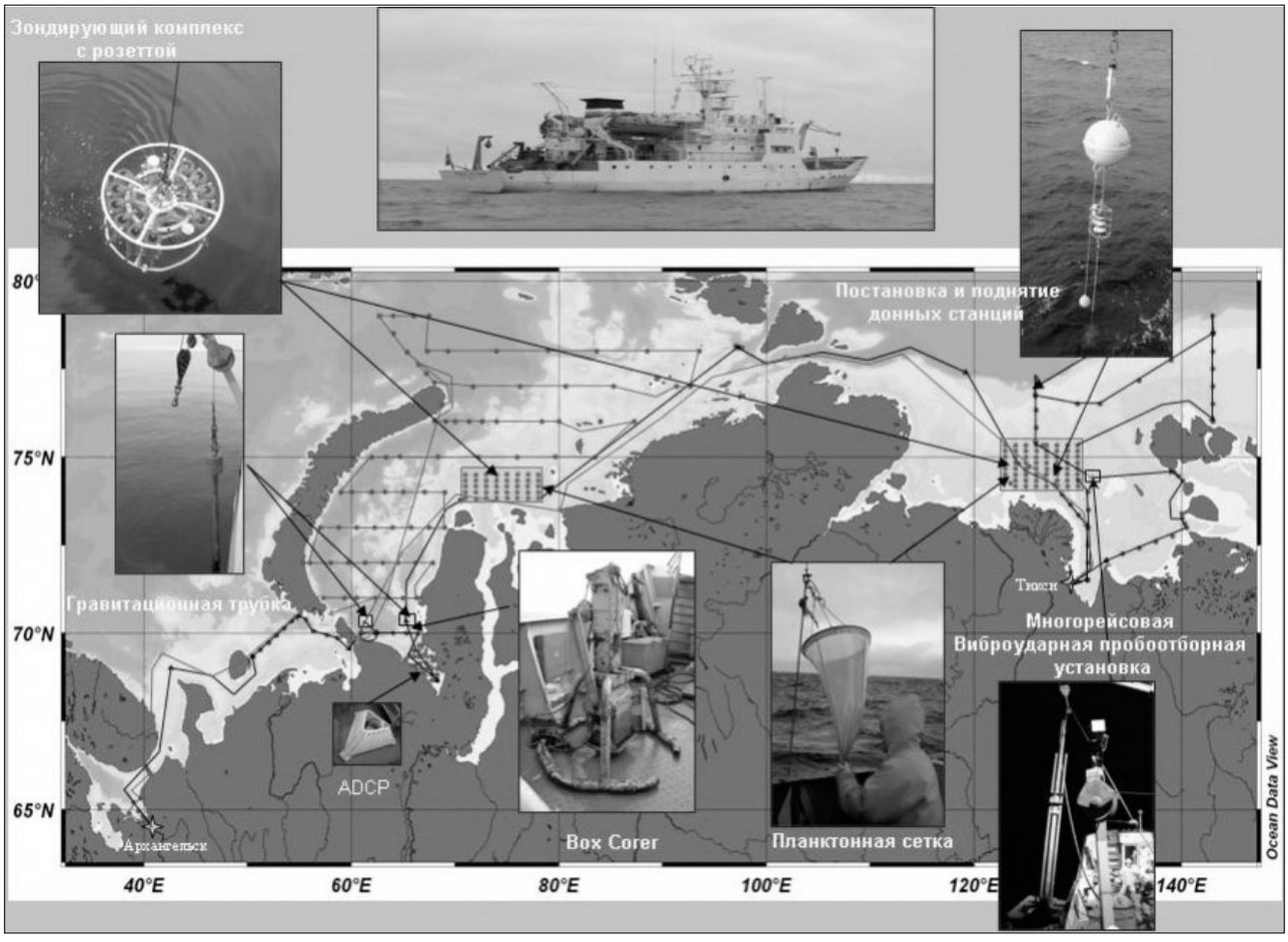
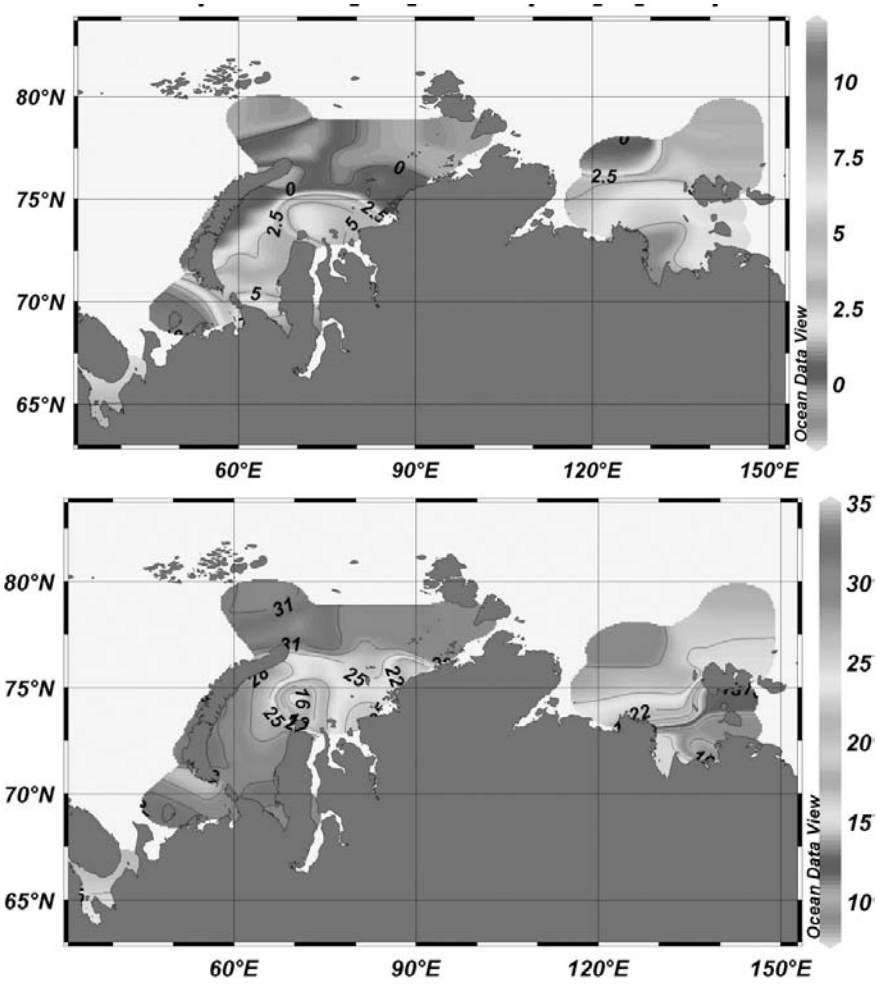


Схема маршрута, положение станций и виды работ в экспедиции «Баркалав-2007» на НИС «Иван Петров»



Распределение температуры (верху) и солености (внизу) в поверхностном слое по результатам океанографических станций, выполненных в экспедиции «Баркалав-2007»

морей, где зимой располагаются полыньи, а летом формируются фронтальные зоны между речными и морскими водами;

– изучение явлений и механизмов формирования океанических структур различного масштаба, геохимических процессов в условиях пресноводного стока рек, мелководного шельфа и меняющегося ледяного покрова для целей их параметрического учета в моделях;

– исследование фронтальных зон, горизонтальных и вертикальных потоков тепла, соли, примеси в различных условиях плотностной стратификации и рельефа морского дна;

– исследование годовых изменений океанографических условий по данным измерений скорости течений, придонных температуры и солености на двух донных океанографических станциях в области расположения Ленской полыньи;

– получение адекватного представления о внутригодовых циклах изменчивости параметров состояния морских систем для совершенствования моделей прогноза изменений климата;

– изучение реликтовой подводной криолитозоны в южной части моря Лаптевых; изучение влияния колебаний уровня моря за период после последнего оледенения на поведение многолетнемерзлых пород и динамику ее кровли; построение модели динамики изменения положения верхней границы многолетнемерзлых пород и получение записи климатических колебаний в разрезе осадочных отложений с предположительным возрастом до 100 тыс. лет;

– изучение истории развития природной среды Баренцево-Карского региона для прогнозирования последствий глобальных изменений и хозяйственной деятельности, изучение четвертичных отложений береговых обрывов для построения палеоклиматической модели для четвертичного периода Баренцево-Карского шельфа.

Состав работ включал в себя:

– выполнение эпизодических океанографических станций на разрезах и гидрофизических полигонах;

– отбор проб воды в местах производства океанографических станций для определения биогенных элементов, растворенного кислорода, водородного показателя pH, ионного состава, хлорофилла «а», концентрации взвешенных частиц и содержания в них органического углерода;

– сбор проб фито- и зоопланктона, донных биоценозов в местах производства океанографических станций;

– сбор проб ихтиофауны способом донного драгирования между отдельными океанологическими станциями в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском;

– отбор проб для проведения органо-геохимических исследований и определения концентраций химических элементов в поверхностных донных осадках и по разрезам колонок;

– отбор проб донных осадков для изучения газовой компоненты;

– детальное описание, включающее состав, типы и изменения слоистости, характер контактов слоев, изменения цвета, распределения включений, конкреций терригенного материала и новообразований в осадках и других структурно-текстурных особенностей пород;

– производство стандартных метеорологических судовых наблюдений.

Большая часть работ в экспедиции «Баркалав-2007» выполнялась в рамках программы экспе-

дициионных исследований, представленной ААНИИ. В нее вошло следующее:

1) 274 комплексные океанографические станции (включающие гидрохимические, биологические и геологические исследования);

2) 2 геологических полигона (19 станций);

3) 2 станции по отбору проб с помощью многорейсовой пробоотборной установки;

4) постановка 2 буйковых станций (море Лаптевых);

5) снятие 2 буйковых станций (море Лаптевых).

Часть работ проводилась по просьбе Архангельского ЦГМС-Р в рамках ежегодного мониторинга Белого моря, а именно: 11 комплексных океанографических станций (включающих отбор проб воды на различные гидрохимические анализы).

Также согласно предварительной договоренности с Государственным океанографическим институтом (ГОИН) Росгидромета был выполнен подъем 3 буйковых станций в Байдарацкой губе.

На рисунках представлены виды работ в экспедиции «Баркалав-2007», а также маршрут движения НИС «Иван Петров» в течение рейса.

В результате выполнения программы работ экспедиции «Баркалав-2007» получен обширный материал в области океанографии, морской биологии и геологии. Основная масса станций была выполнена на шельфе Карского моря и моря Лаптевых. На северо-западе Восточно-Сибирского моря было выполнено ограниченное количество станций, поэтому наиболее полные предварительные выводы сделаны по Карскому морю и морю Лаптевых.

Поверхностная структурная зона юго-западной части Карского моря была представлена водными массами, гидрологические свойства которых формировались под влиянием, с одной стороны, распространения теплых и соленых водных масс из Баренцева и Печорского морей, а с другой – таяния больших ледяных массивов, оказывающих охлаждающее и распресняющее влияние на поступившие водные массы. Центральная часть Карского моря была занята так называемыми поверхностными летними водными массами зоны влияния речного стока Карского моря, которые образуются в результате взаимодействия поступающих из Обской губы и Енисейского залива эстуарных летних водных масс, имеющих высокую температуру и низкую соленость, с окружающими водными массами.

Характер распределения температуры и солености свидетельствует о распространении влияния речного стока до 69° в.д., а также о распреснении поверхностного слоя за счет таяния льда. При этом наряду с повышенным влиянием речного стока на центральную часть Карского моря на севере наблюдалась более высокая температура атлантических водных масс в желобе Св. Анны (на 0,5 °С по сравнению со средними многолетними данными в этом районе). Из-за достаточно сильных ветров вдоль береговой черты Новой Земли у берегов образовались апвеллинги, приведшие к формированию холодной и соленой прослойки с высокими значениями первичной продуктивности. Более точно это можно будет сказать после получения данных по биогенным элементам. В целом подобные явления характерны для данного района при похожей синоптической ситуации.

В море Лаптевых его центральная и юго-восточная часть находились под сильным влиянием материкового речного стока (в первую очередь рек Лены и Яны), следствием чего здесь стали низкие показатели солености (3–23 ‰) и плотности (5–20 кг/м^3) воды. При этом влияние речного стока на центральную и юго-восточную часть моря Лаптевых сочеталось с более высокой по отношению к климатической норме температурой поверхностного слоя и пониженным содержанием растворенного кислорода. Влияние речного стока распространилось дальше к северо-востоку и, предположительно, достигло районов к северу от о. Котельный. Можно также предположить повышенный приток придонных водных масс из Восточно-Сибирского моря (на разрезе от о. Котельного). К еще одной особенности данного года можно отнести более ярко выраженный промежуточный максимум растворенного кислорода, что, вероятно, объясняется его пониженным содержанием в поверхностной структурной зоне.

В целом распределение температуры в поверхностной структурной зоне в обоих морях отражало сезонные (от относительно высоких значений в августе–сентябре до отрицательных значений в октябре–ноябре) и зональные (понижение с увеличением широты) ее изменения. Наиболее высокие значения (9–12 °С) отмечены в юго-восточной части Баренцева моря (следствие поглощения морем значительного количества тепла атлантических водных масс, а также получения большего (по сравнению с арктическими морями) количества солнечной радиации), а также в губе Буор-Хая. Распределение солености отражало влияние на формирование водных масс речного стока, таяния значительных массивов морских льдов и водообмена с соседними районами (в данном случае, главным образом, с Баренцевым морем и Арктическим бассейном).

В заключение можно отметить, что комплексные исследования и полученный обширный материал в экспедиции «Баркалав-2007», наряду с данными других экспедиций, позволит существенно приблизиться к пониманию различных характеристик природной среды как ключевых процессов, формирующих климатическую изменчивость ледового, гидрологического, гидрохимического, биологического, седиментационного режимов и экологического состояния различных районов российского шельфа Северного Ледовитого океана.

ОТЧЕТ ПО РАБОТАМ НИС «АКАДЕМИК МСТИСЛАВ КЕЛДЫШ» (54-й РЕЙС 6 СЕНТЯБРЯ–7 ОКТЯБРЯ 2007 г.)

М.В.ФЛИНТ (ИО РАН)

Начальник экспедиции – Флинт Михаил Владимирович (ИО РАН). Капитан судна – Горбач Юрий Николаевич. Число участников: научного состава – 81 человек, экипажа – 48 человек.

Район работ: Карское море от Карских Ворот на западе до районов внутреннего и внешнего шельфа и континентального склона на 73°40' в.д. на востоке и от внутренней области эстуария р. Обь (71° 14,9' с.ш., 72°51,9' в.д.) на юге до глубоководной части желоба Святой Анны (77°6,9' с.ш., 69° 36' в.д.) на севере.

Все работы проводились в исключительной экономической зоне РФ.

Основные задачи экспедиции:

1) оценка современного состояния ключевых абиотических и биотических компонентов экосистемы Карского моря, особенностей внутрибассейновой циркуляции, гидрохимических и геохимических процессов в водной толще и на дне в процессе трансформации речного стока, механизмов формирования структуры пелагических и донных экосистем и биологической продукции;

2) оценка механизмов переноса вещества в системе эстуарий–шельф–континентальный склон – глубокий бассейн, формирования кросс-шельфовой зональности в распределении свойств среды и биоты, а также механизмов влияния процессов в Карском море на экосистему глубоководного Арктического бассейна;

3) локализация и обследование подводных потенциально опасных объектов, представляющих угрозу радиоактивного заражения, у северо-восточного побережья Новой Земли (заливы Благополучия и Течений).

Научная программа экспедиции была ориентирована на решение ключевых задач Программы фундаментальных исследований Президиума РАН №17 «Фундаментальные проблемы океанологии: физика, геология, биология, экология» (Проекты 1.4, 1.6, 2.1, 5.3, 6.4, 6.5, 6.6), Межведомственного проекта «Меридиан плюс», Программы МПГ 2007/08 (IAOOAS #14, EOI – 860), Программы первоочередных работ по теме: «Система ведения Реестра подводных потенциально опасных объектов Российской Федерации» в соответствии с постановлением Правительства РФ от 28 июня 2001 г. № 486, а также ряда инициативных научных проектов РФФИ.

Общая протяженность маршрута экспедиции – 6083 км.

Выполнено комплексных станций – 60.

Измерение температуры и солености проточной системой – 3865 км.

Зондирование поверхности моря флуоресцентным сканирующим лидаром УФЛ-8 – 4866 км.

Измерения флуоресценции хлорофилла в поверхностном слое моря проточным лазерным флуориметром – 3865 км.

Буксировка сканирующего мультипараметрического зонда – 2295 км (877 зондирований).

Определение скоростей течения ADCP – 78.

Зондирований CTD-зондом – 53.

Зондирований зондом-прозрачномером ПУМ – 42.

Измерений светового режима – 4.

Измерений плавающим спектрорадиометром – 2.

Определений прозрачности моря по белому диску (Секки) – 27.

Отобрано проб на определение пигментного состава взвеси – 70.

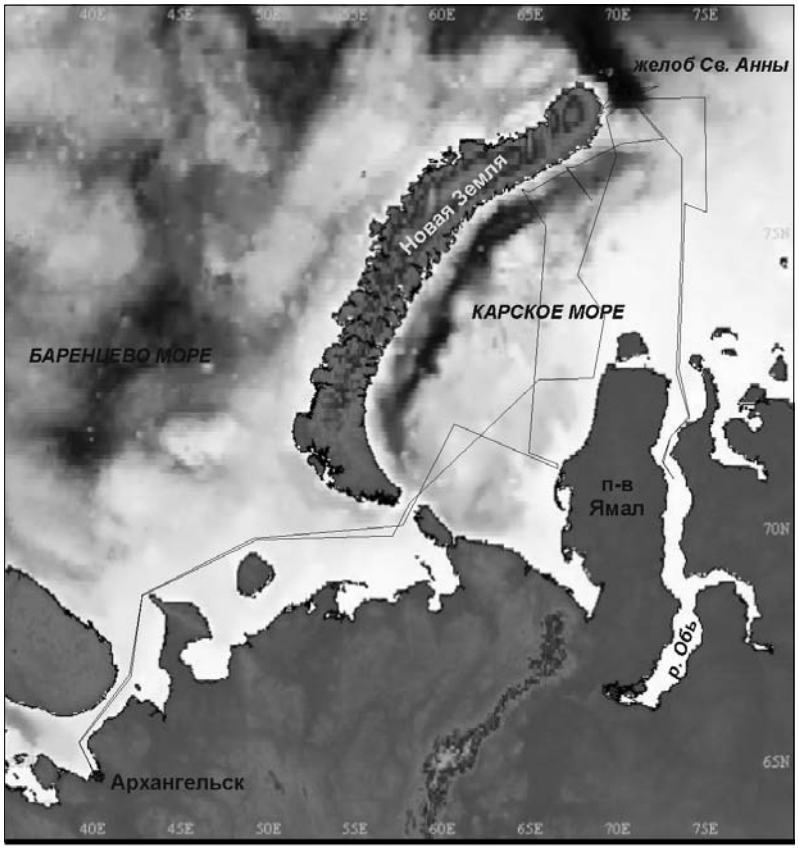
Отобрано проб на определение характеристик сестона – 34.

Проведено гидрохимических определений:

– содержания растворенного кислорода – 321,

– значений pH – 347 ,

– общей щелочности – 359,



Маршрут 54-го экспедиционного рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш»

– содержания минерального фосфора – 352,
– общего фосфора – 209,
– растворенного кремния – 360,
– нитритного азота – 338,
– нитратного азота – 343,
– аммонийного азота – 207,
– общего растворенного азота – 117.

Отобрано 140 проб осадков, в том числе 24 пробы для определения форм серы.

Выделено 112 проб иловой воды, в которой проведено анализов на содержание:
– растворенного железа – 106,
– марганца – 112,
– фосфора – 89,
– кремния – 89,
– значений Eh – 113,
– значений pH – 9,
– щелочности – 9.

Отобрано проб:
– осадков для изучения техногенных радионуклидов – 114,
– поверхностной воды для изучения техногенных радионуклидов (120–1000 л) – 16.

Проведено измерений массовой концентрации аэрозоля – 1500.

Отобрано проб аэрозоля для химического анализа – 252.

Отобрано проб взвеси фильтрацией воды на ядерные и стекловолокнистые фильтры – 322.

Проведено определение концентрации взвеси на счетчике Коултера – 101.

Отобрано проб осадков для определения гранулометрического состава – 104.

Проведено экстракций углеводородов:
– из воды – 47,
– из взвеси – 45,
– из донных осадков – 130.

Определений влажности донных осадков – 130.

Отобрано проб для определения состава донных осадков:
– дночерпателем «Океан-01» – 32,
– трубкой Неймисто – 88,
– трубой УПТ-120 – 3.

Выполнено ловов планктона сетью Джедди – 139.

Выполнено ловов планктона сетью Эпштейна – 31.

Проведено экспериментов по оценке интенсивности питания 14 массовых видов планктона – 239.

Отобрано проб фитопланктона – 188.

Выполнено анализов проб фитопланктона (таксономический состав, численность) – 77.

Отобрано проб для определения концентрации хлорофилла – 193.

Проведено определений первичной продукции в эксперименте – 47.

Отобрано проб:
– для определения общей численности, морфологического состава и биомассы бактериопланктона – 167;
– для определения общей численности, морфологического состава и биомассы бактерий из придонного слоя (трубка Неймисто ТН, трубка большого диаметра ТБД) – 11;
– бактерий для определений параметров клеток на сканирующем электронном микроскопе – 5;
– для определения общей численности, биомассы и видового состава нано- и микропланктона – 155;
– для определения общей численности, биомассы и видового состава нано- и микроорганизмов из придонного слоя (ТН) – 11;
– для определения концентрации метана – 90;
– для определения содержания сульфата и хлорида на анализаторе «Биотроник» – 34;
– для определения изотопного состава углерода растворенных карбонатов – 35;
– содержание основных анионов и катионов в поровой воде донных осадков – 65;
– взвеси и осадков для определения изотопного состава органического углерода взвеси – 33;
– для выявления генетических маркеров микроорганизмов – 2;
– для определения интенсивности сульфатредукции в осадках – 28;
– для определения интенсивности метаногенеза из ацетата – 17;
– для определения интенсивности метаногенеза из CO_2 – 36;
– для определения интенсивности окисления метана – 56;
– для определения интенсивности темновой ассимиляции углекислоты – 43.

Выполнено посевов микроорганизмов на среды на выявление метаногенов и сульфатредукторов – 3.

Проведено определений:
– продукции бактериопланктона прямым методом – 58;
– продукции бактерий из придонного слоя (ТН) – 11;
– интенсивности выедания бактерий нано- и микропланктоном – 52;
– интенсивности выедания бактерий нано- и микроорганизмами в придонном слое (ТН) – 5;
– скорости лизиса бактериальных клеток – 11;
– кривой бактериального роста – 4.

Отобрано траловых проб макрозообентоса – 21.

Отобрано дночерпательных проб:
– макрозообентоса – 160,
– мейозообентоса – 160,
– цилиобентоса – 21,
– микофлоры – 18,
– микрофитобентоса – 29.

Отобрано проб донных организмов для определения содержания тяжелых металлов – 56.

Отобрано проб на литорали залива Благополучия:
– мейозообентоса – 15,
– микрофитобентоса– 32,
– цилиобентоса – 13,
– макрофитобентоса – 67,
– микофлоры – 4.

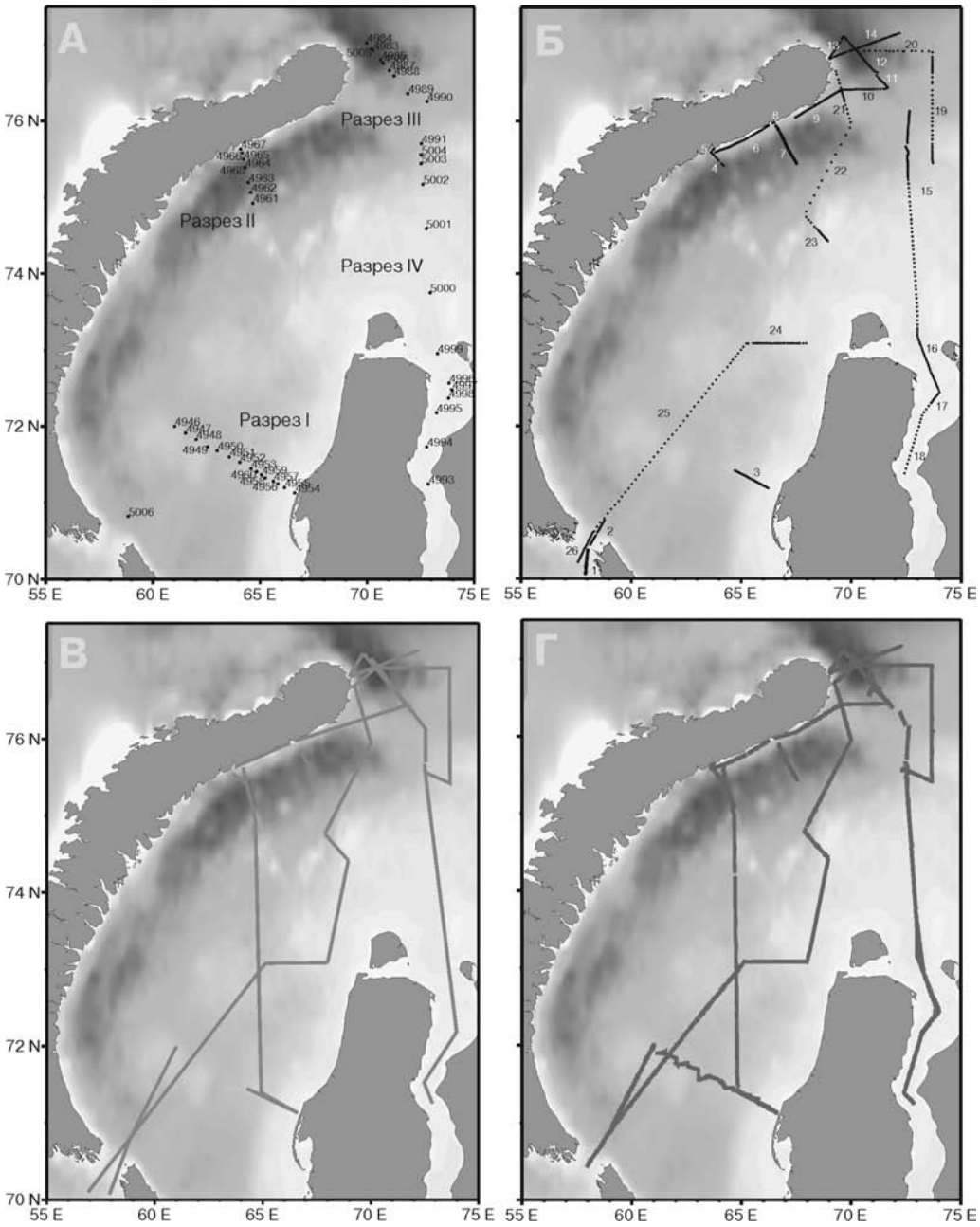


Схема работ 54-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» в Карском море:

А – положение разрезов с комплексными станциями; Б – маршруты с буксировкой CTD-зонда «Рыбка»; В – маршруты с измерениями флуоресценции хлорофилла и органического вещества в поверхностном слое моря; Г– маршруты с измерениями температуры и солености в поверхностном слое моря

Буксировки ГБО «Мезоскан» и «Микросаунд» – 70 миль (25 ч).

Отобрано проб воды для радиохимического анализа:

– придонной воды трубкой Неймисто – 9,

– пресной воды из ручьев в заливе Благополучия – 5,

– проб морской воды большого объема (более 60 л) – 7,

– прибором «Рапан» – 13.

Отобрано проб осадков для радиохимического анализа:

– малым ручным дночерпателем – 19,

– трубкой Неймисто – 11,

– дночерпателем «Океан-0.1» – 14,

– грунтоотборником СПРУТ – 4.

Спусков погружного спектрометрического комплекса «Варяг-ЧС» – 9.

Визуальных обследований ППОО аппаратом «Гном» – 9 донных полигонов.

Основные научные результаты:

1. Рассчитаны геострофические течения и реконструирована схема летне-осенней циркуляции вод в Карском море, которая связывает воедино опубликованные ранее данные и данные измерений в рейсе. Существенным элементом этой схемы является направленное на северо-восток – из бассейна (а не на юго-запад – в бассейн, как в большинстве существующих схем) Новоземельское течение.

2. Детально описаны локализация и характеристики Ямальского течения. Оно представляет собой хорошо консолидированный проток у побережья п-ва Ямал, следующий из Байдарацкой губы на северо-восток, его геострофические скорости превышают 10 см/с. Впервые показано, что Ямальское течение привязано к области перехода от внутреннего к внешнему шельфу и резкому перепаду глубин от 50 до 120 (140) м. Выявлено, что северо-западная ветвь Ямальского течения, Новоземельское течение и поток, следующий с севера вдоль склона желоба Св. Анны, взаимодействуют в южной части желоба, в результате чего формируется мощная фронтальная зона над континентальным склоном, разделяющая шельфовые и глубоководные районы и являющаяся барьерной зоной между экосистемами внешнего шельфа на юге и глубоководного желоба – на севере.

3. Практически по всей акватории исследований в юго-западной части Карского моря обнаружено аномальное (для 2007 г.) распреснение вод поверхностного слоя (до значений менее 15 psu), формирующееся за счет дрейфового переноса енисейских и обских вод. Распреснение существует в виде изолированной области, что говорит о возможной связи этих вод с весенним паводком и о длительном нахождении их в юго-западной части Карского моря.

4. Исследованы детали структуры мощной эстуарной фронтальной зоны, протяженностью около 50 миль, в области смешения морских и речных вод в Обской губе и показано, что ее формирование связано с выклиниванием пресной воды к поверхности и проникновением соленой воды в глубь Обской губы более чем на 100 км. С периферией клина соленой воды, проникающей в глубь эстуария, связан мощный фронтальный раздел, отделяющий эстуарную фронтальную зону от речных вод. Этот фронтальный раздел является границей в распределении высоких концентраций биогенных элементов, поступающих с пресноводным стоком; с ним связана граница между пресноводным и солоноватоводным сообществами и локально высокие биомассы мезопланкона, превосходящие фоновые значения в 7(!) раз.

5. Впервые показано, что для Карского моря характерен очень широкий диапазон изменений оптических характеристик, близкий к диапазону изменения во всем Мировом океане. Показатель ослабления света менялся от 0,15 до 10,0 $м^{-1}$, глубина видимости белого диска – от 0,5 до 16,0 м, интенсивность лазерно-индуцированной флуоресценции хлорофилла «а» – в 15 раз, флуоресценции РОВ – в 5–6 раз. Впервые получены детальные данные о структуре оптических полей во фронтальных зонах в сочетании с гидрологическими, гидрохимическими, геохимическими и биологическими данными.

6. Показано, что основная роль в формировании области сильного распреснения в юго-западной части моря принадлежит водам Енисея.

7. Анализ параметров фитопланктонных сообществ позволил показать, что на большей части исследованной акватории Карского моря фитопланктон находился в осенней стадии сукцессии и характеризовался низкой биомассой (30–100 $мг/м^3$) и преобладанием мелкоразмерной фракции перидиней, диатомей и жгутиковых. Напротив, эстуарный солоноватоводный фитопланктон находился в стадии активного развития, и его высокое обилие наблюдалось даже при крайне низкой прозрачности.

8. Впервые получен материал, позволяющий количественно характеризовать бактериопланктон в основных биотопах западной части Карского моря и эстуарных районах Оби и его роль в формировании продукции и деструкции органического вещества.

9. Исследования мезопланктона позволили показать, что большинство крупноразмерных видов-фитофагов (*Calanus spp*.), составляющих основу сообщества, в сентябре уже накопили резервные вещества, перестали питаться и опустились на глубину для зимовки. В поверхностном слое моря при низкой общей биомассе доминировали мелкие всеядные виды *Oithona spp*. Численность мелкого мезопланктона достигала 9000 $экз./м^3$, что в 4 раза превышало численность мезозоопланктона размером более 500 мкм.

10. Выявлены резкие различия в биоценотической структуре желоба Св. Анны и Новоземельской впадины. Для последней характерна типичная для желобов картина распределения фауны – склоновый биоценоз с преобладанием сестонофанов и «trench-floor» биоценоз с преобладанием детритофагов. В желобе Св. Анны склоны и дно заняты единым биоценозом с преобладанием сестонофагов, что свидетельствует об активной гидродинамике глубинных вод желоба. Впервые для Карского моря обнаружен биоценоз с доминированием морского ежа *Strongylocentrotus sp*., связанный с затоком по желобу Св. Анны баренцевоморских вод.

11. Выявлена высокая межгодовая динамика распределения донных биоценозов в Обском эстуарии и прилежащих районах, что связано с межгодовыми изменениями в интенсивности стока р. Оби и влиянием стока на экосистему Карского шельфа.

12. Полученные материалы по донным инфузориям показали, что падения разнообразия в этой группе высокоарктических районов нет и она обнаружена вплоть до глубин 550 м. Это третий описанный случай нахождения простейших на таких глубинах в Мировом океане.

13. Получены первые данные по макрофитам восточного берега северного острова Новой Земли. Найдено 20 видов макроводорослей: 5 зеленых (*Chlorophyta*), 7 бурых (*Phaeophyceae*) и 8 красных (*Rhodophyta*). Большая часть из них относится к субарктическим видам, характерным для арктических морей.

14. Получены материалы, позволяющие количественно оценить особенности полного цикла

углерода в Карском море в поздне-летний и осенний сезоны, выявить связь биомаркеров цикла углерода с гидрологическими условиями, биологическими и геологическими параметрами экосистемы. Материалы дадут возможность оценки загрязнения различных районов моря органическими веществами, прежде всего углеводородами, антропогенного происхождения.

15. Получены оценки количества и состава аэрозолей по всему маршруту экспедиции. На отрезке маршрута судна от Архангельска до Карского моря массовая концентрация сажевых частиц уменьшилась в 1000 раз, а по маршруту I разреза при приближении к п-ову Ямал их концентрация увеличилась в 10 раз, по сравнению с открытыми районами моря. Все это позволяет оценить центральные и северные районы Карского моря как относительно чистые.

16. Впервые проведены исследования объемной концентрации и гранулометрического состава взвеси в водной толще Карского моря. Установлено, что объемная концентрация взвеси колебалась от 0,1 до $1 \cdot 10^6$ мкм^3/мл, достигая наибольших значений в устье р. Оби: до $(30–40) \cdot 10^6$ мкм^3/мл. Работы в Обском эстуарии позволили выделить чередующиеся области, различающиеся по количеству и составу водной взвеси. Они отражают процессы, связанные с эстуарным фронтом и маргинальным фильтром р. Оби.

17. На основании материалов, полученных в рейсе, составлена первая литологическая корреляционная схема отложений на разрезе через Новоземельскую впадину от берега Новой Земли – к максимальным глубинам.

18. При проведении гидролокационной съемки в заданных районах заливов Благополучия и Течений (Новая Земля) выявлен ряд объектов, которые могут быть предварительно идентифицированы как подводные потенциально опасные объекты.

19. Предварительные результаты гамма-спектрометрического анализа проб донных отложений свидетельствуют о крайне низких уровнях содержания гамма-излучающих радионуклидов, в частности ^{137}Cs и ^{60}Co, не превышающих фоновые значения, характерные для Карского моря. Исключением являются пробы донных отложений, отобранные в одной из точек в заливе Благополучия. Это превышение над фоновым уровнем отмечено в районе предполагаемого места затопления ТРО. В заливе Течений одна проба также показала превышение над фоновыми уровнями. Таким образом, несмотря на то, что в явном виде ППОО в заливах Благополучия и Течений не выявлены, данные радиационного мониторинга указывают на их присутствие, что свидетельствует о проникновении радионуклидов через защитные барьеры оболочек контейнеров в окружающую среду.

17. ЭКСПЕДИЦИЯ НА НЭС «МИХАИЛ СОМОВ» В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ («ШТОКМАН-2007»)

Основные участники и организаторы экспедиции: ААНИИ, ВНИИОкеангеология, ИГ РАН

ЛЕДОВАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

А.И.ДАНИЛОВ (ААНИИ)

Экспедиционная деятельность в Арктике в 2007 г. имеет многообразный характер и осуществляется не только в рамках программ МПГ 2007/08. В частности, 8 апреля началась экспедиция в Баренцевом море «Штокман-2007». Обеспечение безопасности будущих инженерных сооружений на шельфе Баренцева моря является главной задачей экспедиции, которая проводится в апреле 2007 г. с борта НЭС «Михаил Сомов». Исследования осуществляются по заказу компании «Севморнефтегаз» в рамках программы ОАО «Газпром» по освоению Штокмановского газоконденсатного месторождения, запасы которого составляют 3,7 трлн м^3 газа и 31 млн т газового конденсата.

Район Штокмановского ГКМ находится в зоне распространения морских льдов и айсбергов, поэтому при проектировании и эксплуатации необходимо учитывать эти природные факторы риска. Компания «Севморнефтегаз» уделяет большое внимание полномасштабному сбору данных об окружающей природной среде Баренцева моря (ледовые, океанографические, метеорологические, геологические, экологические и др.). Это уже шестая ледовая экспедиция, которую организуют и проводят специалисты ААНИИ в интересах проекта.

Новые данные о морских льдах, айсбергах и продуцирующих айсберги ледниках позволят повысить надежность проектных решений, безопасность окружающей среды, а также экономическую эффективность проекта. Специалисты под руководством начальника экспедиции Ю.П.Гудошникова определят движение льдов, их размеры, массу и прочностные свойства с помощью современных технологий измерений. Для наблюдений будет использовано судно, вертолет МИ-8 МТВ, космические средства.

Особое внимание уделяется наблюдениям за айсбергами в районах их образования и движения в Баренцевом море. На основании наблюдений и теоретических исследований в итоге будет создана система ледового менеджмента Штокмановского проекта, которая обеспечит безусловную безопасность созданных сооружений по добыче и транспортировке газа от ледовой угрозы. В состав экспедиции входят более 30 специалистов из ААНИИ, ВНИИОкеангеология, ИГ РАН и других организаций.

Данные о ледниках и айсбергах, помимо решения прикладных задач, будут полезны для специалистов-климатологов, которые занимаются проблемами последствий климатических изменений для морских отраслей экономики. В частности, это актуально и для проекта Штокмановского ГКМ, который будет функционировать в первой половине XXI века.

18. ЭКСПЕДИЦИЯ ПО ГУБАМ И ЗАЛИВАМ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Основные участники и организаторы экспедиции: ММБИ КНЦ РАН

КОМПЛЕКСНАЯ БЕРЕГОВАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ ПО ГУБАМ И ЗАЛИВАМ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

М.В.МАКАРОВ (ММБИ КНЦ РАН)

Цели и задачи экспедиции. Целью экспедиции являлось комплексное изучение прибрежных экосистем Кольского полуострова в зимне-весенний период. В связи с этим были поставлены следующие задачи:

– анализ состояния сообществ литорального зоо- и фитобентоса в губах и заливах Кольского полуострова;

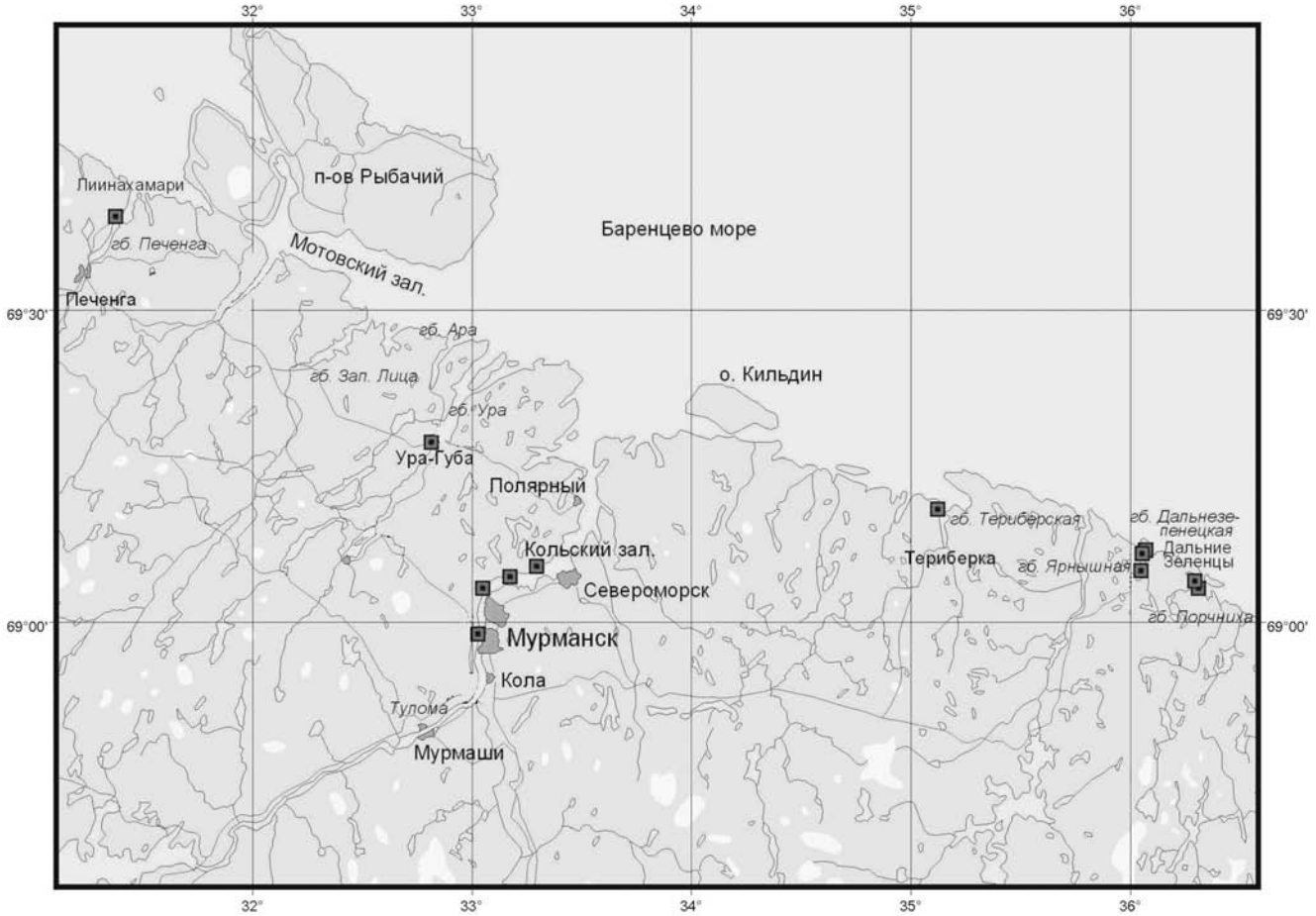
– изучение концентрации взвешенного вещества в пресных водотоках и морской воде побережья Баренцева моря.

Сроки работ, район и научный состав экспедиции. Экспедиционные работы проведены с 19 апреля по 18 мая 2007 г. Районы работ экспедиции представлены на рисунке. Научный состав – пять человек (начальник экспедиции канд. биол. наук М.В.Макаров).

Содержание выполненных работ. Проведен анализ состояния сообществ литорального и сублиторального макрофитобентоса в губах и заливах Кольского полуострова.

В кутовой части губ Ура и Печенга преобладают илисто-песчаные грунты, на которых произрастают однолетние бурые и зеленые нитчатые водоросли. В верхнем горизонте литорали на каменистых россыпях расположена ассоциация *Fucus vesiculosus*. Количество эпифитов незначительное. В средней части губы литораль валунная, покрыта зарослями фукоидов. Нижний этаж верхнего горизонта литорали занимает ассоциация *Fucus vesiculosus*, которую сменяет ассоциация *F.distichus* + *Palmaria palmata*. В нижнем горизонте, при наличии валунных грунтов, произрастают *F.serratus* + *Palmaria palmata* + *Chordaria flageliformis*. Биомасса фукусовых водорослей составляет 2,5–4,0 кг/м^2 на песчаных грунтах и 7,1–10,0 кг/м^2 на валунных.

На распределение и видовой состав ассоциаций водорослей в губе Териберская большое влияние оказывают река Териберка и ручей Корабельный, которые несут большое количество пресной воды и глины, а также расположенные вблизи губы при-



Расположение станций комплексной экспедиции по губам и заливам Кольского полуострова (19 апреля – 18 мая 2007 г.)

чалы и рыбоперерабатывающий завод.

Ведущими видами в верхнем и среднем горизонтах литорали являются фукоиды. На границе литорали и супралиторали произрастает *Pelvetia canaliculata*. В нижнем этаже среднего горизонта прослеживается пояс красных водорослей – *Halosaccion ramentaceum* и *Palmaria palmata*.

В распределении водорослей прослеживается поясность, ассоциации плавно переходят одна в другую. Нитчатые зеленые водоросли встречаются в небольших количествах. Многочисленны микроскопические эпи- и эндофиты. Биомасса водорослей составляет около 8 кг/м^2 (3,5–24,0 кг/м^2). В ассоциациях водорослей губы Териберской преобладают растения старших возрастных групп. Это указывает на присутствие в данном участке антропогенного воздействия, которое губительно действует в первую очередь на молодые растения.

Литораль губ Ярнышной и Дальнезеленецкой отличается значительной шириной (10–50 м) и состоит в основном из валунно-галечного субстрата, что, наряду с отсутствием антропогенного загрязнения, обеспечивает произрастание многих видов водорослей. Проективное покрытие составляет 80–100 %. В дополнение к обычным видам фукусовых встречается большое количество красных и зеленых водорослей.

Губы, расположенные к западу от Кольского залива, характеризуются меньшим видовым составом и биомассой водорослей по сравнению с губами Восточного Мурмана. Данный факт обусловлен как малым количеством подходящего для прикрепления водорослей субстрата, так и антропогенным загрязнением губ Западного Мурмана.

Состояние сообществ литорального зообентоса. В исследованных районах было отмечено присутствие 28 таксонов литоральных организмов. Наименьшее число видов (от 7 до 11) отмечено в опресненных устьевых участках рек и в районах, подверженных антропогенным изменениям. Оно несколько увеличивается (от 12 до 13) в более осолоненных районах, где пресноводный сток все же ощутим. Наибольшее число видов литорального зообентоса (18) отмечено в нижнем горизонте литоральной зоны вне влияния пресноводных стоков.

Наименьшая плотность поселения организмов отмечена на литорали, подвергшейся антропогенному воздействию в п. Лиинахамари (песчаная отсыпка причалов). Здесь она в среднем составляла 165,3 ± 34,9 экз./м^2. Наибольшая плотность поселения (17600 ± 1893,4 экз./м^2) наблюдалась в нижнем горизонте литорали в Ура-губе.

Распределение биомассы литорального зообентоса имеет некоторое сходство с распределением плотности поселения организмов в исследованных районах, однако существуют и определенные различия. Максимальное значение биомассы отмечено в губе Ура (2609 ±233,8 г/м^2).

Концентрация взвешенного вещества

Район	Дата	Концентрация, мг/л
Губа Ура	Март 1998	1,00
	Март 2007	0,79
Губа Печенга	Март 1998	0,30
	Март 2007	0,93
Ручей Ярнышный	Март 1998	0,22
	Апрель 1998	0,14
	Март 1999	0,12
	Апрель 1999	0,33
	Март 2007	0,63
Ручей Собачий	Март 1998	0,27
	Апрель 1998	0,13
	Март 1999	0,08
	Апрель 1999	0,53
	Март 2007	0,79
Река Зарубиха	Март 1998	0,39
	Апрель 1998	0,27
	Март 1999	0,36
	Апрель 1999	0,60
	Март 2007	0,72

Концентрация взвешенного вещества в пресных водотоках и морской воде побережья Баренцева моря. Сравнение концентрации взвешенного вещества в зоне распространения пресных вод (ручьи Ярнышный, Собачий, река Зарубиха) и в поверхностном слое морской воды в губах Печенга и Ура (см. таблицу) в разные годы показало:

1) в устье ручьев Ярнышный, Собачий и реки Зарубиха, в губе Печенга в период исследования концентрация взвешенного вещества была выше по сравнению с аналогичными месяцами в 1998–1999 гг., что можно связать с погодными условиями;

2) в губе Ура концентрация взвешенного вещества в разные годы меняется незначительно.

19. ЭКСПЕДИЦИЯ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ БИОЛОГИИ КАМЧАТСКОГО КРАБА

Основные участники и организаторы экспедиции: ММБИ КНЦ РАН

ЭКСПЕДИЦИЯ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ БИОЛОГИИ КАМЧАТСКОГО КРАБА В ГУБАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В 2007 г.

А.Г.ДВОРЕЦКИЙ, В.С.ЗЕНЗЕРОВ (ММБИ КНЦ РАН)

Цели и задачи экспедиции. Цель экспедиции – оценить состояние популяции камчатского краба в губах Баренцева моря. В связи с этим задача экспедиционных исследований – изучение популяционных характеристик камчатского краба в прибрежье Баренцева моря, особенностей питания, распределения и динамики его численности в губах Дальнезеленецкой и Ярнышной.

Район проведения экспедиционных работ в 2007 г.

Сроки работ, район и научный состав экспедиции. Экспедиция проведена со 2 августа по 3 сентября 2007 г. В губах Дальнезеленецкой и Ярнышной работы проводились с 4 по 19 августа, в Медвежьей – с 20 августа по 1 сентября. Основное место базирования экспедиционной группы – сезонная биостанция ММБИ в п. Дальние Зеленцы (Восточный Мурман). Научный состав – два человека (начальник экспедиции канд. биол. наук А.Г.Дворецкий). Работы проводились при участии сотрудников Института проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН (Москва).

Содержание выполненных работ. С 4 по 14 августа проведена водолазная съемка акватории губы Дальнезеленецкой с целью изучить структуру популяции и биологические особенности камчатского краба. Всего выполнено 16 водолазных разрезов. Исследованы глубины от 3 до 40 м.

В губе Ярнышной за период работ с 15 по 19 августа выполнено 10 водолазных разрезов на глубинах 5–35 м. Отобрано и проанализировано 13 крабов. В губе Медвежья за период работ с 20 августа по 1 сентября проведена водолазная крабовая съемка, здесь выполнено 11 разрезов на глубинах 5–35 м. Отобран и проанализирован 31 камчатский краб.

Параллельно с выполнением полевых гидробиологических сборов в ходе экспедиции выполнены экспериментальные исследования особенностей питания камчатского краба, включая определение суточного рациона питания его молоди. Отобрано 30 желудков крабов для дальнейшего изучения качественного и количественного состава пищи в лабораторных условиях. Проведены опыты по определению элективности питания краба. Собраны симбионты и его обрастатели.

Измерение клешни камчатского краба

В губе Дальнезеленецкой в ходе работ собрано и проанализировано 136 экземпляров краба (64 самца и 72 самки) с размерами 10,1–227,0 мм по ширине карапакса (ШК). Большая часть крабовых сборов была представлена неполовозрелыми особями с модальными размерами 30 мм ШК у самцов. Половозрелую часть уловов представили 4 самца с ШК 127,0–227,0 мм и 22 икряные самки с размерами 127,0–184,3 мм ШК.

В губе Ярнышной отобрано и проанализировано 13 крабов: 1 самец с ШК 9,8 мм и 12 самок с размерами 9,0–170 мм ШК. Среди самок преобладали половозрелые особи – 92 % их общего числа.

В губе Медвежьей отобран и проанализирован 31 краб (13 самцов и 18 самок) с шириной карапакса 9,2–168 мм. В уловах преобладали неполовозрелые крабы со средними размерами 30–40 мм по ШК (62 %). Половозрелые особи с ШК 111–170 мм составили 10 % всего улова.

Морфометрические показатели отловленных крабов, а также уровень травматизма конечностей камчатских крабов представлены в таблицах.

За период исследований уровень травматизма был довольно высок, особенно у половозрелых особей. Рассматривая ситуацию в целом, отметим, что наиболее высок уровень травматизма конечностей половозрелых крабов в губе Дальнезеленецкой, наименьший – в губе Ярнышной. Скорее всего, определенное влияние на рост уровня травматизма оказывает активный лов краба водолазами-любителями в губе Дальнезеленецкой.

Чтобы изучить симбиотические связи камчатского краба, за период работ осмотрено 145 особей, отобрано более 70 проб симбионтов и обрастателей. Среди симбионтов абсолютно преобладали амфиподы *Ischyrocerus commensalis*. Экстенсивность заселения крабов данным видом у крабов с ШК более

125 мм составляла 100 %. Большая часть особей локализована на конечностях. На ротовом аппарате краба преобладали крупные особи. Значительные количества амфипод и пустых домиков обнаружены в жабрах камчатских крабов – у всех особей с ШК более 130 мм. Также следует отметить более частую по сравнению с предыдущими годами встречаемость бокоплавов на кладках икры самок крабов.

Среди обрастателей встречались гидроиды (преобладающий вид *Obelia longissima*), мшанки, спирорбис *Circeis armoricana*, усоногий рак *Balanus crenatus*, а также двустворчатый моллюск *Mytilus edulis*. На крабах также наблюдали гастропод, амфипод *Caprella sp*., немертин, однако единичные находки данных животных свидетельствуют о том, что их локализация на крабе носит случайный характер.

Сравнивая полученные результаты с данными предыдущих исследований (2005–2006 гг.), отметим, что в губах Дальнезеленецкой и Ярнышной прослеживается тенденция пополнения популяции крабами с ШК 30–40 мм за счет линьки и роста особей предыдущих поколений. Видовой состав симбионтов и обрастателей краба, равно как и индексы заселенности хозяев массовыми видами, не претерпели значимых изменений.

Морфометрические показатели камчатских крабов в исследованных районах Баренцева моря в августе 2007 г.

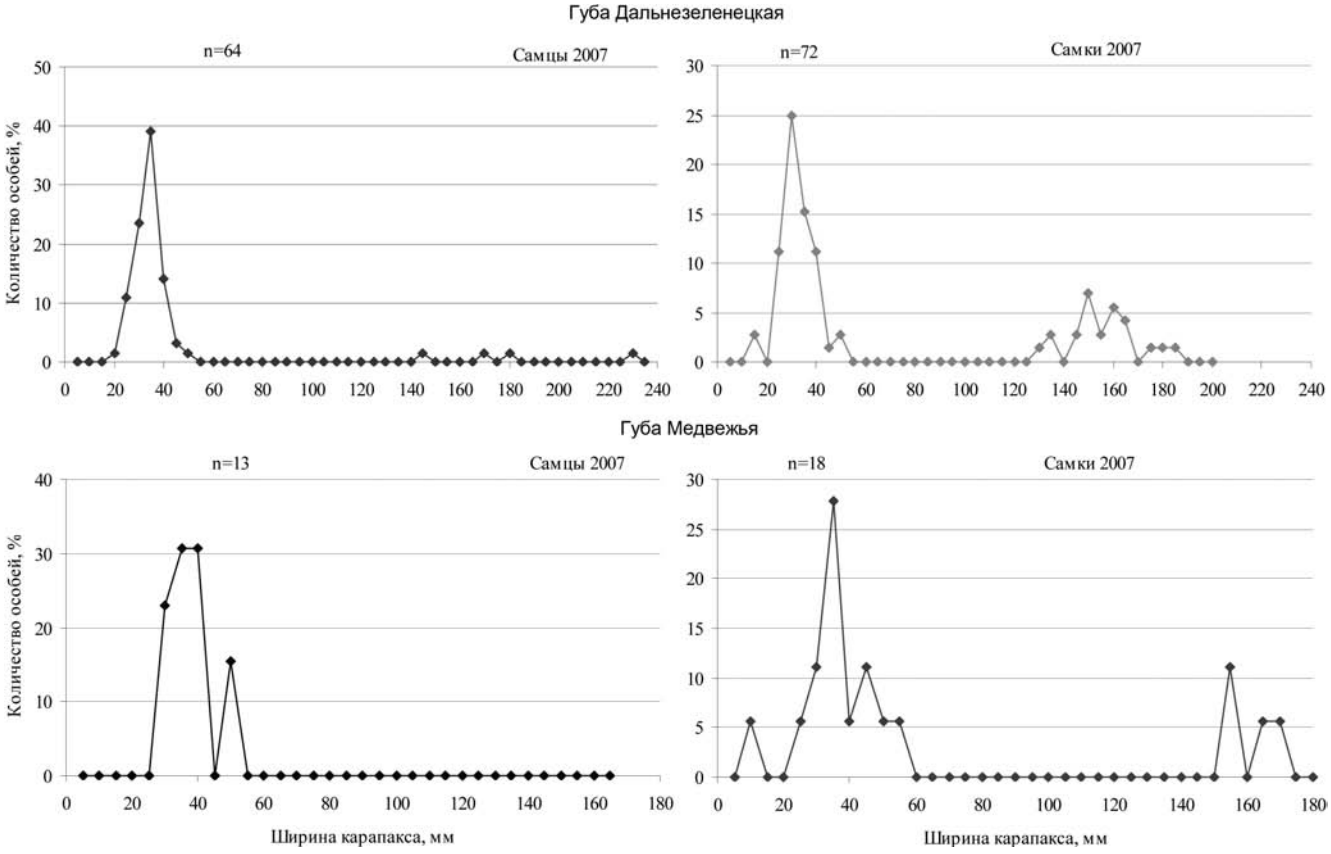
Район	Показатель	Самцы				Самки			
		Среднее	СКО	Мин.	Макс.	Среднее	СКО	Мин.	Макс.
1-й	ШК, мм	40,2	4,63	20,0	227,0	67,8	6,87	10,1	184,3
	ДК, мм	38,1	3,82	20,8	191,0	63,4	6,11	10,0	155,3
	Масса, г	209,2	100,50	5,0	4972,0	577,6	103,41	0,7	2532,0
2-й	ШК, мм	9,8	–	–	–	130,7	11,87	9,0	170,0
	ДК, мм	10,3	–	–	–	121,6	10,92	9,5	155,0
	Вес, г	0,69	–	–	–	1580,2	199,33	0,5	2767,0
3-й	ШК, мм	36,0	1,91	26,0	49,5	63,4	13,40	9,2	168,0
	ДК, мм	35,2	1,67	27,0	46,3	60,8	12,33	10,3	153,5
	Масса, г	29,8	3,87	12,0	59,0	563,6	241,98	0,7	2502,0

Примечание. ШК и ДК – ширина и длина карапакса соответственно.

Показатели травматизма конечностей камчатских крабов в августе 2007 г., %

Район	Самцы		Самки	
	Молодь	Половозрелые	Молодь	Половозрелые
1-й	43.3	75,0	36,0	95,5
2-й	0.0	–	0,0	45,5
3-й	30.8	–	61,5	50,0

В заключение подчеркнем, что в связи с начавшимся коммерческим промыслом краба изучение его биологии и динамики численности стало весьма актуальным. Поэтому необходимость в продолжении начатых с 2002 г. экспедиционных исследований в губах Дальнезеленецкой и Ярнышной не вызывает сомнений. Это особенно важно для прогнозирования численности и структуры популяции камчатского краба в прибрежье Баренцева моря.



Количественный состав водолазных уловов камчатских крабов в августе 2007 г.

20. ПРОГРАММА «РОССИЙСКО-АМЕРИКАНСКОЕ ДОЛГОВРЕМЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АРКТИКИ» («RUSALCA»)

Основные участники и организаторы экспедиции: ИО РАН, ТИГ РАН, ААНИИ, ДВНИИГМИ, Группа «Альянс», ГНИНГИ МО

ЭКСПЕДИЦИЯ «RUSALCA-2007»

В.Э.ГОЛАВСКИЙ (ААНИИ)

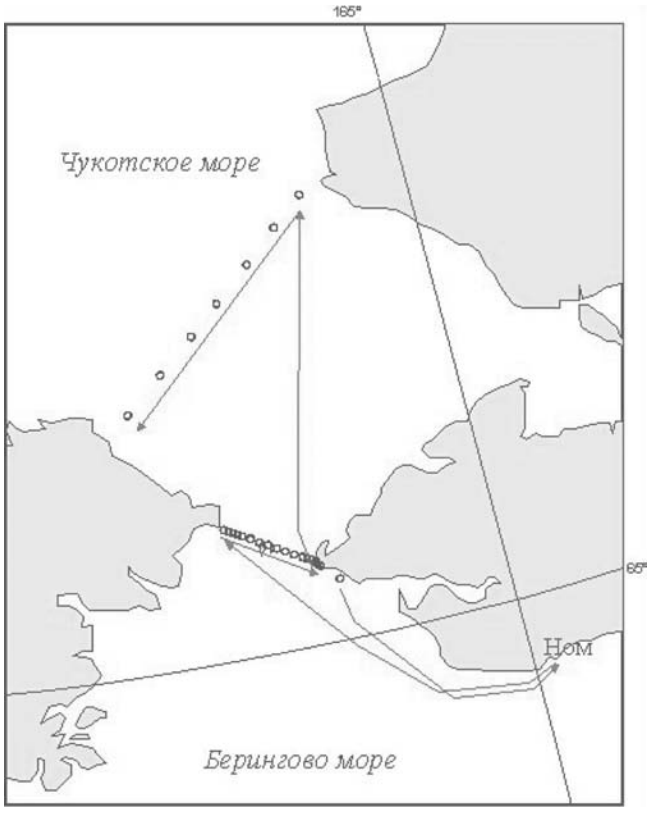
Для изучения Арктического бассейна важнейшими являются исследования в тех зонах, где происходит водообмен с Атлантическим (пролив Фрама) и Тихим (Берингов пролив) океанами. Характеристики и структура вод в этих районах, их сезонная и межгодовая изменчивость, особенности циркуляции через проливы во многом являются определяющими для понимания особенностей структуры вод и их циркуляции в Арктическом бассейне, арктических морях и, в конечном счете, влияют на климатическую систему северной полярной области в целом.

Совместная российско-американская долговременная программа по исследованию Арктики Joint Russian-American Long-term Census of the Arctic «RUSALCA» направлена на проведение продолжительного и детального мониторинга Берингова и Чукотского морей и Берингова пролива, соединяющего Тихий и Северный Ледовитый океаны. С этой целью с 2004 г. ежегодно в июле–сентябре проводятся экспедиционные исследования в Беринговом и Чукотском морях. В 2004 г. исследования выполнены на НИС «Профессор Хромов» ДВНИИГМИ, а в 2005–2007 гг. – на гидрографическом судне «Север» Гидрографической службы Тихоокеанского флота ВМФ. Организовали работу со стороны России группа «Альянс» (Москва) и Министерство обороны России (МО РФ), со стороны США – Национальное управление по океану и атмосфере Министерства торговли США (NOAA). Исследования направлены на получение комплексной информации о состоянии природной системы Берингова и Чукотского морей, изучение взаимодействия ее основных компонент и их влияния на формирование климата в северных полярных районах.

Экспедиция проведена с 22 августа по 13 сентября и продолжила исследования Берингова, Чукотского морей и Берингова пролива в рамках программы «RUSALCA». В ней участвовали семеро российских и четверо иностранных ученых и специалистов. Возглавил экспедицию сотрудник Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института (ГНИНГИ) МО РФ В.М.Смолин.

Океанологические работы выполняли представители ААНИИ и Гидрографической службы ТОФ (Россия), NOAA и Университета Аляски (США). Морские биологические работы выполняли сотрудники ЗИН РАН, геофизические – специалист Тихоокеанского океанологического института ДВО РАН.

Из Петропавловска-Камчатского судно вышло 22 августа и взяло курс на порт Ном (Аляска). Вечером 27 августа на причале судно встречали американские ученые. На следующий день совместными дружными усилиями российских и иностранных ученых и команды судна оборудование и приборы американской стороны были погружены на корабль. 29 августа судно вышло в район работ и в тот же день приступило к выполнению первого этапа



Маршрут ГС «Север» в районе выполнения экспедиционных работ «RUSALCA-2007»

Притопленная буйковая станция (ПБС) А1-3-07

экспедиционных работ: подъему и постановке притопленных буйковых станций (ПБС) с российской и американской аппаратурой в районе Берингова пролива.

ПБС с 2004 г. устанавливаются на один год, до следующей экспедиции. В ходе работ подняты три ПБС, установленные в 2006 г. в западной части Берингова пролива, в том числе две с российскими приборами – модифицированными измерителями гидрологических параметров АЦИТ-М. Эти измерители были специально подготовлены в ААНИИ, они позволяют в течение года ежечасно измерять температуру морской воды, ее соленость, скорость и направление течения, а также гидростатическое давление (глубину). Данные измерений записываются в памяти прибора, а после его подъема считываются при помощи компьютера и подвергаются дальнейшей обработке.

Вертикальное зондирование на океанографической станции

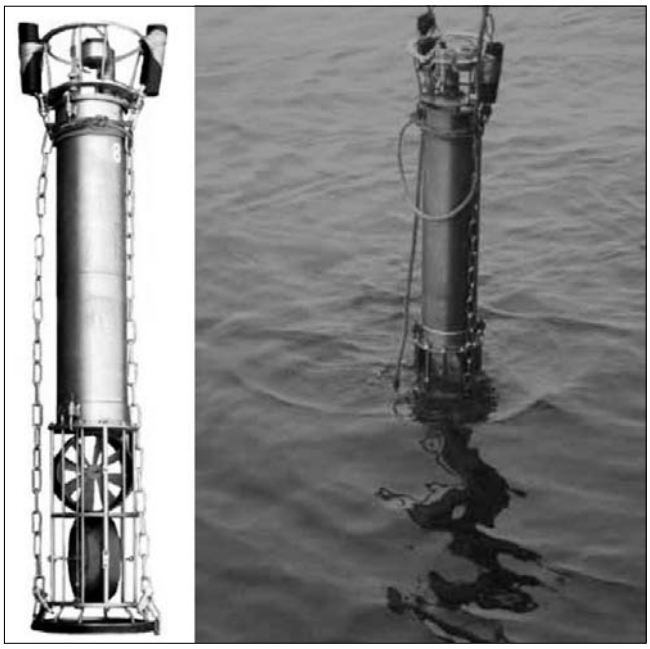
Взамен поднятых буйковых станций в западной части Берингова пролива в 2007 г. установлены три ПБС, в состав одной из них включен АЦИТ-М. Американская сторона оснастила ПБС акустическими измерителями течения RCM9 MKII, датчиками проводимости-температуры SBE 37-IM, SBE 37SMP MicroCAT и SBE 16plus SeaCat, датчиками флюоресценции хлорофилла «А» и мутности воды Wetlabs ECO FLNTU AFL или Wetstar FL, датчиком нитратов Satlantic's ISUS. Кроме того, во время экспедиции подняты и установлены еще пять американских АБС с аналогичным оборудованием в территориальных водах США.

На втором этапе экспедиции «RUSALCA-2007» выполнены океанографические и гидробиологические съемки на разрезах в Беринговом проливе (м. Дежнева–м. Принца Уэльского) и в Чукотском море (м. Хоп–м. Сердце-Камень).

Российские и американские ученые и специалисты, а также команда судна быстро нашли общий язык, работали дружно и слаженно, в результате чего программа исследований была выполнена полностью и в срок. В порту Ном 6 сентября американские коллеги попрощались с судном, а 13 сентября в Петропавловске-Камчатском его рейс был завершен.

Данные, полученные российскими и американскими учеными в экспедиции «RUSALCA-2007», продолжают многолетний ряд наблюдений в зоне Берингова пролива и прилегающих морей. Полученная информация позволит продолжить изучение океанографических и гидробиологических характеристик, их пространственной и временной (от часа до нескольких лет) изменчивости. Экспедиционные исследования по программе «RUSALCA» дают уникальный материал для изучения процессов, протекающих в зоне водообмена Тихого и Северного Ледовитого океанов. Проведение совместных работ позволяет российским и иностранным ученым обмениваться знаниями и повышает эффективность научных исследований. В 2008 г. планируется проведение следующей экспедиции по программе «RUSALCA» с расширенной программой исследований.

Гидрографическое судно «Север»



Измеритель гидрологических параметров модифицированный АЦИТ-М

21. КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН

Основные участники и организаторы экспедиции: ПГИ КНЦ РАН

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН

По материалам ПГИ КНЦ РАН

1. В экспедиции выполнялись следующие работы:

– исследование геофизических процессов в области дневного полярного каспа и на границе полярной шапки – авроральная зона;

– регистрация стимулированного радиоизлучения при нелинейном воздействии на высокоширотную ионосферу мощным КВ-излучением;

– регистрация пульсаций магнитного поля искусственного и естественного излучения в диапазоне 0,1–300,0 Гц, солнечных космических лучей;

– телевизионная регистрация полярных сияний, спектральные исследования свечения ночного неба;

– радиопросвечивание ионосферы;

– измерение фонового содержания приземного озона.

2. В ходе выполнения вышеуказанных работ получены следующие результаты:

– впервые зарегистрировано стимулированное излучение при нелинейном воздействии на высокоширотную ионосферу мощным КВ-излучением установки SPEAR, расположенной в п. Лонгиер арх. Шпицберген, КВ-интерферометром, установленными в обсерватории ПГИ КНЦ РАН (Баренцбург);

– впервые зарегистрировано электромагнитное поле КНЧ-диапазона искусственного источника, расположенного на Кольском п-ове, индукционными магнитометрами, установленным в обсерватории ПГИ КНЦ РАН;

– проводится радиопросвечивание ионосферы уникальной томографической установкой на арх. Шпицберген и на меридиане Шпицберген, Кольский п-ов, Карелия, Московская область;

– проводится регистрация солнечных космических лучей уникальным трехсекционным нейтронным монитором ПГИ КНЦ РАН, расположенным в Баренцбурге;

– проводятся стационарные наблюдения за магнитными и оптическими явлениями, исследуется поведение озона в районе арх.Шпицберген.

В 2008–2009 гг. будут продолжаться исследования атмосферы на арх. Шпицберген экспедицией ПГИ КНЦ РАН.

22. РАЗВИТИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ И ПРОВЕДЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН

Основные участники и организаторы экспедиции:
ААНИИ, Мурманское УГМС, НПИ (Норвегия)

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АППАРАТУРА ДЛЯ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ИСПЫТАНЫ НА о. ЩПИЦБЕРГЕН

С.Б.БАЛЯСНИКОВ (ААНИИ)

В начале марта 2007 г. со Шпицбергена в Санкт-Петербург вернулась экспедиция ААНИИ. В ряду научных проектов национальной программы МПГ 2007/08 важное значение имеет проект «Проблемы наблюдательной сети». Очевидно, что на воссоздание утраченных в последние годы станций и оборудования сети геофизических наблюдений в полярных районах России могут уйти долгие годы. В связи с этим геофизики ААНИИ ищут новые, малозатратные методы контроля за ионосферой.

Ионосфера высоких широт является ближним космосом. Результаты воздействия активных солнечных процессов на околоземное пространство в первую очередь проявляются в высокоширотной ионосфере, вызывая ее возмущения, а далее эти возмущения могут смещаться в экваториальном направлении. Изменение геофизического состояния плазмы ионосферы и ее неоднородностей, магнитных и электрических полей, высыпания высокоэнергичных заряженных частиц и т.д. существенно влияют на эффективность работы наземных радиотехнических систем и иногда являются причиной снижения работоспособности радиоэлектронного оборудования, установленного на борту космических аппаратов.

Чтобы обеспечить эффективную радиосвязь и радионавигацию в полярной ионосфере, нужны надежная диагностика среды, особенно ее неоднородностей, и заблаговременное ее прогнозирование. Для получения информации о пространственной структуре ионосферных возмущений, как правило, наблюдают за отраженными и рассеянными радиосигналами. Сотрудники ААНИИ разработали экспериментальную аппаратуру и методы дистанционной диагностики для наблюдения возмущений в ионосфере. Аппаратура специально разработана для условий экспедиции, поэтому главным ее достоинством является надежность и мобильность, возможность работы в сложных климатических условиях. Оборудование позволяет проводить оперативный спектральный анализ радиосигнала в широком диапазоне частот и представлять результаты эксперимента в удобной форме на персональном компьютере.

Общий вид высокоширотной геофизической обсерватории

В феврале 2007 г. группа ученых ААНИИ: Т.Д.Борисова (начальник экспедиции), В.А.Корниенко и А.С.Янжура – провела экспериментальные наблюдения возмущений в ионосфере на базе высокоширотной геофизической обсерватории (ВГО) Росгидромета на о. Щпицберген, расположенной в Баренцбурге на берегу Грен-фьорда. Сотрудники ВГО выполняют регулярные метеорологические, геофизические и другие виды наблюдений с оперативной передачей информации в прогностические центры России.

Ученые проверили состояние и готовность научного геофизического оборудования для работ в период МПГ. Используя разработанную для экспериментальных наблюдений аппаратуру, ученые ААНИИ выполнили серию уникальных наблюдений для изучения неоднородностей в полярной ионосфере Земли.

Одновременно за изменениями в ионосфере над Шпицбергеном наблюдали и в ААНИИ при помощи стационарного комплекса научно-исследовательской станции «Горьковская» вблизи Санкт-Петербурга, используя дистанционные методы диагностики. Получены интересные экспериментальные результаты, которые показывают правильность выбранных технических и методических решений.

Это позволит обосновать оптимальный состав мобильного оборудования для организации геофизического мониторинга на действующих и вновь открываемых полярных станциях.

23. ПРОВЕДЕНИЕ СОВМЕСТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ СТАНДАРТНЫХ РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ АКТИНОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ (ИНТЕРКАЛИБРАЦИЯ) НА БАЗЕ ЗГМО «БАРЕНЦБУРГ»

Основные участники и организаторы экспедиции:
ААНИИ, Мурманское УГМС, СПбГУ, НПИ (Норвегия)

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ АКТИНОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ МПГ 2007/08 НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН

Б.В.ИВАНОВ (ААНИИ)

Международная практика сравнения и совместного анализа исторических и текущих данных актинометрических наблюдений, полученных в различных странах, указывает на необходимость выполнения важной процедуры, связанной со сравнением показаний приборов, используемых, в частности, на российских и норвежских метеорологических станциях.

С начала регулярных российских актинометрических измерений на арх. Земля Франца-Иосифа (о. Хейса) и на арх. Шпицберген (пос. Баренцбург) и до настоящего времени (только арх. Шпицберген) наблюдательская программа базируется на использовании стандартных российских датчиков (пиранометр Янишевского–Савинова М-80 или М115-М). В настоящее время на базе научных станций ряда стран Европы, Америки и Азии (Норвегия, Германия, Италия, Великобритания, Франция, США, Япония, Южная Корея и Китай), компактно расположенных в норвежском поселке Ню-Алесун, все актинометрические измерения объединены в единую измерительную сеть в рамках международной программы «Large Scale Facility of Ny-Alesund». При этом регистрируются раздельно коротко- и длинноволновые составляющие радиационного баланса подстилающей поверхности.

Как правило, в перечисленных странах используются универсальные, единые средства измерений на базе датчиков «Epply» и «Kipp&Zonen». Представляется крайне целесообразным и необходимым включение российских наблюдений, выполняемых в Баренцбурге, в эту сеть. Предварительные переговоры с ответственными за эту программу представителями Норвежского полярного института (НПИ) и Норвежского метеорологического института (НМИ) выявили обоснованную заинтересованность ее исполнителей. Это выразилось в предложениях по включению российских наблюдений в эту сеть и проведении, в рамках этой программы, интеркалибрационных исследований с участием российских и норвежских приборов.

Площадка для сравнительных метеонаблюдений на ЗГМО «Баренцбург»

Техническая возможность проведения сравнительных измерений апробирована в мае 2002 г., когда на норвежской исследовательской станции «Sverdrup» в пос. Ню-Алесун были впервые установлены российские пиранометры параллельно с норвежскими. Предлагаемые исследования позволят получить репрезентативные данные для совместного анализа, выявить (в случае их присутствия) постоянные расхождения между российскими и зарубежными датчиками и учесть эти поправки при анализе исторических и современных данных, направленных на сравнительные исследования радиационного климата данного региона. В частности, в качестве базовых, наиболее репрезентативных и долговременных станций для сравнительных климатических исследований предлагается использовать актинометрические данные российской станции на о. Хейса (Земля Франца-Иосифа), ЗГМО «Баренцбург» (арх. Шпицберген) и норвежских станций в поселках Ню-Алесун, Лонгиербюен, Исфьорден Радио (арх. Шпицберген).

В заявке ААНИИ к программе МПГ «Исследование радиационных климатических факторов и метеорологического режима Западной Арктики на основе данных наблюдений на арх. Шпицберген (Баренцбург, Ню-Алесун), арх. Земля Франца-Иосифа (о. Хейса), о. Новая Земля (ст. Малые Кармакулы)» (№ 729 по классификации) предусмотрено «выполнение, в период МПГ, совместных серий измерений, полученных с помощью стандартных российских и норвежских актинометрических датчиков, оценка и анализ возможных расхождений». В результате проведения этих экспериментов планируется получить «количественные оценки возможных расхождений в показаниях стандартных российских и норвежских актинометрических датчиков», разработать

«методики и рекомендаций для сравнительных климатических анализов».

К сожалению, мы не располагаем точными историческими сведениями о времени начала и составе актинометрических наблюдений на ЗГМО «Баренцбург» во второй половине XX века. Станция сменила несколько позиций по мере развития и расширения поселка и его производственных структур.

С февраля 1984 г. по настоящее время на основании приказа Росгидромета за № 134 от 6 июня 1983 г. метео-актинометрическая площадка располагается в юго-восточной части поселка на одной из террас хребта Олафа, на высоте 73 м над уровнем моря. На станции осуществляется регистрация часовых сумм суммарной солнечной радиации с помощью интегратора Х-607, а с февраля 2006 г. и по настоящее время с помощью комплекса «Пеленг» (производства республики Беларусь).

В рамках комплексной экспедиции ААНИИ, которая выполняется на арх. Шпицберген с 2001 г., на ЗГМО «Баренцбург» впервые проводятся интеркалибрационные измерения, в которых участвуют российские и зарубежные стандартные актинометрические датчики (пиранометр М115-М и голландские датчики СМ6 и СМ11, фирмы «Kipp&Zonen»). Пиранометр СМ6 был любезно предоставлен сотрудниками ГГО им. А.А.Воейкова Л.В.Луцько и С.А.Соколенко, а СМ11 прибыл с норвежской станции «Sverdrup», принадлежащей НПИ. Также, для измерения альбедо, мы установили пиранометр М115-М в карданном подвесе (походный альбедометр) вблизи основной площадки станции. В качестве средства регистрации (СР) используется многоканальный аналого-цифровой преобразователь БЦА-8 (блок центральный актинометрический) конструкции ЦКБ ГМП, г. Обнинск (в настоящий момент НПО «Тайфун», разработчик В.А.Малышев). Данные, с дискретностью 10 с, накапливаются в режиме реального времени в персональном компьютере, установленном в лабораторном помещении ЗГМО. Ведется обработка и критический контроль поступающей информации. Большую помощь в непосредственном проведении интеркалибрационных измерений оказывают специалисты ЗГМО: начальник станции А.В.Грабленко и гидрометеоролог-наблюдатель С.В.Кашин. Подготовка и организация работ в рамках МПГ велась при постоянной поддержке руководства Мурманского УГМС в лице ее руководителя А.В.Семенова и его заместителя А.А.Давыдова.

Помимо норвежского пос. Ню-Алесун активные актинометрические исследования на архипелаге ведутся и на польской станции в заливе Хорнсунд (южная часть о. Западный Шпицберген). В апреле 2007 г. при помощи сотрудников экспедиции ИГ РАН туда доставлен российский пиранометр М-80 для проведения аналогичных сравнительных измерений датчиками типа «Kipp&Zonen», которые используют польские коллеги. Таким образом, при удачном стечении обстоятельств программа интеркалибрационных измерений, являющаяся составной частью международных активностей Росгидромета в период МПГ, будет значительно расширена.

Полагаем, что расширение комплекса стандартных актинометрических наблюдений на ЗГМО «Баренцбург» крайне необходимо. Это самая западная российская станция в Арктике. Она находится в одном из ключевых с точки зрения взаимодействия океана и атмосферы районов Западной Арктики – в проливе Фрама. Долговременные метеорологические наблюдения в этой точке позволяют объективно судить о прошлом и настоящем климата полярных широт. Расширение существующих наблюдений и корректный анализ (а часто и просто поиск) имеющихся исторических данных – ключ к пониманию сложных климатообразующих процессов, объективному анализу и разумной интерпретации процессов «глобального потепления» на планете в целом и в Арктике в частности.

О ПРОВЕДЕНИИ ИНТЕРКАЛИБРАЦИОННЫХ АКТИНОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН В АПРЕЛЕ 2008 г.

Б.В.ИВАНОВ (ААНИИ);
П.Н.СВЯЩЕННИКОВ (ААНИИ, СПбГУ);
С.В.КАШИН, А.В.СЕМЕНОВ (Мурманское УГМС);
К.-П.НИЛЬСЕН, Т.СВЕНЕ (Норвежский полярный институт, Тромсё, Норвегия)

Первая фаза проекта ААНИИ по программе МПГ 2007/08 «Исследование радиационных климатических факторов и метеорологического режима Западной Арктики на основе данных наблюдений на арх. Шпицберген (Баренцбург, Ню-Алесун), арх. Земля Франца-Иосифа (о. Хейса), о. Новая Земля (станция Малые Кармакулы)» была реализована в апреле–мае 2007 г. на базе ЗГМО Баренцбург, принадлежащей Мурманскому УГМС Росгидромета РФ. Предварительные результаты этих исследований уже опубликованы (см. Бюллетень МПГ 2007/08, 2007, № 4) и приняты к опубликованию в редакции научного журнала «Метеорология и гидрология».

Анализ результатов сравнения российского пиранометра М115М (конструкция Янишевского–Савинова) и голландского СМР-6 (конструкция фирмы «Kipp&Zonen») выявил, что расхождения

в показаниях приборов, при сравнении, например, среднечасовых значений, в среднем не превышают или сравнимы с собственными погрешностми приборов. В то же время детальный анализ измерений, в том числе и с более высоким разрешением по времени, выявил не объяснимые пока флуктуации коэффициентов в уравнениях линейной регрессии. Последние описывают связь между показаниями разнотипных датчиков при различном периоде осреднения. В частности, выявлено влияние облачности, высоты и азимута солнца на расхождения в показаниях использованных пиранометров. Отметим, что базовым пиранометром для измерения суммарной солнечной радиации на норвежской полярной станции Свердруп и метеорологических станциях других стран, компактно расположенных в норвежском поселке Ню-Алесун, является пиранометр CMP-11, которого не было в нашем распоряжении в 2007 г.

В начале 2008 г. в рамках МПГ 2007/08 по взаимной инициативе ААНИИ, Норвежского полярного института (НПИ) и Мурманского УГМС была разработана программа совместных актинометрических измерений на арх. Шпицберген в апреле 2008 г. Программа предусматривала проведение серий синхронных измерений стандартными российскими и норвежскими приборами на базе исследовательской станции НПИ в Ню-Алесуне (станция Свердруп) и метеостанции Мурманского УГМС в Баренцбурге (ЗГМО «Баренцбург»). При этом российские (ААНИИ, МУГМС) и норвежские (НПИ) специалисты устанавливают приборы и проводят измерения на обеих научных станциях, а в дальнейшем осуществляют совместный научный анализ полученных результатов.

Успешному проведению запланированных работ способствовало оперативное использование средств российских (ААНИИ–ФГУП «Трест Арктикуголь») и международных (ААНИИ–НПИ) проектов, а также финансовая поддержка по линии нового проекта НПИ – «Арктическое климатическое многообразие» (Arctic Climate Diversity – ARCDEV). В рамках этого проекта были приобретены современные средства измерений (пиранометры CMP-11) и регистрации (8-канальный аналого-цифровой преобразователь фирмы «Pico»), а также покрыта часть логистических расходов, связанная с доставкой и пребыванием в Ню-Алесуне специалистов ААНИИ.

Норвежская станция Свердруп, современная высокотехнологичная лаборатория, предназначена для широкого комплекса стандартных и специальных метеорологических и актинометрических наблюдений, измерений оптических параметров атмосферы, общего и приземного содержания озона. Это логистический центр исследований на Шпицбергене для многих научных, научно-прикладных и образовательных организаций Норвегии (НПИ, Норвежский метеорологический институт, Норвежский институт исследования атмосферы, Норвежский институт космических исследований, Бергенский геофизический институт, Управление энергетики и водных ресурсов, Университеты Тромсё, Трондхейма, Осло, Бергена и т.д.).

На крыше станции расположена так называемая радиационная исследовательская платформа, позволяющая устанавливать радиационные датчики любых типов и подсоединять их к главному компьютеру станции. Специалисты ААНИИ установили на ней на длительный срок (как минимум до 2009 г.) два стандартных пиранометра М-115М. При этом один из них, для непрерывного измерения рассеянной радиации, был установлен на специальную вращающуюся платформу «Tracker». (Аналогичных систем на сети актинометрических станций Росгидромета, к сожалению, не существует. На отечественной сети измерения рассеянной солнечной радиации производятся не чаще 6 раз в сутки, т.е. имеют дискретный характер.)

Второй пиранометр М-115М, для измерения суммарной солнечной радиации, был установлен на штатный стационарный (невращающийся) штатив, при этом А.В.Павлов и В.А.Клеванцова, специалисты отдела метрологии ГГО им. А.И.Воейкова, выполнили детальные оценки свойств стеклянного колпака этого пиранометра, определив поправки к его коэффициенту чувствительности, обусловленные изменением высоты солнца и его азимутом. Это позволит нам с более высокой точностью рассчитать суммарную солнечную радиацию, приходящую на горизонтальную поверхность, с учетом неоднородности толщины стекла головки пиранометра М115М.

Стандартные российский (справа) и голландский (слева) актинометрические датчики, участвующие в интеркалибрационной процедуре (ЗГМО «Баренцбург», апрель 2008 г., арх. Шпицберген)

Оба пиранометра были подключены к главному компьютеру станции и в настоящий момент производят измерения синхронно с пиранометрами СМР-11 фирмы «Kipp&Zonen», регистрирующими суммарную и рассеянную солнечную радиацию.

Конечно, российские приборы не сразу нашли «свои» места на радиационной платформе норвежской станции, поскольку имеют отличные от зарубежных аналогов размеры и типы крепления. Однако смекалка и изобретательность российских специалистов при самом тесном сотрудничестве с норвежскими коллегами позволили быстро преодолеть возникшие проблемы.

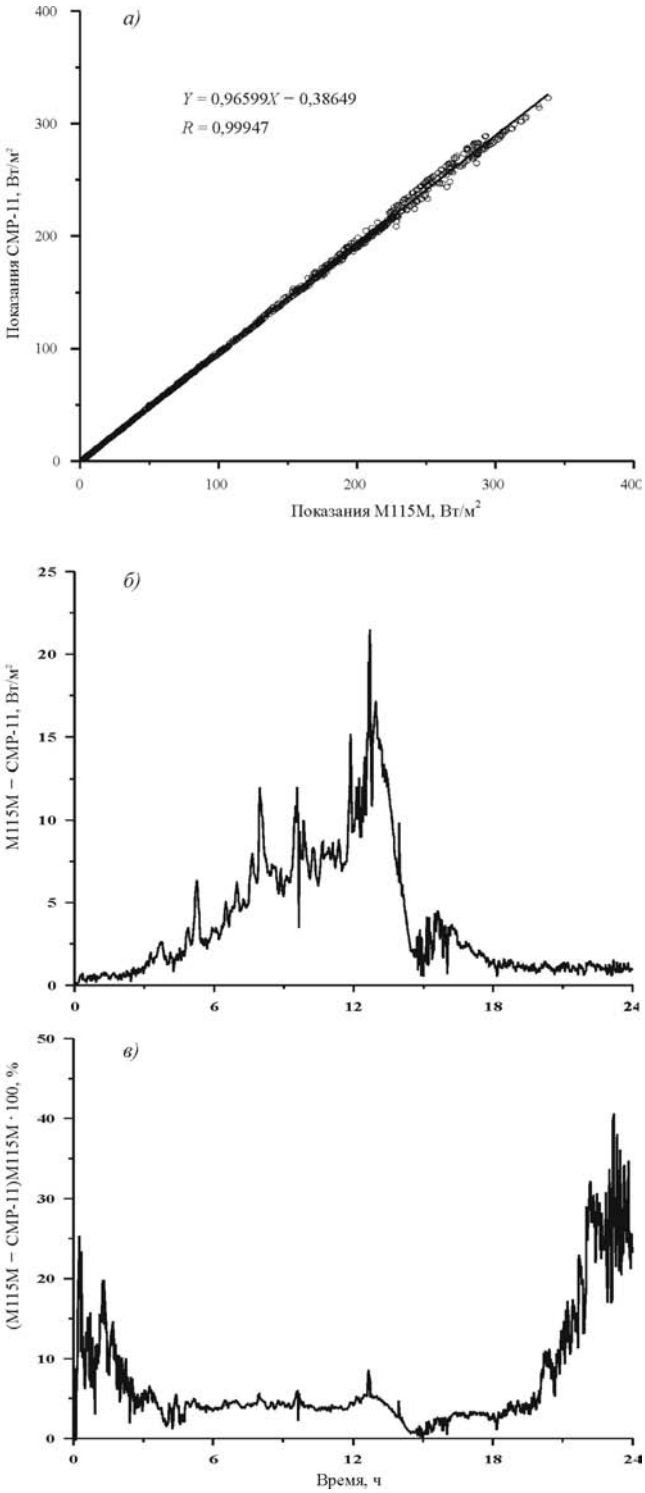
Итак, норвежская станция Свердруп впервые на длительное время «доукомплектована» стандартными российскими актинометрическими датчиками. Это обстоятельство позволит нам сравнить не только мгновенные или среднечасовые, но, что самое важное, и среднемесячные значения, а также месячные суммы. Именно последние фигурируют в большинстве современных метеорологических справочников, каталогов, архивов и банков данных, а также используются в климатических исследованиях.

В течение следующей недели российско-норвежская группа передислоцировалась на ЗГМО «Баренцбург», на крыше которой была организована временная «радиационная» платформа для проведения совместных измерений.

Большую помощь в подготовке измерений оказали сотрудники российской станции – и.о. начальника С.В.Кашин, старший метеоролог Т.И.Беляева и зав. лабораторией НПО «Тайфун» В.В.Малышев. Были установлены аналогичные по типу российские и голландские датчики (М115М, СМР-11), регистрация осуществлялась на аналого-цифровой преобразователь российского производства БЦИ-8 (блок центральный измерительный). Блок разработан и сконструирован в НПО «Тайфун» В.В.Малышевым по заказу ААНИИ. Необходимо отметить, что это уже вторая модификация этого прибора. Первый образец прошел успешные испытания не только на Шпицбергене (2007 г.), но и на антарктической станции Новолазаревская (2007/08 г.) и на дрейфующей станции СП-35 (2008 г.).

Данные регистрировались с дискретностью 5 с (в Ню-Алесуне дискретность была равна 1 с). БЦИ-8 был соединен с портативным компьютером ACER, что позволяло в режиме реального времени просматривать результаты, формировать файлы суточных данных с любой наперед заданной дискретностью, проводить первичный критический анализ данных и т.п.

Совместные измерения, выполненные на крыше здания ЗГМО, продемонстрировали принципиальную техническую возможность организации и проведения там специальных актинометрических измерений. Предварительные результаты, представленные на графике, подтверждают факт, что пиранометры конструкции Янишевского–Савинова, разработанные более 50 лет тому назад и использовавшиеся на всех советских и российских дрейфующих и полярных станциях, могут вполне достойно «конкурировать» с современными европейскими средствами измерений. Это также показывает, что существуют вполне реальные перспективы сравнения рядов различных ра-



Взаимосвязь показаний пиранометров различных типов (*а*), их абсолютные (*б*) и относительные различия (*в*)

диационных данных, в том числе процедуры заполнения пробелов и реконструкцию рядов, для проведения совместных исследований климата Арктики.

По-видимому, опыт наших норвежских коллег из НПИ следует применить и в Баренцбурге, проведя не столь затратное переоснащение крыши лабораторного корпуса ЗГМО. Иначе обстоит дело со стандартными актинометрическими измерениями, проводимыми на метеорологической площадке ЗГМО. С1985 г. они выполняются по программе станции II разряда, т.е. включают в себя измерения ежечасных сумм приходящей солнечной радиации, регистрируемые интегратором Х-607. С 2006 г. здесь эксплуатируется комплекс «Пеленг» производства Республики Беларусь. Головки пиранометров М80 (М-115М) и «Пеленг» установлены на актинометрическую стрелу АС-8.

В 2008 г. в связи с аномальной толщиной выпавшего снега (более 2 м) датчики были установлены на специально сконструированный деревянный штатив, который не позволяет регулярно контролировать горизонтальность приборов. На станции не ведется регистрация отраженной солнечной радиации, хотя принципиальных технических трудностей с организацией подобных измерений не существует. Безусловно, многие проблемы связаны с ограниченностью существующего штатного расписания станции. В то же время имеющиеся возможности отечественных (НПО «Тайфун») и ближнего зарубежья (например, Республики Беларусь) средств измерений и регистрации позволяют решить и эту проблему. Измерения альбедо в Баренцбурге позволят провести сравнительный анализ альбедо естественного покрытия тундры (Ню-Алесун) и тундры, подверженной ярко выраженному антропогенному влиянию.

Станция находится вблизи одного из ключевых с точки зрения взаимодействия океана и атмосферы районов Северного полушария – пролива Фрама. Это самая западная российская метеорологическая станция в Арктике, которая работала по программе II МПГ (1932–1933 гг.) и Международного геофизического года (1957–1958 гг.). В настоящий момент исследования на ней включены в программу III МПГ(2007–2009 гг.). В связи с этим ы полагаем, что расширение комплекса стандартных актинометрических наблюдений на ЗГМО «Баренцбург» является крайне необходимым.

24. КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН

Основные участники и организаторы экспедиции: ММБИ, КНЦ РАН

АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН

В.Ф.СТАРКОВ, В.Л.ДЕРЖАВИН
(Институт археологии РАН)

В 2007 г. на Шпицбергене начаты совместные международные археологические исследования, проводимые в рамках МПГ 2007/08. Выбор этого района в качестве основной арены для проведения такого рода работ не является случайным.

Во-первых, он больше всего насыщен историческими объектами, наиболее ранние из которых относятся к XVI столетию. В настоящее время на берегах Шпицбергена зафиксировано более 500 памятников, в число которых входят поселения, погребения, остатки судов и русские приметные кресты.

Во-вторых, эти памятники интернациональны по своему происхождению. Среди них имеются (преобладают) объекты русского, а также голландского, английского, датского, норвежского, шведского происхождения.

В-третьих, на поселениях XVII века часто содержится материал, связанный с деятельностью не только русских, но и западноевропейских охотников на морского зверя.

В-четвертых, в последние годы на Шпицбергене получило активное развитие новое направление археологических исследований: так называемая «индустриальная археология». Она связана с изучением памятников периода начала современной промышленной деятельности, т.е. с концом XIX – началом XX веков.

Все это определило большой интерес к истории освоения архипелага Шпицберген, где в настоящее время работают исследователи из многих стран мира: России, Голландии, Швеции, Норвегии, США, Великобритании.

Основным районом проведения совместных работ в рамках МПГ в 2007 г. стал залив Грёнфьорд, где расположен п. Баренцбург. Здесь проводила исследования международная экспедиция, один из отрядов которой собирал материалы по истории начала угледобычи, а второй проводил раскопки более древнего поселения Кокеринесет на западном берегу фьорда. В его состав входили археологии из России (Институт археологии РАН, руководитель В.Ф.Старков) и Голландии (Арктический центр Гронингенского университета, руководитель Л.Хаквеборд). Первые сведения об остатках этого поселения содержатся в записках норвежского геолога Б.М.Кейльхау (1831 г.), в 1900 г. о поселении упомянул шведский геофизик В.Карлхайм-Гюлленшельд, в 1912 г. это место посетила российская экспедиция В.А.Русанова. Упоминания об остатках поселения имеются в записках участника этой экспедиции Р.Л.Самойловича. В 1978 г. здесь побывала экспедиция Института археологии РАН, которая произвела его визуальные обследования.

Еще до начала раскопок на площади поселения выявлены его основные объекты: могильник (объект № 1), жилые сооружения (объекты № 2 и 3) и остатки судна (объект № 4). В 2006 г. в этом районе побывала голландско-шведская экспедиция, которая обнаружила здесь остатки жиротопной печи XVII века, оставленной английскими или голландскими китобоями. Раскопки 2007 г. затронули почти все упомянутые объекты, за исключением могильника и жиротопной печи.

Поселение Кокеринесет (аэрофотосъемка)

Особенно большие раскопки проведены на объекте № 3. Это крупный жилой массив, включавший в себя не менее шести жилищных сооружений, которые были поставлены вплотную друг к другу и обнесены с наружной стороны дренажным валом и рвом с выводом в сторону моря. Заложенные две траншеи длиной 20 м показали, что здесь действительно было не-

Раскопки русского жилища

сколько деревянных рубленых домов, поставленных вплотную друг к другу. Эти постройки относятся к верхнему, позднему горизонту памятника, который, судя по находкам керамической посуды, существовал в конце XIX века. Ниже этих сооружений залегает более ранний слой памятника, который, вероятно, относится к XVIII веку.

Объект № 2 – одиночное сооружение, также окруженное канавой, – связан с более поздним этапом освоения Шпицбергена – началом поисков каменноугольных сооружений в начале XX века.

Особый интерес представляло обследование предполагаемых остатков судна. На аэрофотоснимке отчетливо виден полный обвод корпуса поморского судна (так называемого «коча») с заостренным носом, раздутыми бортами и прямо срезанной транцевой кормой. Это первая находка такого рода. Длина судна составляла примерно 10 м, ширина в средней части – 6 м, ширина кормы 4 м. Заложенная траншея показала, что остатки самого судна здесь отсутствуют, а обвод его корпуса представлен в виде неглубокой канавы.

В 2008 г. раскопки памятника будут продолжены.

ВЛИЯНИЕ КОЛОНИЙ МОРСКИХ ПТИЦ НА ГЕОХИМИЮ ЛАНДШАФТОВ о. ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН

Т.М.КУДЕРИНА, Г.М.ТЕРТИЦКИЙ (Институт географии РАН)

Широкое распространение скалистых берегов в сочетании с Полярным морским фронтом, расположенным вдоль западного побережья острова, создает благоприятные условия для гнездования морских птиц. Их крупные колонии, расположенные на некотором удалении от береговой линии, создают уникальные орнитогенные ландшафты с хорошо развитой травянистой растительностью и принципиально иным почвообразованием. Эти ландшафты имеют уникальную биогенную составляющую, которая характеризуется привносом вещества из моря на сушу и впоследствии дифференцируется. Собирая корм на обширной акватории, морские птицы оставляют значительную часть экскрементов на ограниченной площади акватории или территории непосредственно под колонией, обогащая органическими веществами и минеральными солями экосистемы в этих районах.

Полевые исследования проводились на южном побережье Ис-фьорда (о. Западный Шпицберген). Проведена геохимическая характеристика двух типов ландшафтов – орнитогенные береговые ландшафты между побережьем и колонией толстоклювой кайры и моевки на скалах горного массива Фюглефьеллет в окрестностях брошенного поселка Грумант и тундровые ландшафты между Грумантом и бухтой Колсбей. Общая протяженность колонии 1200 м, а удаление от моря 300 м. Численность толстоклювой кайры около 24,5 тыс. особей, моевки – 21,2 тыс. особей. Расчеты А.Н.Головкина и Л.Е.Поздняковой (1966 г.), выполненные на основе данных об экскреторной деятельности кайр и моевок, показывают, что за время насиживания кладки и выкармливания птенцов общая масса произведенных экскрементов на территории колонии составляет более 87,5 т или около 2 кг/м^2 (в том числе 1,5 кг/м^2 нерастворимых веществ).

Растительность под колонией морских птиц (слева) и на фоновом участке (справа)

Для сравнительного анализа были выбраны два участка со сходной геологией и рельефом (южная экспозиция с высотой

над уровнем моря 190 м и крутизной склонов 40–50˚), на каждом из которых был заложен почвенный профиль.

Токсичность и биофильность химических элементов связана с геохимической систематикой, в которой поведение элементов в природных системах объясняется электронным строением атомов и их распространенностью.

Расчет кларков концентрации s-элементов глобального значения в почвах орнитогенного и фонового ландшафта показал, что наибольшее обогащение элементами характерно для почв под птичьими базарами. Особенно это заметно для биофильных элементов калия, кальция и стронция. Почвы фонового ландшафта с преобладанием механической и физико-химической форм миграции вещества содержат повышенные концентрации лития.

Кларки концентраций главных d-элементов невысоки. Однако содержание марганца в фоновых почвах выше, чем в почвах под колониями птиц. В карбонатной корочке орнитогенной почвы наблюдается повышение содержания цинка.

Среди редких элементов регионального и локального значения наблюдаются повышенные концентрации мышьяка, селена, брома и висмута, а также скандия, серебра и кадмия. Для радиоактивных элементов характерно незначительное повышение концентрации урана (КК = 1,5...1,8) в почвах под колониями морских птиц.

Таким образом, перенос и аккумуляция морскими птицами биогенного вещества из морских экосистем с высокой биомассой в наземные полярные экосистемы с низкой биомассой формируют уникальные орнитогенные ландшафты с повышенной биопродуктивностью и биоразнообразием на обогащенных почвах. При этом компоненты геохимических ландшафтов насыщаются нетипичными для Шпицбергена элементами – кальцием, стронцием и кадмием. Такое геохимическое своеобразие этих ландшафтов может служить индикатором их орнитогенного происхождения.

Дальнейшее изучение геохимии орнитогенных ландшафтов позволит определить основные черты функционирования этих уникальных «очагов жизни» в полярных условиях, а расширение географии исследований позволит выяснить региональную специфику геохимического потока орнитогенного происхождения.

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН

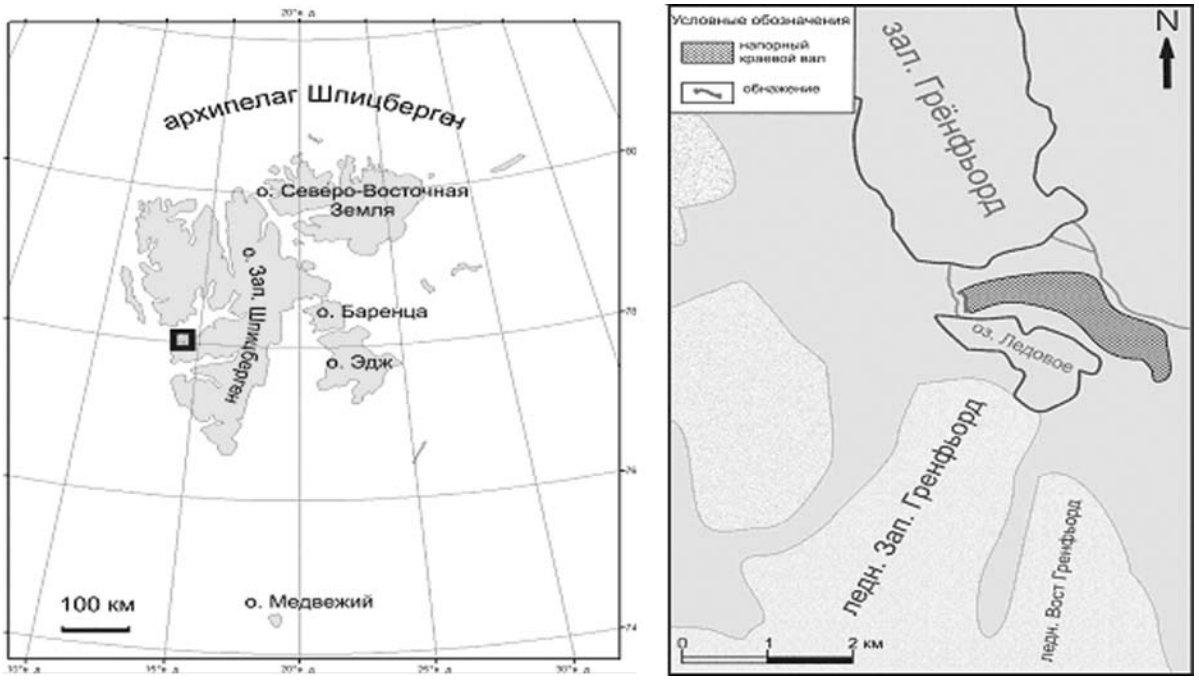
Г.А.ТАРАСОВ, Д.Г.ИШКУЛОВ (ММБИ КНЦ РАН)

Задачи экспедиции. Перед исследователями были поставлены следующие задачи:

1) изучение рельефа дна и донных отложений приледникового оз. Ледового, находящегося в кутовой части залива Грёнфьорд, у фронта ледников Западный и Восточный Грёнфьорд, и изучение потока осадочного вещества ледникового выноса;

2) геоморфологические исследования;

3) исследование бентосных организмов в верхней сублиторали залива Грёнфьорд;



Район исследований

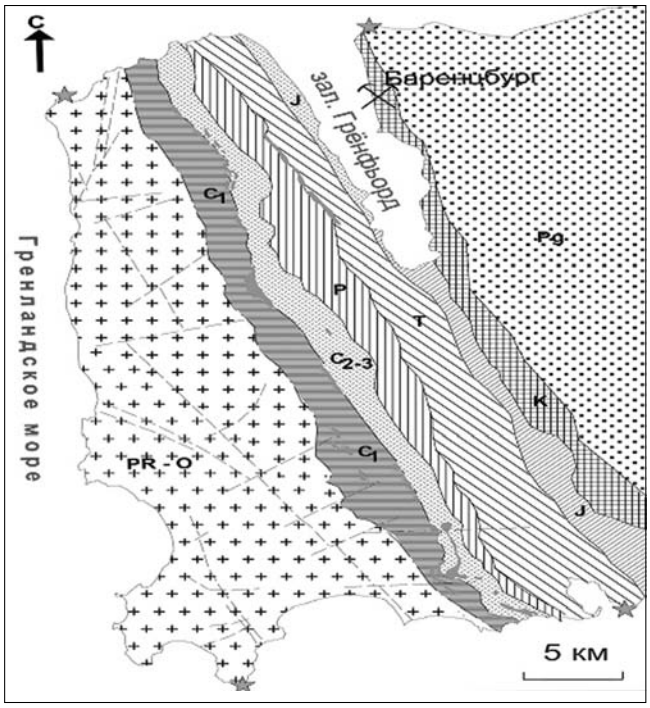


Схема геологического строения района залива Грёнфьорд

4) орнитологические наблюдения в окрестностях пунктов Баренцбург и Пирамида.

Сроки работ, район и научный состав экспедиции. Экспедиция 2007 г. проведена в несколько этапов:

– I этап – 14 мая – 2 июня,

– II этап – 4–24 июля,

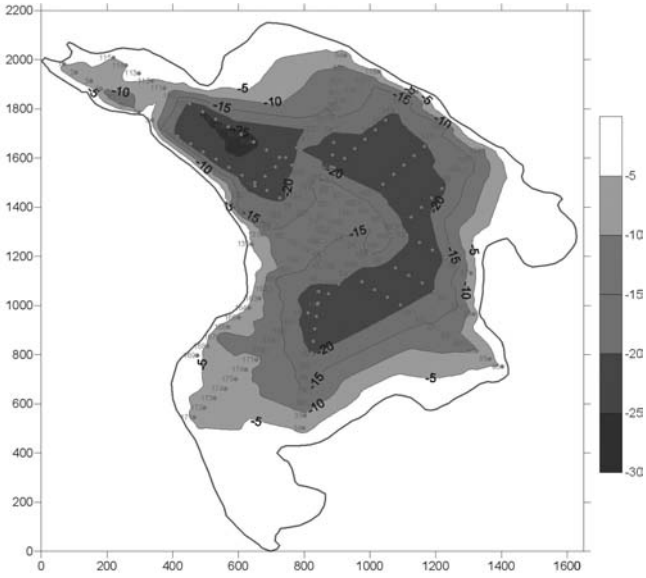
– III этап – 3–19 сентября.

Научный состав – семь человек (начальник экспедиции д-р геогр. наук Г.А.Тарасов).

Район исследований указан на рисунке.

Содержание выполненных работ. Изучение рельефа дна и донных отложений приледникового оз. Ледового, находящегося в кутовой части залива Грёнфьорд, у фронта ледников Западный и Восточный Грёнфьорд, и изучение потока осадочного вещества ледникового выноса.

С целью определить глубину озера с использованием мотобура на льду делались лунки. Глубина



Батиметрическая схема оз. Ледового

водного слоя озера измерялась при помощи проградуированного ручного лота. Помимо глубины в каждой точке измерялась мощность озерного льда и толщина снега. Всего глубина измерена в 200 точках. По результатам работ построена батиметрическая карта оз. Ледового.

Продолжено изучение потока осадочного вещества ледниковой разгрузки и скоростей осадконакопления в Грёнфьорде при помощи установленных в двух местах седиментологических ловушек. Их конструкции состоят из груза, нижней и верхней ловушек и самовсплывающего буя. Нижняя ловушка находится в 25 м от дна, верхняя – в 25 м от поверхности.

Первая станция (Lov 1, 78° 02' с.ш., 14° 09' в.д.) расположена севернее м. Финнесет в самой глубокой части залива на глубине около 150 м. Вторая станция (Lov 2, 77° 59' с.ш., 14° 14' в.д.) находится на глубине около 90 м напротив устья р. Альдегонды.

При этом ставились следующие задачи:

– получение количественной оценки осадочного терригенного материала посезонно,

Места установки седиментологических ловушек в заливе Грёнфьорд

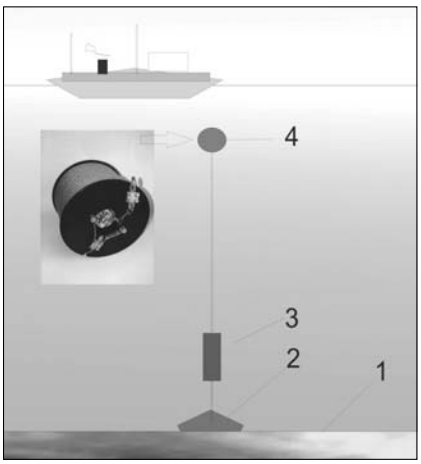


Схема установки седиментологических ловушек:
1– дно, 2 – груз, 3 – ловушка,
4 – самовсплывающий буй

– определение дальности переноса ледниковой взвеси,

– определение скорости седиментации водно-ледниковых и ледниково-морских отложений.

Так, летом, в период активного таяния ледников, в заливе Грёнфьорд (приустьевой зоне р. Грёндален) на дне аккумулируется в сутки до 605 г/м^2 осадочного минерального вещества. Здесь же, по данным ловушки, простоявшей в течение года, количество осадочного материала составляет порядка 90 г/м^2 в сутки. При этом основной объем осадочного минерального вещества выносится и оседает в течение трех летних месяцев (с июня по август), а в феврале–марте отмечается практически нулевая седиментация.

В продольном профиле залива количество поступаемого материала убывает с удалением от верховья залива. Например, в осевой глубоководной зоне залива в районе ледника Альдегонда летом в сутки оседает на дно порядка 24 г/м^2, а с удалением на 2 км на выход от залива, несколько севернее м. Финнесет, – 14,3 г/м^2 минерального вещества.

Геоморфологические исследования. Основной задачей геоморфологических исследований было изучение морфологии, морфометрии, строения аллювиальных конусов выносов (дельт) залива Грёнфьорд, которые представляют собой мысы, вдающиеся в море.

Наряду с решением основной задачи, проводилось картирование и описание берега Грёнфьорда. Кроме того, были совершены маршруты в долины Конгресс и Стемме, а также продолжено изучение рельефа краевых зон ледников Альдегонда и Грёнфьорд. В бухте перед краевой зоной ледника Альдегонда в прибрежной зоне залива с помощью эхолота были произведены промеры глубин для установления подводной конечной морены ледника.

Все эти работы нацелены на восстановление истории развития рельефа в районе залива Грёнфьорд в позднем плейстоцене голоцене.

Работы по бентосу и орнитологии. В сублиторальной зоне залива Грёнфьорд отобрано 50 проб бентоса. Отмытые пробы доставлены в Мурманск для дальнейших лабораторных исследований (распределение, видовой состав организмов, биомасса и другие характеристики).

Бурение озерной депрессии со льда

Фрагмент керна

Исследована многолетняя динамика численности морских млекопитающих и птиц Шпицбергена с целью получить данные о современном состоянии фенологии, миграции и гнездования, показателях обилия видов, определить средний размер кладки, выводка, а также ряд данных по отлову и измерению птиц.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЗАЛИВЕ ГРЁНФЬОРД (о. ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН) В РАМКАХ ЭКСПЕДИЦИИ А-162-Ш В 2006–2007 гг.

С.М.ПРЯМИКОВ, О.Ф.ГОЛОВАНОВ, М.В.ТРЕТЬЯКОВ (ААНИИ);
Ф.НИЛЬСЕН (Университетский центр Шпицбергена)

Состояние климатической системы и природной среды Арктики находится под влиянием существенных аномалий климатообразующих процессов. В последние годы отмечается аномальное повышение температуры атлантических вод, поступающих в Северный Ледовитый океан, которое в отдельных районах значительно превысило средние значения за весь исторический период наблюдений, насчитывающий почти 150 лет.

Чтобы получить оценки климатических изменений и реакций на них окружающей среды Арктики, необходимые для последующей разработки рекомендаций по рациональному природопользованию, своевременного прогноза и предупреждения

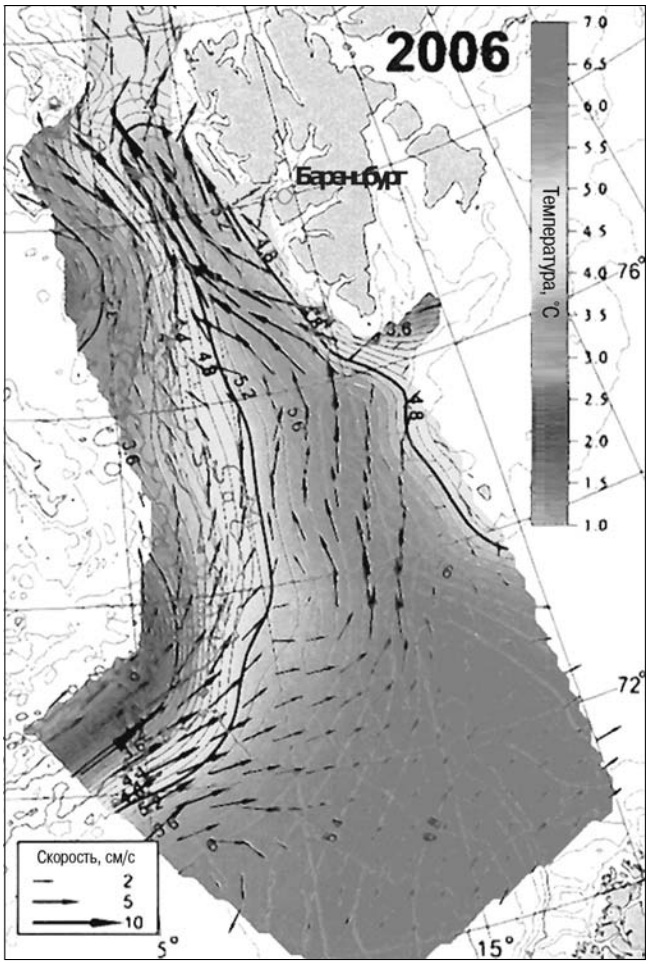


Рис.1. Схема циркуляции и максимальная температура вод в регионе архипелага Шпицберген [*Walczowski W., Piechura J.*, 2007]

или минимизации нежелательных последствий, требуется проведение на постоянной основе комплексных морских исследований. При этом, чтобы минимизировать затраты, целесообразно найти репрезентативные точки наблюдений вблизи научных станций с развитой инфраструктурой.

Как показывают имеющиеся данные, залив Грёнфьорд (о. Западный Шпицберген) является удобным и достаточно репрезентативным районом для проведения комплексных наблюдений, позволяющих получить оценки масштаба и влияния климатических изменений на состояние природной среды, как следствие, на условия хозяйственной деятельности. Комплексные океанографические исследования в заливе Грёнфьорд, возобновленные ААНИИ в 2006 г. [*Третьяков М.В. и др.*, 2007], направлены на решение следующих основных задач:

– оценка возможности получения репрезентативного сигнала об изменчивости Западно-Шпицбергенского течения (WSC) (рис. 1) как индикатора изменчивости поступления тепла в Северный Ледовитый океан на базе анализа вариации затока атлантических вод в залив Грёнфьорд;

– изучение изменчивости океанографических полей в районе архипелага Шпицберген как части природной системы атмосфера–криосфера–гидросфера–биосфера в условиях быстрого изменения климата Арктики;

– оценка роли водных масс атлантического происхождения в формировании пресноводного баланса Грёнфьорда.

Залив Грёнфьорд расположен в западной части архипелага Шпицберген между 77,96 и 78,11° с.ш. и 13,95 и 14,32° в.д. Залив ориентирован с юга на север и имеет протяженность около 16,5 км. Ширина изменяется от 1,8 (в кутовой части) до 5,4 км на границе с Исфьордом. Площадь акватории составляет около 47 км^2. Рельеф дна залива имеет правильную корытообразную форму с уклоном в сторону открытой границы. Глубины изменяются от 50 (в кутовой части) до 170 м на выходе из фьорда. В залив впадают несколько рек и ручьев. Наиболее крупные реки на водосборе Грёнфьорда – Грён, Грёнфьорд, Брефьерна, Альдегонда, Брюде и Конгресс. Эти реки в период максимального стока выносят в залив большое количество обломочного материала [*Соловьянова И.Ю.*, *Третьяков М.В.*, 2004]. Суммарный расход воды этих рек может достигать 30 м^3/с.

Далее приведены основные результаты выполненных ААНИИ в 2006–2007 гг. экспедиционных исследований состояния вод залива Грёнфьорд по океанографическим, гидрохимическим и гидробиологическим показателям. При этом часть работ проведена в сотрудничестве с Норвежским полярным институтом (NPI) и Университетским центром Шпицбергена (UNIS) в рамках проекта МПГ «Исследование текущего состояния климатической системы Щпицбергена».

Зондирование водной толщи залива Грёнфьорд производилось как с борта норвежских НИС «Лансе» и «Хакон Мосби» (рис. 2), так и с российского катера при помощи мини-STD-зонда.

Измерения температуры и солености в заливе Грёнфьорд летом 2006 и 2007 гг. проводились по семи поперечным разрезам. Центральные точки поперечных разрезов и станция в вершине залива образуют продольный разрез. Расположение станций показано на рис. 3 и соответствует расположению стандартной сети гидрологических станций, выполненных зональной гидрометеорологической обсерваторией «Баренцбург» (ЗГМО) в 1980-х гг. В районах впадения во фьорд рек Альдегонда и Грён выполнялись дополнительные наблюдения с зондированием до дна, а также с зондированием только верхнего слоя.

В 2007 г. впервые в истории исследований Грёнфьорда в центральной его части на траверзе мыса Финнесет была установлена автономная буйковая станция АБС-1 (точка Fin2 на рис. 3). Первая постановка ее была осуществлена 18–25 июля. STD-зонд закреплялся на горизонте 106 м (при глубине места 143 м). Дискретность

Рис. 2. НИС «Хакон Мосби».
Наблюдение за вертикальным распределением температуры и солености в заливе 6 сентября 2007 г.

измерений задавалась равной 10 мин. Вторая постановка АБС-2 была выполнена 26 июля – 7 сентября с дискретностью измерений 30 мин с зондом на горизонте 120 м.

В 2006 и 2007 гг. проводился следующий комплекс гидрохимических наблюдений в заливе Грёнфьорд:

– анализ первого дня на определение температуры, pH, удельной электрической проводимости и содержания растворенного кислорода;

– отбор проб морской воды на определение некоторых биогенных элементов (концентраций фосфора реакционно-способного, фосфатов, кремния, нитратов, нитритов, аммония);

– отбор проб морской воды для определения качественных и количественных показателей развития бактерио-, фито- и зоопланктона.

Океанологические съемки залива Грёнфьорд относятся к различным фазам его гидрологического режима и выполнялись как в период максимального, так и в период пониженного речного стока. Данные, полученные NPI с судна «Лансе» в 2006 г., дают сведения о термохалинной структуре вод залива Грёнфьорд в самом начале летнего прогрева. Результаты работ в период экспедиции ААНИИ освещают переход от фазы летнего прогрева с максимальным влиянием речного стока к фазе осеннего выхолаживания с уменьшенным речным стоком. В начале осени 2007 г. работы в заливе Грёнфьорд проводились также с борта норвежского НИС «Хакон Мосби».

На рис. 4 представлено вертикальное распределение температуры и солености в течение летних сезонов 2006 и 2007 гг. в центральной части залива Грёнфьорд.

Зондирование водной толщи залива Грёнфьорд в период 30 июля – 6 августа 2006 г. проводилось при значительном речном стоке, обусловленном интенсивным таянием снежного покрова и ледников, и показало, что температура воды изменяется от 1 до 7 °С, а соленость – от 0 до 34,88 ‰. Минимальные значения температуры и солености соответствуют характеристикам речных вод, поступающих с водосборов суши. При попадании в залив речная вода достаточно быстро смешивается с морской и не проявляет свойств пресной воды уже на расстоянии нескольких метров от места впадения. Дальнейшее, до 100 м от места впадения реки, распространение смешанных вод происходит в тонком поверхностном слое толщиной около 30 см. Лишь на расстоянии 400–500 м поверхностный и однородный по температуре и солености слой становится толще 0,5 м. Такая картина характерна для условий, близких к штилевым. Но под динамическим воздействием ветра распресненный поверхностный слой значительно более активно перемешивается с нижележащими слоями и формируется характерная вертикальная термохалинная структура (рис. 5). Распределение температуры и солености во время съемки 30 июля – 6 августа (рис. 5 *а*, *б*)

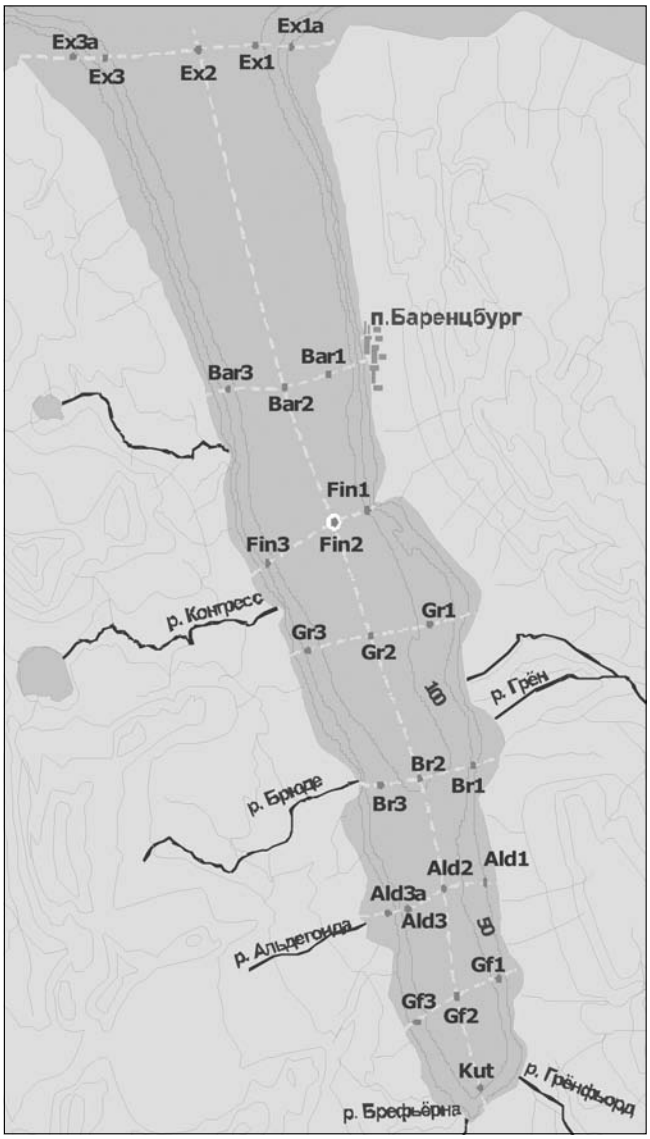


Рис. 3. Расположение океанологических станций и разрезов в заливе Грёнфьорд

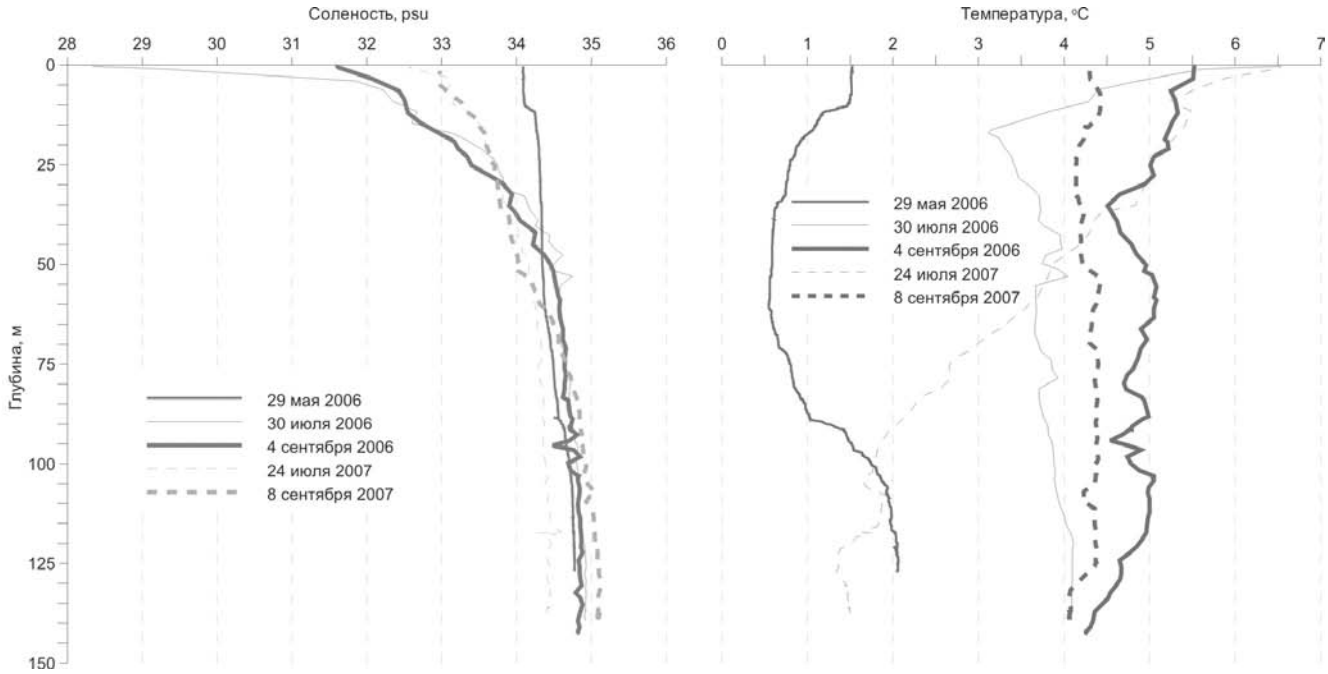


Рис. 4. Вертикальное распределение температуры и солености в течение летних сезонов 2006 и 2007 гг. в центральной части залива Грёнфьорд

показало наличие в верхнем слое поверхностной водной массы (SW) с соленостью менее 30 ‰, температурой более 5 °С и толщиной 2–3 м в южной кутовой части фьорда, где сосредоточен речной сток. В северной части на выходе из фьорда галоклин заглубляется до 10–15 м. Глубже расположены относительно холодные воды с минимальной температурой 3,25 °С и соленостью в диапазоне 32–34 ‰. Основной объем фьорда от горизонта 40 м до дна занимают чуть более теплые промежуточные воды (IW) с соленостью 34,0–34,7 ‰ [*Svendsen et al.*, 2002]. В средней, а также в кутовой части залива у самого дна присутствуют отдельные пятна с характеристиками трансформированной атлантической воды (TAW).

Съемка 2–4 сентября проходила в условиях заметного уменьшения речного стока. При этом за несколько суток до съемки и во время самой съемки стояла слабоветренная, практически штилевая погода. Температура воды по всей акватории залива Грёнфьорд на этот момент менялась от 2,49 до 5,77 °С, а соленость – от 28,1 до 35,25 ‰. Поверхностная вода с соленостью ниже 30 ‰ наблюдалась только на одной станции у западного берега залива южнее впадения р. Грён (станция Br1, см. рис. 3).

По данным съемки 2–4 сентября, в вертикальном распределении температуры по сравнению с предыдущими съемками произошли изменения. Исчезла относительно холодная прослойка между горизонтами 15 и 40 м. Поверхностная температура воды из-за ослабления потоков тепла из атмосферы уменьшилась, ее максимальное значение было на 1 °С меньше максимального значения при съемке 22 августа, но при этом температура всей водной толщи возросла в среднем на 0,2 ° С. У дна мощным слоем начиная с горизонта 100 м присутствовала трансформированная атлантическая водная масса (TAW). Поперечный разрез на выходе из фьорда показал наличие интрузии холодной промежуточной воды с соленостью 34,3–34,5 ‰ и с минимальной температурой 2,49 °С на горизонте 90 м у восточного борта фьорда. Дальнейшее распространение этой интрузии в глубь фьорда не наблюдалось.

Зондирование водной толщи залива Грёнфьорд в июле 2007 г. показало, что основной объем занимали промежуточные воды (IW) с температурой более 1 °С и соленостью 34,0–34,7 ‰ (рис. 4). Выше промежуточной воды располагались поверхностные воды (SW) – более прогретые и менее соленые из-за активного речного стока. Граница между ними в момент первой съемки находилась в среднем на горизонте около 20 м. Во время второй съемки (через 10 сут) граница опустилась ниже горизонта 50 м. При этом по всей длине залива структура водной массы оставалась практически постоянной (рис. 5 *ж, з*). Наибольшая пространственная изменчивость структуры наблюдалась в самом верхнем 10-метровом слое и объясняется исключительно неравномерностью притока речных вод по длине залива. В поперечном разрезе неоднородность в структуре водной массы была несколько больше. У западного берега граница между поверхностными (SW) и промежуточными (IW) водами находилась до 20 м ниже, чем у восточного берега. Такой характер пространственной неоднородности был хорошо проявлен внутри залива и менее выражен на выходе из залива.

В начале сентября 2007 г. температура всей водной толщи увеличилась в среднем до 4,4 °С, вместе с этим произошло и увеличение солености. Поверхностные воды находились под слабым влиянием существенно сократившегося речного стока. Промежуточная водная масса (IW) занимала слой между горизонтами 60 и 80 м, под ними находились трансформированные атлантические воды (TAW), с горизонта 100 м и до дна залив занимала атлантическая водная масса (AW).

Таким образом, в течение летнего сезона для всей акватории залива было характерно наличие изменчивости термохалинных характеристик воды в поверхностном слое, находящейся под влиянием меняющегося речного стока, на фоне смены холодных водных масс на более теплые. При этом местные воды (LW), характерные для начала лета, сменялись промежуточными (IW) и трансформированными атлантическими водами (TAW). Последние к концу лета в придонных горизонтах могли быть заменены атлантическими водами (AW).

Сравнение с данными съемок, выполненных ММБИ в летний период 2001 и 2002 гг., показывает увеличение средней температуры воды во фьорде как минимум на 1 °С [*Моисеев Д.В.*, *Ионов В.В.*, 2006], что говорит об усиливающемся поступлении во фьорд вод атлантического происхождения, переносимых WSC.

Спектральный анализ данных АБС-1 и АБС-2, установленных в целом на период с 26 июля по 7 сентября 2007 г. (рис. 6 *а*), показал, что колебания глубины погружения прибора (связанные с приливом) соответствуют полусуточному приливу.

В оценках спектральной плотности колебаний температуры воды все пики слабо выражены. Наиболее выделяется пик, соответствующий суточной изменчивости. Кроме того, отмечаются пики на периодах 114 и 171 ч (примерно 7 сут). В оценках спектров колебаний солености и плотности воды отмечены слабовыраженные пики, близкие к суточной периодичности колебаний. Более ярко выражены пики на колебаниях 35 и 73 ч (примерно 3 сут). Максимальный пик приходится на период 147 ч (чуть более 6 сут).

Таким образом, при ярко выраженных полусуточных приливах в придонном горизонте (отметка 0,8*H*), на котором на АБС был установлен зонд, отмечена также слабая суточная изменчивость

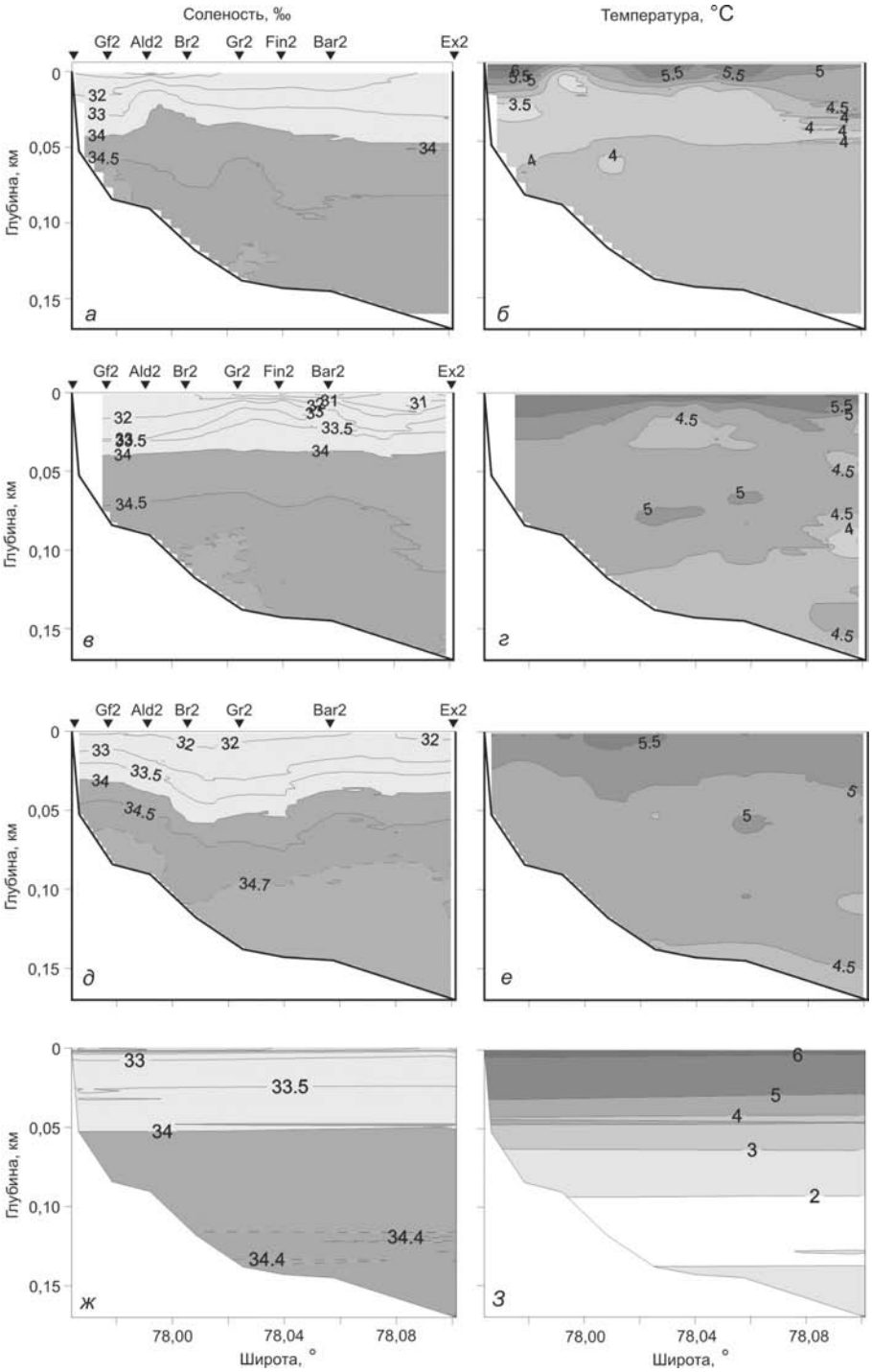


Рис. 5. Распределение температуры и солености воды на продольном разрезе в заливе Грёнфьорд
а и б – 30 июля–6 августа 2006 г., в и г – 22 августа 2006 г., д и е – 2–4 сентября 2006 г.,
ж и з – 24–25 августа 2007 г.

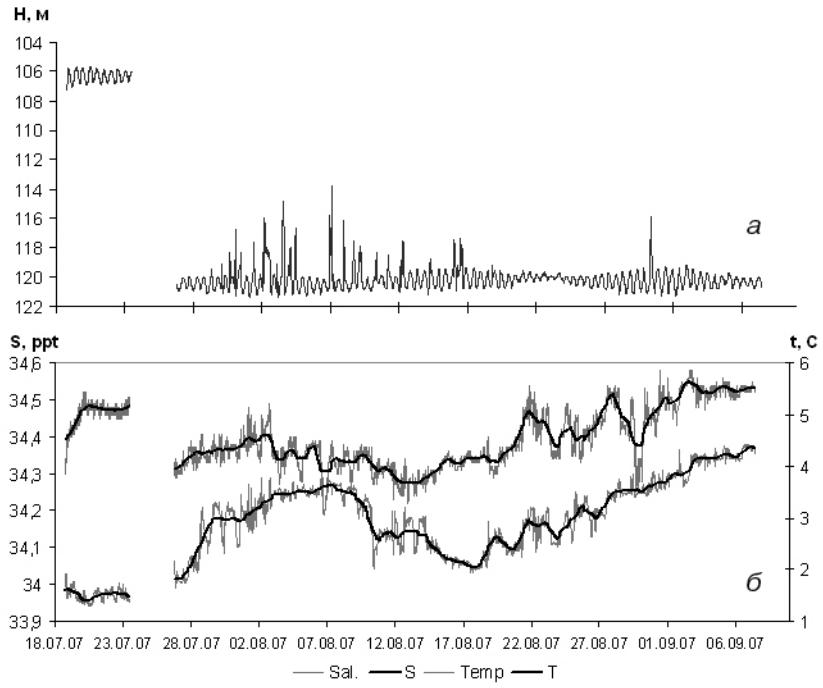


Рис. 6. Изменение температуры и солености по данным АБС-1 и АБС-2 (черная толстая линия – сглаженный ход при 25-часовом осреднении)

термохалинных свойств воды. При этом соленость имеет изменчивость с периодом 6 сут, которая находит отклик в изменчивости плотности. Эти колебания происходят на фоне повышающихся значений температуры и солености воды, что связано с затоком в Грёнфьорд более теплых и соленых вод атлантического происхождения. Изменения температуры отстают по фазе от изменений солености на 4 сут (рис. 6 *б*).

Возможная причина этого феномена – эффект дифференциальной (двойной) диффузии в результате меандрирования WSC. То есть часть водной массы 4 сут назад была отделена от в какой-то степени однородной общей массы и далее двигалась в контакте с водными массами, имеющими другие свойства. Если принять среднюю скорость течения в придонном горизонте порядка 0,1 м/с (по данным норвежских АБС в этом районе), то место отделения затекшей в Грёнфьорд части водной массы от общего потока приходится на восточную периферию WSC.

Таким образом, океанографические исследования, выполненные в течение летних сезонов 2006 и 2007 гг., особенно данные АБС-1, показали наличие в водах залива Грёнфьорд четко выраженного сигнала от Западно-Шпицбергенского течения, что позволяет организовать мониторинг поступления тепла в пределы Северного Ледовитого океана. Результаты позволили также уточнить некоторые черты термохалинной структуры вод залива Грёнфьорд, характер распределения гидрохимических и гидробиологических параметров.

Чтобы выявить климатическую составляющую изменчивости перечисленных параметров, необходимо продолжение мониторинга состояния залива Грёнфьорд, и прежде всего – при помощи автономных буйковых станций, оснащенных измерителями основных параметров состояния океана (температуры, солености, направления и скорости течения, глубины).

Список литературы

Моисеев Д.В., Ионов В.В. Некоторые результаты океанографических исследований в заливах и фьордах о. Западный Шпицберген летом 2001 и 2002 гг. // Комплексные исследования природы Шпицбергена. 2006. Вып. 6. С. 261–270.

Соловьянова И.Ю., Третьяков М.В. Наблюдения за стоком взвешенных наносов рек бассейна залива Грёнфьорд // Комплексные исследования природы Шпицбергена. 2004. Вып. 4. С. 230–236.

Третьяков М.В., Голованов О.Ф., Павлов А.К., Прямиков С.М.и др. Результаты комплексных океанографических исследований залива Грёнфьорд (Западный Шпицберген) летом 2006 г. // Комплексные исследования природы Шпицбергена. 2007. Вып. 7. С. 164–176.

Svendsen H., Beszczynska-Møller A., Hagen J.O. et al. The physical environment of Kongsfjorden-Krossfjorden, an Arctic fjord system in Svalbard // Polar Res. 2002. Vol. 21(1). P.133–166.

Walczowski W., Piechura J. Pathways of the Grenland Sea warming // Geophys. Res. Letters. 2007. Vol. 34. L10608, doi:10.1029/2007GL029974.

25. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН КАК РЕПЕРНОГО ОБЪЕКТА НА СТЫКЕ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ И ЗАПАДНОГО СЕКТОРА АРКТИКИ

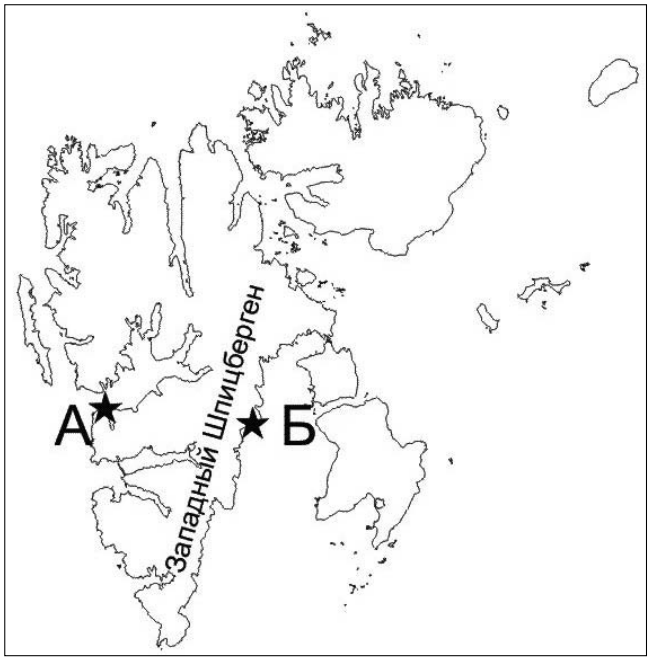
Основные участники и организаторы экспедиции: ПМГРЭ, Арктикуголь

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО БИОСТРАТИГРАФИИ ВОЛЖСКОГО ЯРУСА ЮРСКОЙ СИСТЕМЫ ЗАПАДНОГО ШПИЦБЕРГЕНА

М.А.РОГОВ, В.А.ЗАХАРОВ (ГИН РАН)

Исследование волжского яруса Арктики – терминального яруса юрской системы – крайне актуально, поскольку на шельфе Баренцева моря и на севере Сибири отложения этого возраста характеризуются значительным нефтегазоносным потенциалом. В научном плане сведения о волжском ярусе помогут найти решение различных вопросов биостратиграфии (определения геологического возраста пород) и палеогеографии. В конце юры арх. Шпицберген располагался вблизи возможных путей миграции морских организмов из Северо-Западной Европы в Арктику. Этим фактом еще больше повышается важность детального исследования юрских отложений и волжского яруса в частности.

Наиболее ценны для детальной биостратиграфии и определения геологического возраста пород остатки головоногих моллюсков – аммонитов. Аммониты волжского яруса описаны и изображены в ряде статей и монографий, но до сих пор не решены многие вопросы детальной биостратиграфии. Это объясняется тем, что находки аммонитов приурочены к немногим стратиграфическим уровням. Принятая в настоящее время схема стратиграфии волжских отложений арх. Шпицберген состоит из аммонитовых зон, известных на разных территориях: в Гренландии, в Восточной Европе и на Приполярном Урале. Схема основана, главным образом, на материалах геологической съемки, тогда как данных о распределении аммонитов в конкретных разрезах в научной литературе практически нет [Е.С.Ершова, 1983].



Разрезы верхнеюрских отложений вблизи м. Фестнинген (А) и на горе Миклегард (Б)

Разрез сильно дислоцированных верхнеюрско-нижнемеловых отложений у мыса Фестнинген. 2006 г.

В рамках проектов МПГ 2007/08 (программы ОНЗ РАН №14 и Президиума РАН №17) в течение двух экспедиционных сезонов 2006–2007 гг. М.А.Рогов детально изучил два хорошо известных разреза верхнеюрских отложений Западного Шпицбергена, расположенных вблизи м. Фестнинген и на горе Миклегард. Предварительная обработка собранных материалов позволяет существенно дополнить наши знания о строении волжских отложений данного региона. Некоторые результаты исследований доложены на совещании по границе юры и мела в Бристоле [M.A.Rogov, 2007], и в настоящее время они могут быть дополнены новыми данными по горе Миклегард.

Аммониты родов *Pavlovia rugosa* (слева) и *Crendonites sp.* (справа)

Волжские отложения в обоих разрезах представлены монотонной толщей черных аргиллитов с многочисленными прослоями сидеритовых конкреций и (в нижней части) алевролитов и песчаников суммарной мощностью около 100 м. Наиболее хорошо сохранившиеся аммониты найдены в сидеритовых стяжениях, хотя они встречаются и в аргиллитах. Нижнюю границу волжского яруса на Шпицбергене пока нельзя определить биостратиграфическим методом, так как между последними находками стратиграфически ниже расположенных верхнекимериджских и первыми находками выше расположенных волжских аммонитов во всех разрезах имеется довольно большой промежуток без характерных окаменелостей.

Нижневолжские отложения на Западном Шпицбергене плохо охарактеризованы аммонитами. Лишь на горе Миклегард в основании разреза волжского яруса встречены специфические тонкоребристые аммониты, близкие к *Pectinatites*. Средневолжские слои, напротив, содержат многочисленные аммониты и могут быть подразделены на зоны с той же детальностью, что и на севере Сибири и Приполярном Урале. В основании средневолжского подъяруса впервые для Шпицбергена удалось выделить уровень с редкоребристыми *Pavlovia rugosa*, что позволило наметить здесь зону *Rugosa*, ранее известную только в Восточной Гренландии. Выше по разрезу встречаются многочисленные мелкие *Dorsoplanites*, которые традиционно определялись как *D.panderi* и относились к одноименной зоне. Однако сравнение аммонитов Западного Шпицбергена с типичными *D.panderi* показывает их существенные различия. Аммониты Западного Шпицбергена ближе к арктическим видам, таким как *D.sibiriakovi*, *D.antiquus* и *D.gracilis*, характеризующим зону *Ilovaiskii* Приполярного Урала и Северной Сибири. Таким образом, данный стратиграфический интервал следует относить к зоне *Ilovaiskyi*.

Выше встречаются крупные *Dorsoplanites*, которые в разрезе горы Миклегард образуют два уровня: 1) нижний – с *D.cf.sachsi*, 2) верхний – с *D.maximus*.

Эти слои относятся к зоне *Maximus* [Е.С.Ершова, 1983]. В разрезе мыса Фестнинген нами был встречен необычный аммонит, относящийся к роду *Crendonites sp.*, который в Восточной Гренландии и на Приполярном Урале характеризует более высокий стратиграфический уровень. Это позволяет предположить присутствие на Шпицбергене зоны *Crendonites spp.*, ранее выделенной на Приполярном Урале.

Верхняя часть средневолжских отложений на Шпицбергене, как и в других районах Арктики, состоит из двух четко различающихся комплексов, в нижнем из которых содержатся многочисленные *Laugeites*, тогда как в верхнем преобладают *Praechetaites* и присутствуют поздние *Laugeites*. Эти комплексы характеризуют зоны *Groenlandicus* и *Exoticus*

Схема стратиграфии отложений для Шпицбергена (новые зоны показаны серым цветом)

ПОДЪЯРУС	Шпицберген [M.A.Rogov,2007]	Приполярный Урал [Р.Кейси и др., 1988]	Вост.Гренландия [F.Surlyk, 1978; J.H. Callomon, T.Birkelund, 1982]
ВЕРХНЕВОЛЖСКИЙ	?	Слои с *Subcraspedites mauryniensis*	Слои с *Chetaites* aff. *chetae*
	Craspedites taimyrensis	Craspedites taimyrensis	?
	Craspedites okensis	Craspedites subditus	Слои с *Subcraspedites* sp.
		Kachpurites fulgens	?
СРЕДНЕВОЛЖСКИЙ (часть)	Praechetaites exoticus	?	Praechetaites tenuicostatus
	?	Epilaugeites vogulicus	Epilaugeites vogulicus
	Laugeites groenlandicus	Laugeites groenlandicus	Laugeites groenlandicus
	Crendonites	Crendonites spp.	Crendonites alguinus
	Dorsoplanites maximus	Dorsoplanites maximus	Epipallasiceras pseudapertum
	Dorsoplanites ilovaiskyi	Dorsoplanites ilovaiskyi	Dorsoplanites gracilis
			Dorsoplanites liostracus
	Pavlovia rugosa	Pavlovia iatriensis (S.strajewskii Subzone)	Pavlovia communis
			Pavlovia rugosa

Аммонит *Dorsoplanites cf.maximus* с разреза горы Миклегард, бухта Агард, средневолжский подъярус, зона Maximus. 2007 г.

соответственно. Интересно отметить присутствие в разрезе у м. Фестнинген в небольшом изолированном выходе пограничных слоев средне- и верхневолжского подъярусов представителей аммонитов открытых морских акваторий – *Pseudophylloceras*, которые ранее были известны только на севере Сибири и на Аляске.

Верхневолжские отложения в разрезе у м. Фестнинген имеют небольшую мощность, и, скорее всего, на границе юры и мела здесь имеется перерыв, тогда как на горе Миклегард они, наоборот, достигают нескольких десятков метров и характеризуются несколькими различающимися комплексами аммонитов. Еще Е.С.Ершова описала *Craspedites* с горы Миклегард, характеризующие две нижние зоны верхневолжского подъяруса Северной Сибири. Нам удалось повторить эти находки, причем в нижней и верхней частях зоны *Okensis* встречены несколько различающиеся *Craspedites*, что позволяет надеяться на то, что в будущем эта зона может быть расчленена на более дробные биостратиграфические подразделения.

На Шпицбергене пока не были обнаружены аммониты, характеризующие терминальную зону волжского яруса Сибири *Chetaites chetae*. В восточных районах Шпицбергена граница юры и мела обычно проводится в подошве слоев горы Миклегард, хотя строгих доказательств этому не имеется. Во время полевого сезона 2007 г. нами отобраны палеомагнитные образцы из пограничных слоев юры и мела горы Миклегард – типового разреза одноименных слоев. Ранее с помощью магнитостратиграфического метода по образцам с полуострова Нордвик (море Лаптевых) нам удалось впервые осуществить прямую бореально-тетическую корреляцию верхневолжского подъяруса и основания бореального берриаса с титоном и берриасом Южной Европы и установить положение границы юрской и меловой систем в Арктике [В.А.Захаров, М.А.Рогов, 2007]. Результаты новых магнитостратиграфических исследований позволят закрепить этот успех.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ершова Е.С. Объяснительная записка к биостратиграфической схеме юрских и нижнемеловых отложений архипелага Шпицберген. Л.: ПГО Севморгеология, 1983. 88 с.

Захаров В.А., Рогов М.А. Прямая детальная корреляция разрезов Арктики и Южной Европы // Новости МПГ 2007/08. № 5–6. С.10–11.

Callomon J.H., Birkelund T. The ammonite zones of the Boreal Volgian (Upper Jurassic) in East Greenland // Mem. Canad. Soc. Petrol. Geol. 1982. Mem. 8. P. 349–369.

Rogov M.A. News on the Volgian of Spitsbergen: ammonite ranges, zonal subdivision and correlation with adjacent areas // 4th Symposium IGCP-506, University of Bristol, 4–8 July 2007. Bristol, 2007. P. 24–25.

Surlyk F. Submarine fan sedimentation along fault-scarps on tilted fault-blocks (Jurassic-Cretaceous boundary, East Greenland) // Grønl. Geol. Unders. 1978. Bull.128. 108 p.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ НА ШПИЦБЕРГЕНЕ В 2007 г.

А.М.ТЕБЕНЬКОВ, А.А.ЛАЙБА (Полярная морская геологоразведочная экспедиция – ФГУНПП «ПМГРЭ»)

Геолого-геофизические исследования, выполненные ФГУНПП «ПМГРЭ» в 2007 г. на Шпицбергене, осуществлялись по проекту МПГ «Геологическое изучение архипелага Шпицберген как реперного объекта на стыке Северной Атлантики и западного сектора Арктики» – проект ПМГРЭ//С//Ш_1, и параллельно по международному проекту (проект 878 – ТЕЗАСА (TEWANA) «Тектоническая эволюция Западной Арктики – Северной Атлантики» (Tectonic Evolution of West Arctic – North Atlantic). Со стороны зарубежных партнеров в исследованиях принимали участие сотрудники университета г. Упсала (руководитель профессор Дэвид Джи) и Норвежского полярного института (руководители – Винфред Даллманн и Синнове Эльвевольд).

В летний полевой сезон 2007 г. полевые геолого-геофизические работы проводились на острове Северо-Восточная Земля на шести полигонах: Мерчисон-фьорд, Галтедален, Паландербухта, Сварткнаусфлюа, Инвик-бухта и Лаппония (рис. 1, 2). На первых трех полигонах выполнялись работы по геологическому доизучению площадей масштаба 1 : 200 000 (ГДП-200) по коренным породам, а на последних трех – работы по геологическому доизучению площадей того же масштаба по четвертичным породам. На полигоне Инвик-бухта выполнялись также специализированные геолого-петрологические исследования метаморфических и магматических пород, а на полигоне Лаппония – специализированные геофизические исследования. Ниже приведены основные полученные результаты по видам работ.

Геологическое доизучение площадей по коренным породам. Основной объем работ по ГДП-200 выполнен на полигоне Мерчисон-фьорд. Работы велись с целью составления предварительной геологической карты масштаба 1:200 000 и доизучения осадочных и метаморфических комплексов района. В ходе работ составлены опорные литолого-стратиграфические разрезы, проведено их непрерывное описание по северному побережью Мерчисон-фьорда и частично по его восточному побережью (от верхнерифейских отложений свиты Вестманбухта до отложений кембрийского возраста свиты Кап Спарре). Составлена полевая геологическая карта масштаба 1:100 000.

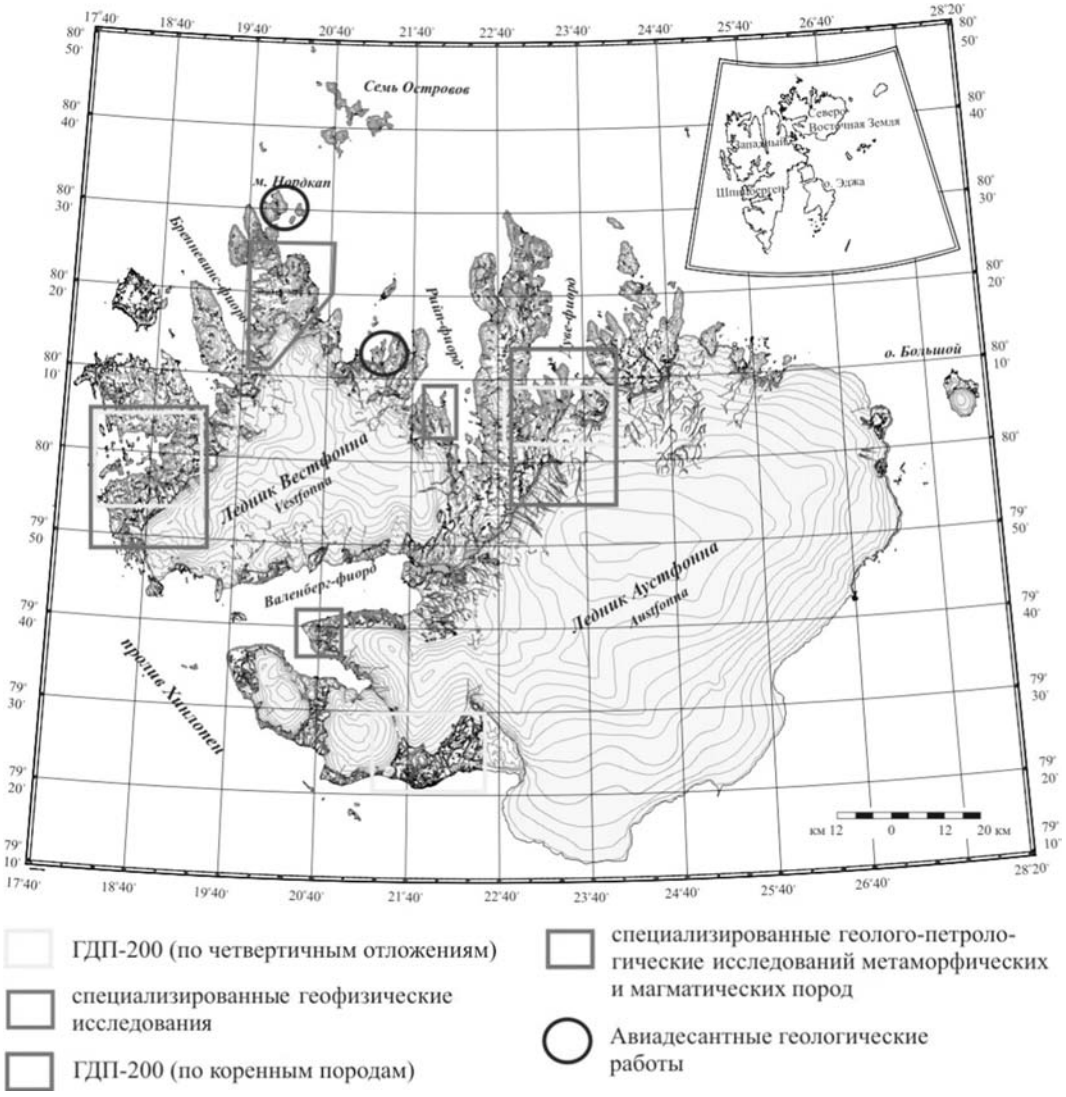


Рис. 1. Расположение участков полевых работ в 2007 г.

Геологическое доизучение площадей по четвертичным породам. Главным результатом проведенных работ являются впервые составленные геоморфологические карты масштаба 1:100 000 для районов Мерчисон-фьорда, равнины Сварткнаусфлюа и Инвик-бухты (рис. 3). На картах отображены поверхности структурно-денудационного, денудационного и аккумулятивного генезиса, а также ряд сопутствующих форм и элементов рельефа. Денудационные и структурно-денудационные поверхности занимают доминирующее положение в пределах горных массивов. На прибрежных равнинах, днищах крупных долин и предгорьях господствуют поверхности, созданные процессами морской и водно-ледниковой аккумуляции.

Рис. 2. Базовый международный лагерь в Инвик-бухте

Особое внимание в ходе работ было уделено морским формам рельефа. В районах исследования выявлены морские террасы следующих уровней: на полигоне Мерчисон-фьорд – комплекс террас высотой до 80 м; на полигоне Инвик-бухта – комплекс террас высотой до 50 м; на полигоне Сварткнаусфлюа – до 110 м. В районе Сварткнаусфлюа установлено, что покровные ледники (ледник Аустфонна и его ледниковая лопасть Розенталь-бреен) в настоящее время отступают. Отмечено, что эти ледники не оказывают экзарационного воздействия на подстилающие их морские террасы,

видимое воздействие на террасы оказывают только талые ледниковые воды.

В ходе работ на полигонах Мерчисон-фьорд, Сварткнаусфлюа и Инвик-бухта был также исследован ряд разрезов четвертичных образований (большинство из которых составлено впервые). Были отобраны пробы на микрофаунистический, радиоуглеродный, литогеохимический, шлиховой анализы, а также образцы малакофауны для создания эталонной коллекции. Были прослежены морские, флювиально-морские, флювиогляциальные и ледниковые осадки в возрастном диапазоне от позднего неоплейстоцена до голоцена включительно. Изучены строение, фаунистический состав отложений морских террас на уровнях от 2 до 80 м. Установлено, что четвертичные осадки образуют сплошной чехол на приморских равнинах и на вершинах платообразных массивов. Примечательно, что их мощность на приморских равнинах в отдельных случаях достигает 30 м. На вершинах платообразных массивов мощность четвертичных отложений не превышает 1 м, при этом они представлены донной мореной (по-видимому, поздневалдайского оледенения).

Специализированные геолого-петрологические исследования. Работы проводились на полигоне Инвик-бухта с целью геолого-петрологического изучения пород докембрийских метаморфических комплексов, древних вулканогенных толщ и разновозрастных интрузивных образований (рис. 4). В ходе камеральной обработки собранных материалов будут получены данные по геологической, петрохимической, минералогической характеристике пород различных комплексов для реконструкции их первичной природы и геодинамических условий формирования.

В районе Инвик-бухты описаны породы трех древних комплексов, которые хорошо сопоставля-

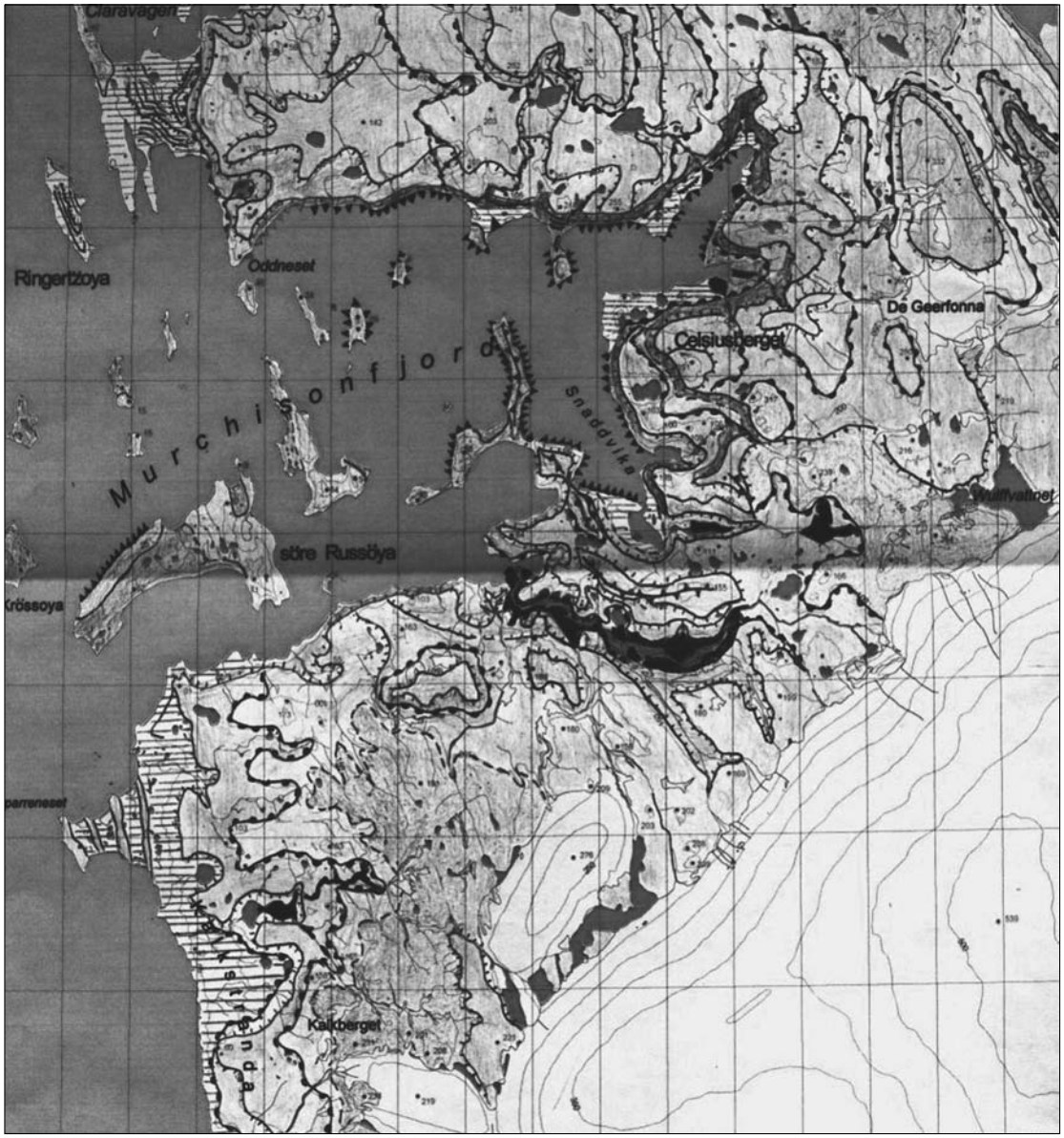


Рис. 3. Геоморфологическая карта района Мерчисон-фьорда

ются с выделенными стратотипами на западе Северо-Восточной Земли: серии Бренневинсфьорд (R1), Кап-Ханстен (R2) и Мерчисон-фьорд (R3). Наибольшее распространение имеют породы первой серии; породы других серий представлены фрагментарно. В ходе работ изучены региональные контакты внутри различных подразделений серии Бренневинсфьорд, между сериями Бренневинсфьорд и Мерчисон-фьорд (включая базальные конгломераты последней) и между сериями Кап-Ханстен и Мерчисон-фьорд. Важнейшим итогом является установление для этого района факта развития комплекса мигматитов только по породам серии Бренневинсфьорд.

Интрузивные породы могут быть объединены в четыре магматических комплекса: мезозойских долеритов, раннепалеозойских гранитоидов, среднерифейских (?) гранитоидов, среднерифейских

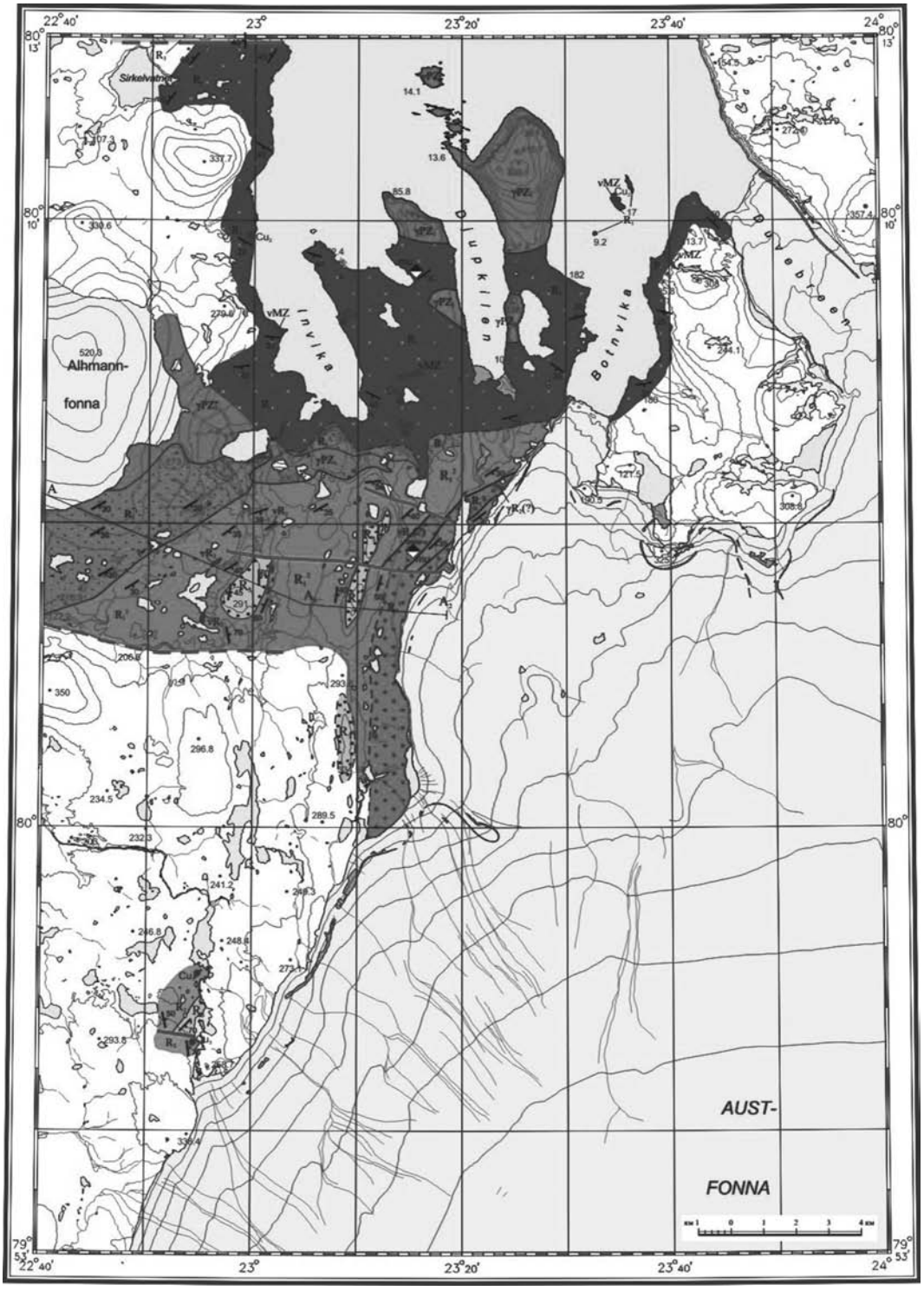


Рис. 4. Геологическая карта района Инвик-бухты

метагабброидов. Выявлено отсутствие генетической и парагенетической связи между дайковыми комплексами раннепалеозойских гранитоидов и комплексом мигматитов.

Установленные фациальные неоднородности составов пород серии Бренневинсфьорд не позволяют пока провести однозначные границы между метаморфическими зонами. Тем не менее наличие в породах таких минералов, как гранат, ставролит, силлиманит, амфибол и слюды, может свидетельствовать о зональном метаморфизме пород серии в амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фациях. В ходе камеральной обработки материала возможно выявление и парагенезисов зеленосланцевой фации. Границы фаций ориентированы в целом субсогласно с литологическими (стратиграфическими) границами. Породы серий Кап-Ханстен и Мерчисон-фьорд метаморфизованы в условиях фации зеленых сланцев.

Примечательным фактом является несогласное положение фронта мигматизации по отношению к выявленным стратиграфическим (литологическим) границам. Таким образом, можно ожидать появления наложенных минеральных парагенезисов и существования второй, наложенной метаморфической зональности. Следует отметить, что среди мигматитов широко распространены проявления скарновой минерализации. Признаков термального метаморфизма вдоль контактов раннепалеозойских интрузий не обнаружено, что связано, видимо, с достаточно высокой предварительной переработкой вмещающих пород в ходе регионального метаморфизма.

Специализированные геофизические исследования. Геофизические исследования выполнялись на полигоне Лаппония (рис. 5) с целью предварительного определения вещественного состава и взаимоотношений гренвилльских магматических комплексов Контактберге т и Лаппония. Работы включали в себя площадную (масштаба 1:10 000) и профильную (с шагом 10 м) наземную гамма-спектрометрию, а также измерение магнитной восприимчивости различных горных пород в их естественном залегании и в образцах. Работы были проведены на двух участках общей площадью 8,2 км^2. Гамма-спектрометрический профиль протяженностью 20,3 км связал два указанных площадных участка.

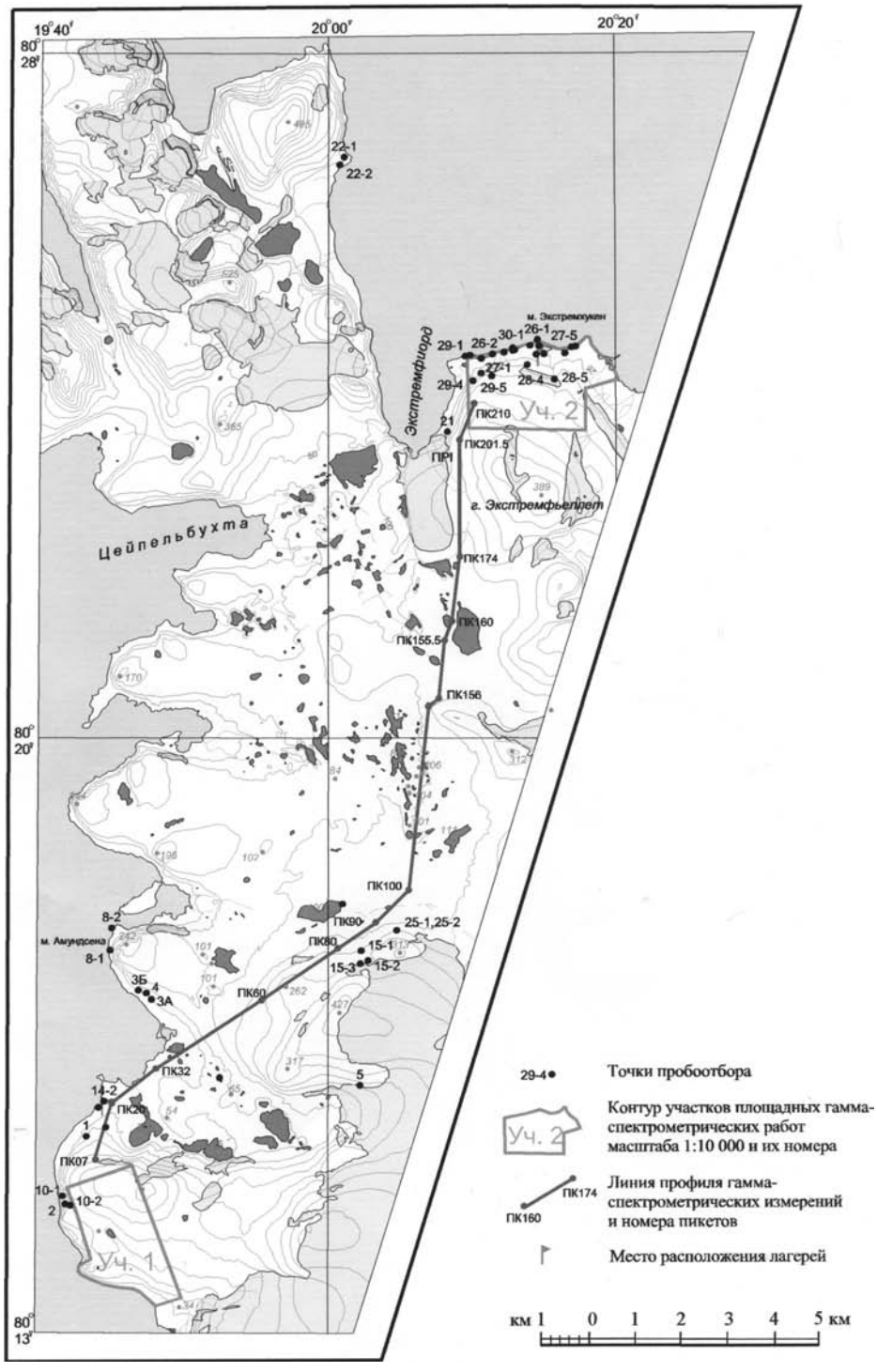


Рис. 5. Участки геофизических работ

26. ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ РАБОТЫ ПО МОНИТОРИНГУ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В АРКТИЧЕСКОЙ АТМОСФЕРЕ И НА УРОВНЕ МОРЯ

Основные участники и организаторы экспедиции: ФИАН

МОНИТОРИНГ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В АТМОСФЕРЕ НА ВЫСОКИХ ШИРОТАХ

Н.С.СВИРЖЕВСКИЙ (Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН)

В январе–октябре 2007 г. проводились регулярные зондовые измерения космических лучей на высотах от уровня моря до 30–35 км на 2 высокоширотных станциях (Мурманск и Мирный, Антарктида). Основная задача измерений – изучение пространственных и временных вариаций галактических космических лучей и их связи с солнечной активностью, регистрация в атмосфере вторжений солнечных протонов и высыпаний релятивистских электронов магнитосферного происхождения. В результате измерений получены новые данные по потокам космических лучей около Земли в минимуме текущего 23-го цикла солнечной активности, проведена первичная обработка и предварительный анализ данных. В период минимума солнечной активности солнечные вспышки крайне редкие и в указанный период времени не наблюдались. Отметим, однако, что в декабре 2006 г. в стратосфере на станциях Мурманск и Мирный, Антарктида, было зарегистрировано 2 события с приходом солнечных протонов (6 и 13 декабря).

Предполагается, что в 2008 г. измерения космических лучей в атмосфере на высокоширотных станциях будут продолжены. В настоящее время закончена подготовка оборудования и приборов для проведения работ в составе 53-й Российской Антарктической экспедиции 2007/08 г., и экспедиционный груз доставлен на НЭС «Академик Федоров». Для выполнения работ в зимовочный состав 53-й РАЭ включен сотрудник ФИАН А.В.Соколов.

28. ПОДСПУТНИКОВОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ МИКРОВОЛНОВЫХ СЪЕМОК ИЗ КОСМОСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Основные участники и организаторы экспедиции: ИГРАН

ИНФОРМАЦИЯ О ПРОВЕДЕННЫХ НА ПОЛЯРНОМ И ПРИПОЛЯРНОМ УРАЛЕ ПОЛЕВЫХ РАБОТАХ

По материалам ИГ РАН

С 21 марта по 7 апреля 2007 г. в период максимума снегонакопления проведены синхронные подспутниковые измерения характеристик снежного покрова и сбор гидрометеорологической информации на тестовых полигонах Полярного и Приполярного Урала. В качестве тестовых полигонов использовались участки в районе ГМС аэродрома г. Воркута и ГМС Кожим-рудник. Кроме этого, выполнена снегомерная съемка на маршруте протяженностью 250 км, пересекающем таежную и тундровую зоны Приполярного Урала от ж/д станции Косью до Саблинского хребта. Получены данные о высоте, структуре и водном эквиваленте снежного покрова, характерные для различных ландшафтных зон данного региона. Собранная информация используется для валидации данных микроволновых съемок из космоса, получаемых аппаратурой SSM/I(DMSP F13) и AMSR-E («Аква»).

Результаты предварительного анализа свидетельствуют о существенных различиях в поведении радиояркостных температур в условиях теплой и холодной зим для различных ландшафтных зон. Выявленные расхождениях между реальными и восстановленными с помощью существующего алгоритма величинами водного эквивалента (SWE) показывают на необходимость его коррекции с учетом региональных условий. Поиск путей повышения соответствия расчетных и реальных значений SWE требует продолжения исследования с целью накопления временного и пространственного ряда статистической информации о состоянии снежного покрова в различных условиях.

29. ГЛУБОКОВОДНЫЕ БУРЕНИЯ В РАМКАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАЛЕОКЛИМАТА оз. ЭЛЬГЫГЫТГЫН

Основные участники и организаторы экспедиции: ААНИИ, Северо-Восточный комплексный институт РАН, Университет Лейпцига (Германия), Массачусетский университет, НОАА, Национальный научный фонд (США)

ГЛУБОКОВОДНЫЕ БУРЕНИЯ В РАМКАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАЛЕОКЛИМАТА оз. ЭЛЬГЫГЫТГЫН

По материалам ИГ РАН

Озеро Эльгыгытгын находится в Центральной Чукотке (67° 30' с.ш., 172° 5' в.д.) в метеоритном кратере возрастом 3,6 млн лет. Озеро имеет диаметр 12 км и глубину 170 м. В последние годы озеро стало объектом активного внимания для мультидисциплинарных, палеоклиматических исследований и целью для глубокого бурения в рамках Международной программы континентального бурения (ICDP).

Планируемые работы будут проводиться в рамках нескольких международных проектов, объединенных общей основной задачей: проект «Глубокое бурение озера Эльгыгытгын», поддержанный ICDP (Международная программа континентального бурения), проект МПГ 2007/08 «Кратер озера Эльгыгытгын и палеоклимат Арктики» (номер кластера по международной классификации – 130), а также проект 12 «Палеоклимат озера Эльгыгытгын» Соглашения о сотрудничестве в области морских и полярных исследований между Министерством образования и науки Российской Федерации и Федеральным министерством образования и научных исследований Федеративной Республики Германия.

Основные организации, вовлеченные в проект:

– со стороны России:

1) СВКНИИ ДВО РАН – Северо-восточный комплексный научно-исследовательский институт Дальневосточного отделения РАН (Магадан), П.С.Минюк (Главный Исследователь, PI) и др.;

2) ААНИИ – Арктический и антарктический НИИ Росгидромета (Санкт-Петербург), Д.Ю.Большиянов, Г.Б.Федоров и др.;

– со стороны Германии:

1) UniC – Университет Кельна, Институт геологии и минералогии, М.Меллес (PI) и др.;

2) Институт им. А.Вегенера (AWI, Бременхавен и Потсдам), Х.-В.Хюббертен, Ф.Ниссен и др.;

– со стороны США:

1) UMass – Университет штата Массачусетс (Амхерст), Дж.Бригхам-Гретте (PI) и др.;

2) UAF – Университет Аляски (Феирбенкс), М.Нолан и др.

Керны донных озерных отложений и многолетнемерзлых пород из кратера оз. Эльгыгытгын позволят реконструировать полную историю развития климата и природной среды континентальной Арктики начиная с плиоцена, когда в Арктике стала развиваться мерзлота. Эта информация необходима для понимания роли Арктики в глобальной климатической системе. Кроме того, керны из метеоритной брекчии и брекчированных пород, подстилающих озерные осадки, позволят получить новую информацию о процессах кратерообразования.

Развитие в течение последнего года. В течение подготовки глубокого бурения на оз. Эльгыгытгын мы столкнулись с тремя основными проблемами:

1) Российская буровая компания «Недра», которая по первоначальному плану должна была проводить буровые работы совместно с американской компанией DOSECC, отказалась от участия в проекте в январе 2007 г. В результате была достигнута договоренность, что получателем бурового оборудования в России станет СВКНИИ ДВО РАН и будет обслуживать буровой станок в течение 5 лет после завершения бурения на оз. Эльгыгытгын;

2) в июле 2007 г. Американский фонд гражданских исследований и развития (АФГИР, CRDF) отказался от участия в проекте. АФГИР был ответственным за организацию льготного таможенного оформления при импорте в Россию бурового станка «Russian GLAD 800». Во время встречи в РАН (Москва) была достигнута договоренность, что организацию таможенного оформления бурового оборудования возьмет на себя ДВО РАН;

3) результате детального планирования буровых работ стало очевидным, что научные задачи проекта становятся трудновыполнимыми при имеющемся объеме финансирования. К счастью, основные организации, финансирующие буровые работы, Международная Программа Континентального Бурения (ICDP), Федеральное министерство образования и научных исследований Федеративной республики Германия (BMBF) и Национальный научный фонд США (NSF) в период с мая по ноябрь 2007 г. согласились предоставить проекту дополнительное финансирование.

Важным событием в 2007 г. стала закупка нового бурового станка «Russian GLAD 800», который был доставлен в распоряжение DOSECC в июле 2007 г. В настоящий момент этот станок тестируется. Кроме того, проведены работы по детально-

му инженерному планированию буровых операций, включающие конструирование платформ, состоящих из восьми саней и надстроек. Работы будут производиться со льда, который будет усиливаться намораживанием по разработанной технологии. Также был достигнут определенный прогресс на политическом уровне. Например, в отношении процесса вступления России в ICDP и разработки трехстороннего соглашения между Россией, Германией и США. В течение последнего года научная и общественная деятельность проекта заметно возросла. Основным событием в научном отношении стала публикация специального выпуска журнала «Journal of Paleolimnology». Кроме того, в ноябре 2007 г. было проведено рабочее совещание по проекту в университете г. Кельна. Проект также был представлен на официальной церемонии открытия МПГ 2007/08 в Германии в марте 2007 г.

Перспективы. К настоящему моменту разработан детальный план выполнения буровых операций. Бурение одной скважины в многолетнемерзлых породах должно быть выполнено осенью 2008 г. силами ЗАО «Чаунское ГГП», базирующегося в Певеке. Для этого «Чаунское ГГП» доставит необходимое оборудование на оз. Эльгыгытгын в феврале и марте 2008 г. В отношении бурения донных озерных отложений новый буровой станок «Russian GLAD800» будет протестирован в полевых условиях в США в феврале и марте 2008 г. и доставлен в Певек через Владивосток в августе–сентябре 2008 г. Буровое оборудование и оборудование для лагеря будет доставлено на оз. Эльгыгытгын в начале 2009 г. для того, чтобы провести буровые работы в период с марта по начало июня 2009 г. Эвакуация всего оборудования запланирована на начало 2010 г.

КРАТЕР оз. ЭЛЬГЫГЫТГЫН И ПАЛЕОКЛИМАТ АРКТИКИ

Г.Б.ФЕДОРОВ (ААНИИ)

Проект МПГ выполняется в рамках международного проекта ICDP (Международная программа континентального бурения) «Глубокое бурение озера Эльгыгытгын». Финансирование проекта осуществляют ICDP, министерство науки и технологий Германии и Национальный научный фонд США. С российской стороны до сих пор не заявлено финансирования ни из одного из источников.

По плану зимой, весной и, возможно, летом 2008 г. в котловине оз. Эльгыгытгын должно быть пробурено три скважины общей глубиной 2000 м. Две скважины в донных озерных отложениях и подстилающей их метеоритной брекчии и одна скважина на суше в мерзлых отложениях склонового и аллювиально-пролювиального генезиса. В результате бурения должны быть получены данные о колебаниях климата за последние 3,5 млн лет, а также ответы на вопросы о формирования котловины озера и мерзлоты.

В 2007 г. должны быть выполнены такие подготовительные работы, как оформление заявки для получения разрешений на проведение экспедиционных работ, доставка иностранного оборудования на территорию РФ, доставка всего экспедиционного оборудования к месту работ, закупка топлива и расходных материалов, организация полевого лагеря.

В настоящий момент детальных план буровых работ и логистических операций находится в стадии разработки.

Основные организации, участвующие в проекте:

1) российские:

– ААНИИ Росгидромета (Санкт Петербург) – научное участие, частичное участие в логистических операциях;

– СВКНИИ ДВО РАН (Магадан) – научное участие, бурение;

– Южно Русский центр подготовки и реализации международных проектов (Ростов-на-Дону) – логистические операции;

2) иностранные:

– Университет Кельна (Германия) – научное участие;

– Университет штата Массачусетс (США) – научное участие;

– Институт полярных и морских исследований им. А.Вегенера (Германия) – научное участие;

– DOSECC, Inc. (США) – бурение;

– VECO (США) – логистические операции.

В процессе выполнения проекта будет привлекаться целый ряд других российских и иностранных организаций.

30. ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА АЛЬБЕДО: «САЖА-2007»

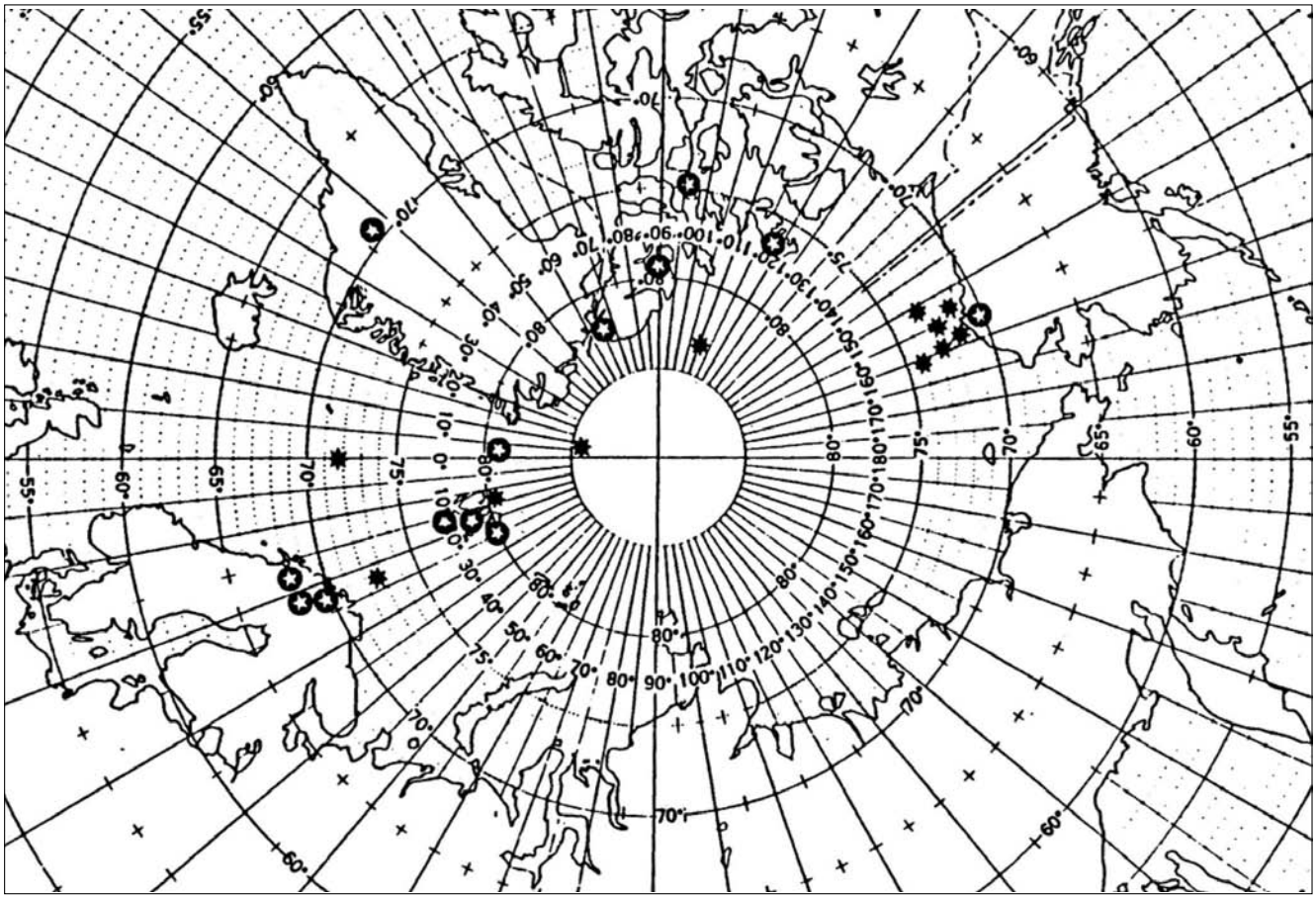
Основные участники и организаторы экспедиции: ААНИИ

ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УРОВНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В АРКТИКЕ

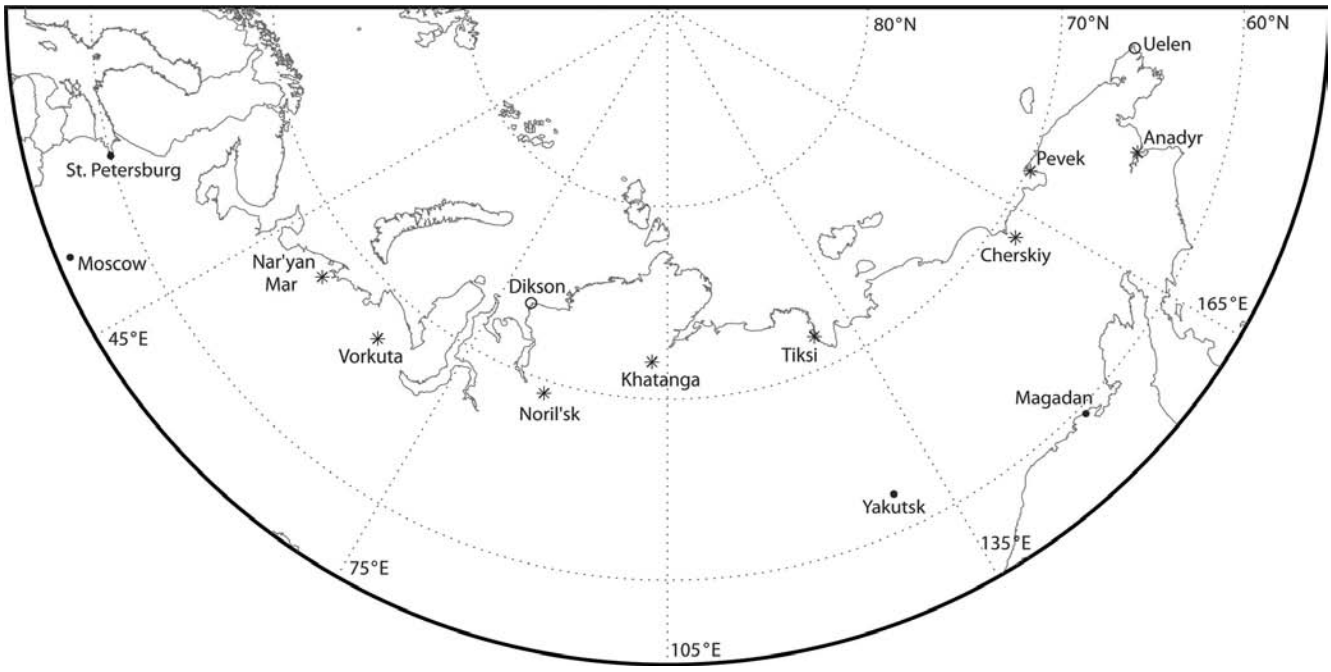
В.Ф.РАДИОНОВ (ААНИИ), В.С.ИППОЛИТОВ (РГМАА);
Т.ГРЕНФЕЛ, С.ХАДСОН (Университет Вашингтона, Сиэтл, США)

С начала 1980-х гг. большое внимание уделяется исследованиям так называемого явления арктической дымки. Суть его состоит в том, что в Арктике в зимне-весенний период уровни аэрозольного загрязнения атмосферы сравнимы с уровнями загрязнения атмосферы умеренных широт. Более того, анализ результатов измерений аэрозольной составляющей атмосферы показал, что наблюдается устойчивый рост содержания аэрозоля антропогенного происхождения в арктической атмосфере начиная с середины 1950-х гг. В Арктику он переносится воздушными массами от источников в умеренных широтах. Значительную его долю составляют частицы сажи. Осаждаясь на поверхность, они накапливаются в течение зимы в снежном покрове. Таким образом, содержание сажевого аэрозоля в толще снежного покрова может являться одной из характеристик интегрального воздействия источников антропогенного загрязнения, расположенных вне Арктики, на природную среду Арктического региона. Кроме того, загрязнение снега изменяет его отражательные свойства – альбедо. В свою очередь, величина альбедо определяет количество отраженной и, тем самым, поглощенной поверхностью солнечной энергии. Т.е. уровень загрязнения снежной поверхности напрямую влияет на такие важные климатообразующие факторы, как альбедо и величины отраженной и поглощенной поверхностью солнечной радиации.

В 1983–1984 гг. на территории Аляски, Канадского архипелага, Гренландского ледникового щита, Лапландии, Шпицбергена, а также на морском льду пролива Фрама специалисты Университета Вашингтона, США, провели исследования уровней загрязнения снега и льда сажевыми частицами. Измеренные более 20 лет назад концентрации сажевого углерода



Места отбора проб воздуха (точки) и проб снежного покрова (кружки) в 1983–1984 гг.



Места отбора проб снежного покрова в Российской Арктике в период МПГ

в снежном покрове зарубежной Арктики варьировали в пределах 5–50 ppb (нг С/г). На российской территории такого рода наблюдения не проводились.

За прошедшие 20 лет изменилась система циркуляции атмосферы, определяющая перенос примесей из умеренных широт в Арктику. За эти годы существенно уменьшилось и количество выбросов из антропогенных источников. Однако с начала 1990-х гг. данные как прямых, так и косвенных наблюдений за уровнями аэрозольного загрязнения атмосферного воздуха и подстилающей поверхности в Российской Арктике отсутствуют.

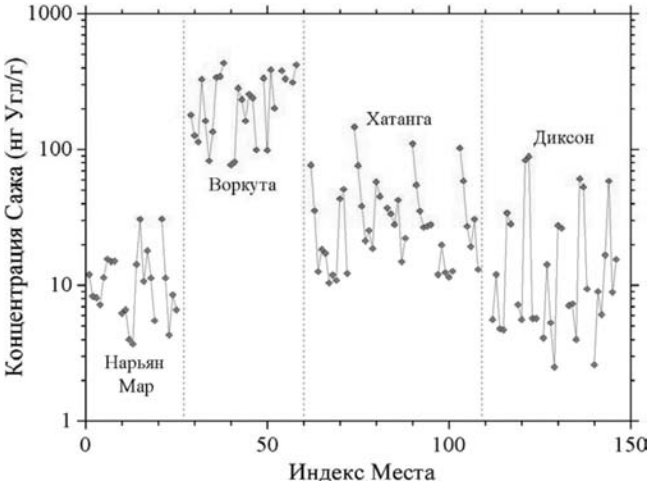
По предложению ученых из Университета Вашингтона (Сиэтл, США) разработан совместный с ААНИИ проект по определению уровней загрязнения снежного покрова и ледников в Арктике. Он включен в План реализации научной программы участия Российской Федерации в проведении МПГ 2007/08 под названием «Сажа в арктическом снеге и льде и ее влияние на альбедо поверхности» («Black carbon in Arctic snow and ice, and its effect on surface albedo»). Проект предусматривает исследование уровней загрязнения снежного покрова сажевым аэрозолем в период максимального снегонакопления (март–май) на побережье Российской Арктики, Гренландии, Центрального Арктического бассейна, Аляски и севера Канады, островов Канадского архипелага, Исландии. Его целью является получение объективной информации об уровнях загрязнения снежного покрова и ледниковых поверхностей сажевым аэрозолем и пылью и оценка их влияния на отражательные свойства (альбедо) поверхности и параметры режима солнечного и теплового излучения (радиационного режима) системы подстилающая поверхность–атмосфера в Арктике.

В реализации проекта участвуют специалисты ААНИИ, Российского государственного музея Арктики и Антарктики (РГМАА) и Университета Вашингтона. Совместные российско-американские исследования в Российской Арктике предполагают отбор проб снега на арктическом побережье России и последующий их анализ совместно с пробами из других регионов Арктики. Предполагается, что волонтеры из различных стран будут отбирать пробы снега в арктической зоне Канады, в Гренландии, Исландии и Норвегии, на архипелаге Шпицберген и в Центральном Арктическом бассейне.

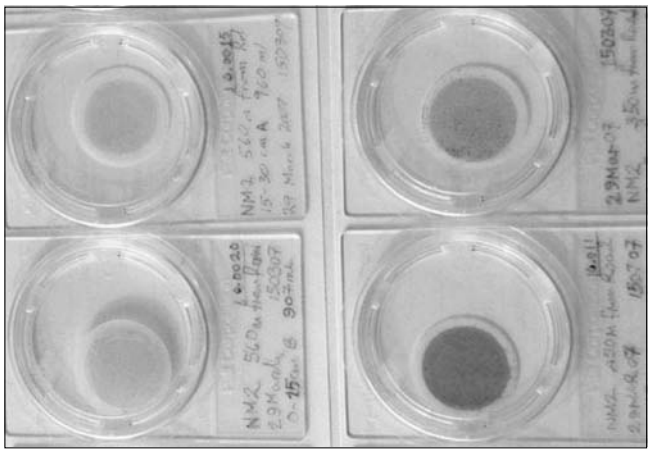
В апреле–мае 2007 г. специалисты ААНИИ и РГМАА вместе с учеными из США провели экспедиционные работы по отбору проб снежного

С.Хадсон фильтрует пробы снега

Отбор проб снега



Эффективная концентрация загрязнений снежного покрова (предварительные результаты для всех проб). Пробы отбирались из трех-четырех слоев в снеге



Типичные фильтры, Нарьян-Мар. Большая степень почернения означает более высокий уровень загрязнения

покрова в западной части Российской Арктики. Со стороны США в них участвовали профессор Томас Гренфел и аспирант Стефен Хадсон из Университета Вашингтона, Сиэтл, США (Department of Atmospheric Sciences, University of Washington, Seattle, Washington, USA).

Пробы отбирали вблизи Нарьян-Мара, Воркуты, Диксона, Хатанги. В каждом районе мы работали в пяти-шести местах на отдалении 20–50 км от населенных пунктов. Это позволяло с максимальной возможностью исключить влияние местных источников загрязнения и получить значения уровней загрязнения, типичные для достаточно больших пространств. Пробы отбирались на трех-четырех уровнях в толще снежного покрова. Сразу на месте отбора определялась плотность снега на этих же глубинах. Отобранные пробы снега быстро растапливали в микроволновой печи и воду фильтровали через поликарбонатные фильтры с размером пор 0,4 мк. Каждый фильтр с осажденными на нем аэрозольными частицами сравнивали со стандартным фильтром с хорошо известным содержанием сажы. Таким образом определяли общий уровень загрязнения сажей и пылью.

Предварительные результаты измерений приведены на графике. Видно, что в каждом из районов наблюдались значительные колебания уровней загрязнений. Нижние уровни приведенных значений характеризуют изменчивость, связанную с погодными факторами и редким движением транспорта вблизи конкретных мест отбора проб. Они изменялись от 5 до 20 ppb в окрестностях Нарьян-Мара, Хатанги и Диксона. В районе Воркуты минимальные значения были около 100 ppb. По-видимому, в районе Воркуты все места отбора проб не были свободны от влияния местных источников загрязнений, хотя пробы и отбирались на расстояниях более 30 км от города.

Фильтры с осажденными на них аэрозольными частицами из отобранных проб снега далее будут исследоваться фотометрическим методом и на электронном микроскопе в Лаборатории атмосферных исследований Университета Вашингтона для более точного определения эффективных масс загрязнений снежного покрова, а также размеров и форм частиц.

Результаты наблюдений по проекту позволят определить современный уровень аэрозольного загрязнения природной среды в Российской Арктике и сопоставить его с уровнями загрязнения в других ее частях. Данные аналогичных наблюдений в других районах Арктики представлены на интернет-сайте *www.atmos.washington.edu/sootinsnow*.

В 2008 г. предполагается продолжить эти исследования в восточной части российского побережья Арктики, чтобы сделать полное описание состояния загрязнения природной среды Арктики в целом. Полный комплект всех данных будет доступен всем участникам проекта.

31. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ПЕРЕНОСА ГАЗОВЫХ И АЭРОЗОЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ АТМОСФЕРЫ В СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ ПРИ ПОМОЩИ ПЕРЕДВИЖНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Основные участники и организаторы экспедиции: ИФА РАН,ВНИИЖТ, НИФХИ, Университет Хельсинки (Финляндия)

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ, МАЛЫЕ ГАЗОВЫЕ ПРИМЕСИ, ДИНАМИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В АТМОСФЕРЕ ПОЛЯРНЫХ И СУБПОЛЯРНЫХ РАЙОНОВ

Н.Ф.ЕЛАНСКИЙ (ИФА РАН)

В рамках международного проекта POLARCAT по МПГ 2007/08 в июле 2007 г. проведена экспедиция вагона-обсерватории TROICA-11 по маршруту Москва–Владивосток–Москва. В настоящее время этот вагон оснащен высокоэффективными автоматизированными системами, позволяющими проводить высокоточные измерения ключевых газовых компонент, системой отбора проб для исследований состава летучих органических соединений, изотопного и аэрозольного состава воздуха. Для управления приборами, первичного контроля качества и хранения данных разработано соответствующее программное обеспечение.

Общий вид вагона-обсерватории

Химическая лаборатория

Собраны данные о приземном составе воздуха, в том числе об озоне, окислах азота, метане, монооксиси углерода, диоксиде серы, летучих органических соединениях и аэрозолях.

Полученные в экспедиции данные использованы в исследованиях химического состава приземного воздуха:

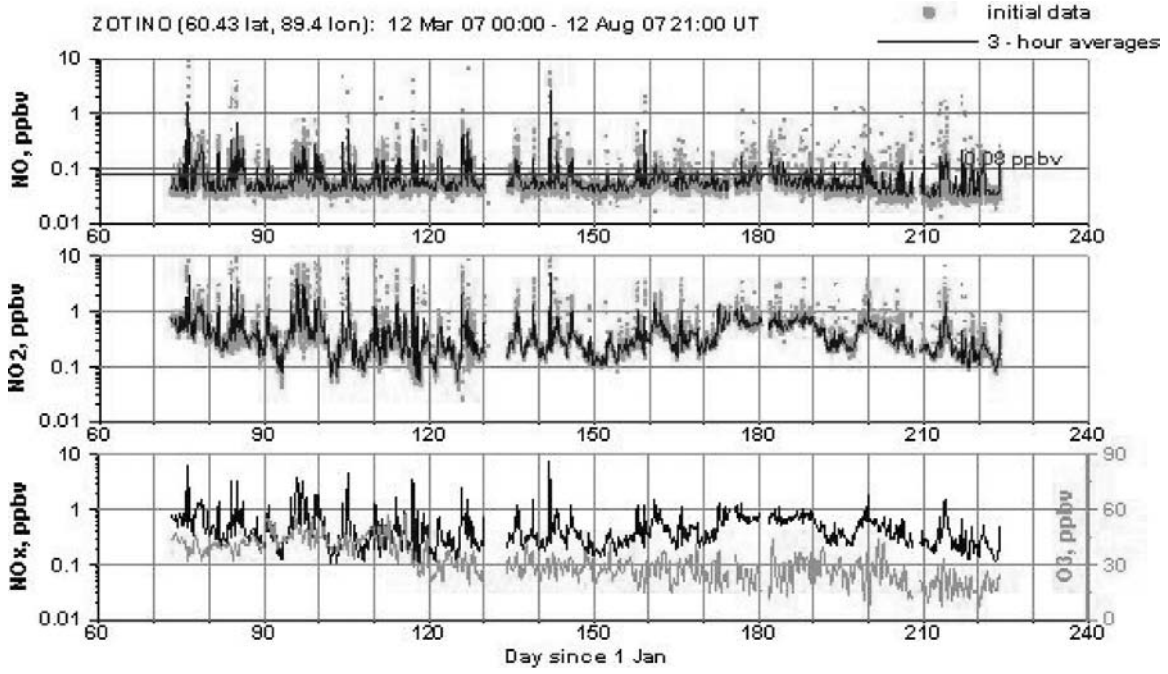
– в фоновых условиях,

– в условиях отдельных городов и индустриальных регионах в целом,

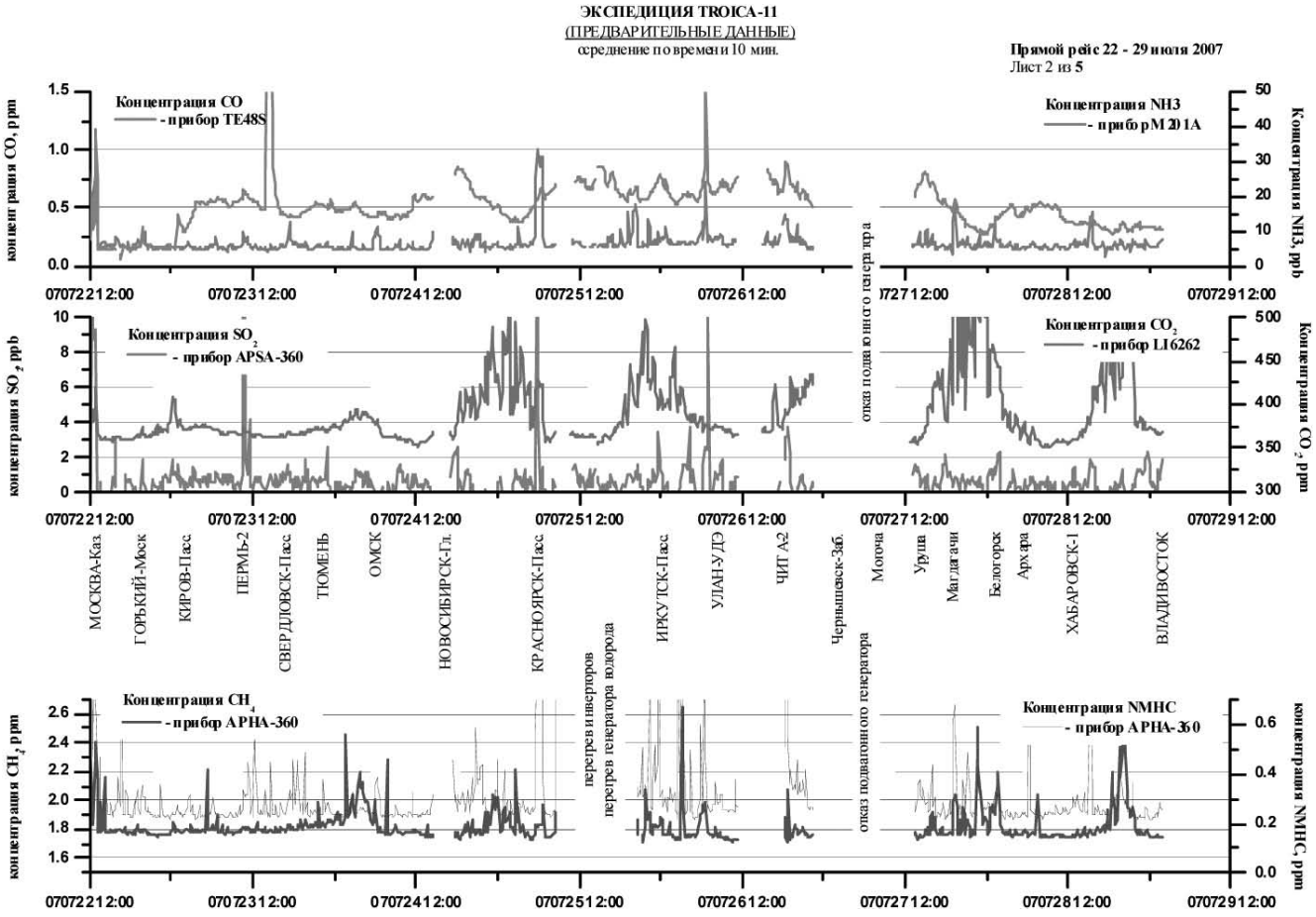
– в шлейфах крупных антропогенных источников эмиссий.

Данные наблюдений использованы также при анализе регионального переноса в Сибири, чтобы верифицировать разработанные методики пространственной локализации климатически значимых антропогенных источников атмосферных эмиссий.

С марта 2007 г. введен в эксплуатацию автоматизированный приборный комплекс для измерений



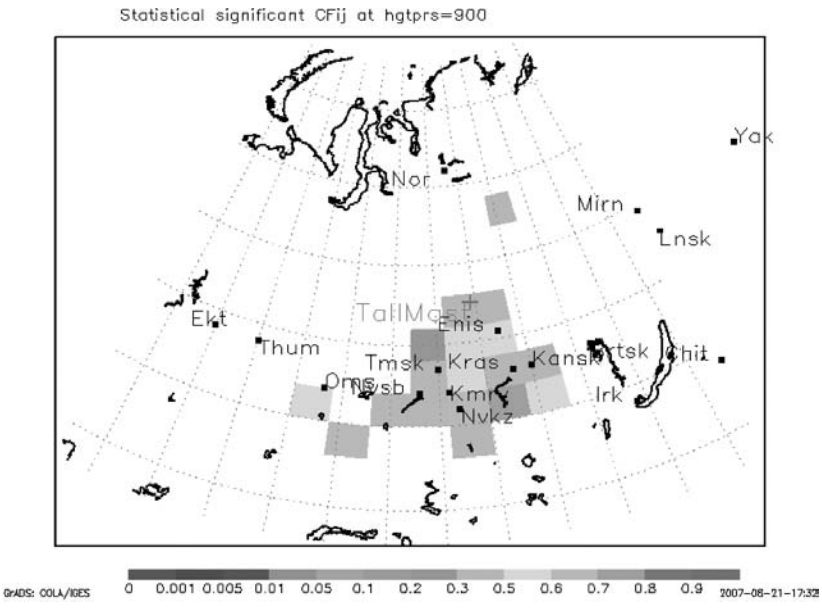
Приземные (на высоте 4 м) концентрации NO, NO_2, NO_x и O_3 (средние за 10 мин и 3 ч) по измерениям на станции Зотино



Наблюдения CO, SO_2 и CH_4 в экспедиции TROICA в июле 2007 г.

приземных концентраций окислов азота и озона на наблюдательной станции Зотино (Красноярский край).

Исходные ряды представляют собой средние за 10 мин значения параметров. Исследованы основные закономерности циркуляционных режимов атмосферы в Западной Сибири, установлены климатически значимые источники эмиссий окислов азота, в зоне влияния которых находится наблюдательная станция.



Пространственная идентификация климатически значимых региональных источников эмиссий окислов азота по данным наблюдений на станции Зотино. Цветовая шкала – относительный вклад данной области в суммарную эмиссию окислов азота

Установлено, что пункт наблюдений может периодически оказываться под воздействием значительных источников антропогенных загрязнений, расположенных, главным образом, на юге Западной Сибири и Красноярского края, которые следует учитывать при анализе дальнего переноса, в том числе в арктическую зону Западной и Восточной Сибири.

В качестве перспектив исследовательских работ на период 2008–2009 гг. предложено следующее:

– продолжение исследований процессов регионального и дальнего переноса с использованием данных наблюдений на станциях Зотино, Тикси и данных экспедиций TROICA;

– развитие системы наблюдений, установка автоматических приборных комплексов для мониторинга газового состава приземного воздуха на станциях.

32. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВДОЛЬ ТРАНСЕКТА «ОХОТСКОЕ МОРЕ–ПОЛЮС ХОЛОДА ЕВРАЗИИ»

Основные участники и организаторы экспедиции:
ИГ РАН, Институт технологии Китами (Япония)

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВДОЛЬ ТРАНСЕКТА «ОХОТСКОЕ МОРЕ – ПОЛЮС ХОЛОДА ЕВРАЗИИ»

М.Д.АНАНИЧЕВ (ИГ РАН)

1. Название экспедиции: Полевые работы на гляциологическом трансекте Магадан – Полюс Холода
2. Тип экспедиции: континентальная
3. Организации-участники экспедиции: Институт географии РАН, Россия; Kitami Institute of Technology, Япония
4. Платформа: летний полевой лагерь
5. Сроки работ: сентябрь, 2007 г.
6. Районы работ: Магаданская область, Республика Саха (Якутия)
7. Основные виды наблюдений: метеорологические наблюдения
8. Наименование и исполнитель (организация) научного проекта, в котором будут усвоены результаты экспедиции: Климатические факторы современной эволюции оледенения Северо-Восточной Сибири, ИГ РАН
9. Номер и/или название кластера по международной классификации (http://www.ipy.org/): № 37 The dynamic response of Arctic glaciers to global warming

33. «ЛЕНА-2008». ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ЛЬДИСТЫХ ТОЛЩ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

Основные участники и организаторы экспедиции: ИМЗ СО РАН, ААНИИ, МГУ, Институт А.Вегенера, Университет Гамбурга (Германия)

МЕРЗЛОТНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОБЕРЕЖЬЯ ВОСТОЧНО-АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ РОССИИ, ЭКСПЕДИЦИЯ «ЛЕНА–НОВОСИБИРСКИЕ О-ВА-2007»

М.Н.ГРИГОРЬЕВ
(Экспедиция Института мерзлотоведения СО РАН)

В июле–сентябре 2007 г. ИМЗ СО РАН вместе с ААНИИ, МГУ, Усть-Ленским заповедником, университетами Санкт-Петербурга и Якутска, со стороны России, и Институтом А.Вегенера (AWI, Потстдам), университетами Гамбурга, Берлина и Дрездена, с немецкой, проводил международную экспедицию «Лена–Новосибирские о-ва-2007» на побережье морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. В состав экспедиции вошли 14 российских и 17 немецких участников. Отряды экспедиции базировались в четырех пунктах (рис. 1):

1) о. Самойловский в дельте р. Лены (изучение гидрологии, гидробиологии, геоморфологии, почв и эмиссии парниковых газов в дельте);

2) Быковский п-ов, губа Буор-Хая, море Лаптевых (мерзлотно-геоморфологические исследования);

Рис. 1. Расположение базовых пунктов экспедиции

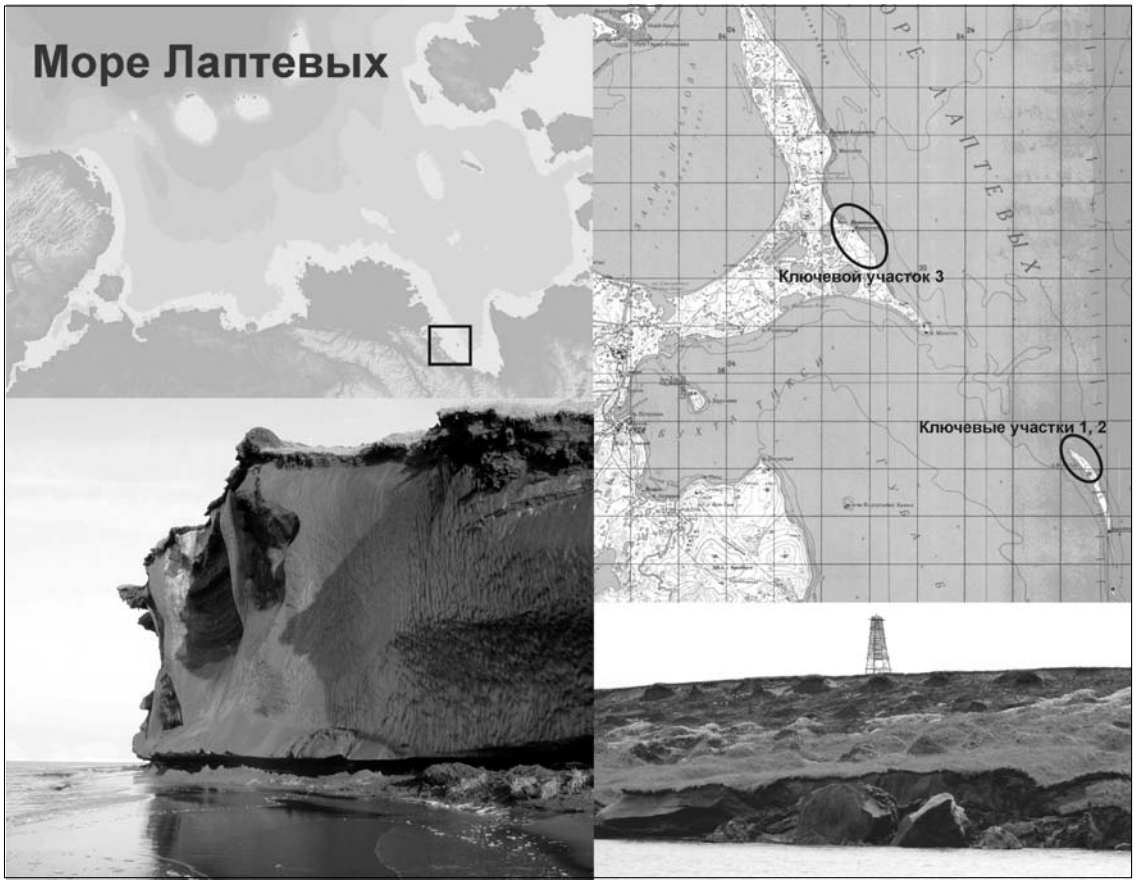


Рис. 2. Ключевые участки изучения береговых процессов в море Лаптевых: 1 – северный мыс о. Муостах; 2 – северо-восточный (термоабразионный) берег о. Муостах; 3 – северо-восточный (термоабразионно-термоденудационный) берег Быковского п-ова

3) южный берег о. Большой Ляховский, Восточно-Сибирское море (мерзлотно-геологические исследования);

4) урочище Ойягосский Яр на континентальном побережье, Восточно-Сибирское море (мерзлотно-геологические исследования).

Сотрудники Института мерзлотоведения принимали участие в организации экспедиции и работах полевых отрядов 2 и 4. Одними из основных задач в 2007 г. были:

– зафиксировать и показать изменения в темпах разрушения льдистых берегов в связи с изменением температурного и ледового режима в Арктике;

– разработать геокриологическую модель нивального литогенеза прибрежного ледового комплекса.

Рис. 3. Территория северной части о. Муостах на аэрофотоснимке 1951 г. и бровка термоабразионного уступа, установленная наблюдениями 2007 г.

Новые данные о темпах денудации льдистых берегов в Арктике. Рост температуры приземной атмосферы отмечается в последние годы в большинстве регионов Арктики. Резкое изменение природных условий не могло не сказаться на развитии береговой системы в Арктике. Особенно заметные изменения происходят в тех ее сегментах, где льдистость контактирующих с морем толщ составляет 50–80 %. В последние три года, особенно в 2007 г., заметное усиление деструкционных береговых процессов выявлено на многих наблюдаемых прибрежных полигонах. Темпы разрушения термоабразионных и термоденудационных берегов превысили на ряде участков средние многолетние нормы в 1,5–2,0 раза. Наиболее представительными являются ключевые участки на о. Муостах и Быковском п-ове (рис. 2), поскольку период наблюдений за динамикой берегов для Северо-Востока России здесь самый длительный.

В силу своей открытости к морским штормам и высокой льдистости дисперсных пород, слагающих о. Муостах, его северо-восточные берега разрушаются со средней скоростью 6, а северный мыс – 13 м в год (рис. 3). Вероятно, через 100–150 лет этот остров постигнет участь о-вов Семеновского, Васильевского, а также ряда других островов, полностью размытых морскими водами в Арктике.

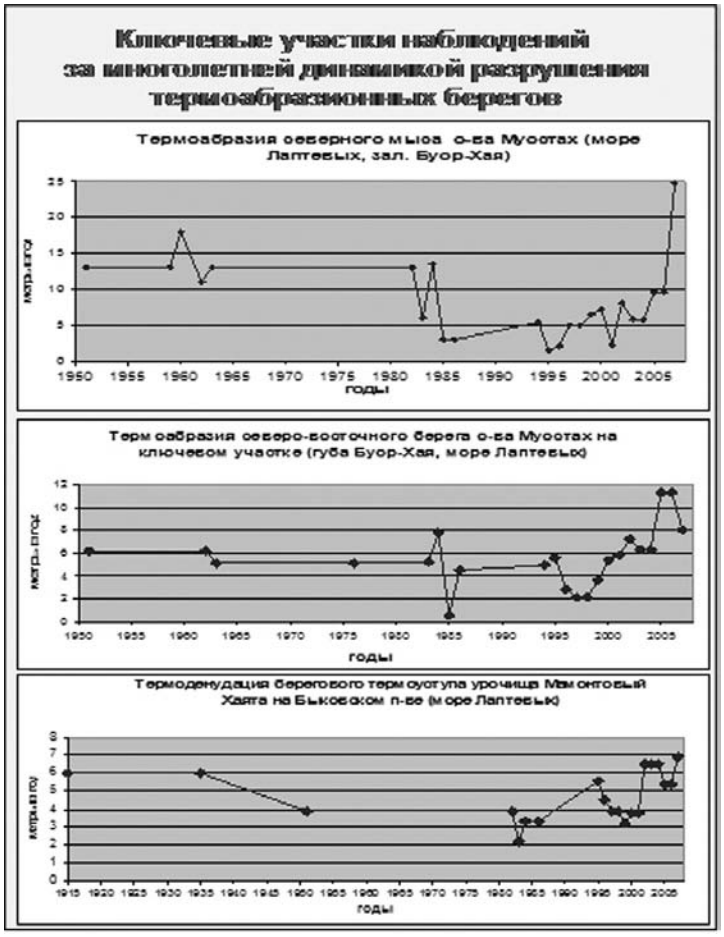


Рис. 4. Многолетняя динамика льдистых берегов на ключевых участках

В последние три года, и особенно в 2007 г., отступание льдистых берегов моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря заметно ускорилось (рис. 4). По данным проведенных наблюдений, диапазон скоростей разрушения термоабразионно-термоденудационных берегов о. Муостах и Быковского п-ова увеличился в 1,5–2,0 раза в сравнении со средними многолетними темпами.

В 2006–2007 гг. наблюдалась резкая активизация склоновых процессов на прежде стабильных берегах, характеризовавшихся задернованными склонами. Значительная часть таких склонов утратила дерновый покров в результате развития солифлюкционных и других процессов криогенеза. Во многих местах это привело к выходу на поверхность ископаемых льдов и толщ льдистого грунта, что даже без воздействия морской эрозии способствует разрушению берегов.

Климатические изменения в Арктике достаточно ярко отразились в развитии береговой системы, особенно в формировании льдистых берегов Арктики. Ускоренное отступание таких берегов коррелирует в исследу-

емом регионе со значительным повышением летних температур воздуха и усилением штормовой активности в связи с сокращением площади паковых льдов в акватории морей, а также с некоторым увеличением толщины сезоннопротаивающего слоя на береговых склонах.

Геокриологическая модель нивального литогенеза. Проблема генезиса отложений ледового комплекса, широко распространенных в Сибири и часто состоящих более чем наполовину своего объема из тел ископаемого льда (рис. 5), еще не решена окончательно и привлекает пристальное внимание ученых.

В результате исследований последних лет впервые построена геокриологическая модель нивального литогенеза (рис. 6). Исследовано взаимодействие материала холодных навеянных снежников и их талых вод с сезоннопротаивающим слоем нивальных мерзлотных ландшафтов. Найденные в области многолетней мерзлоты продукты нивального литогенеза – экстранивиты принадлежат к особой разновидности континентальных четвертичных отложений склонового ряда, насыщенных сегрегационным и повторно-жильным льдом.

Рис. 5. Разрез пород ледового комплекса на побережье Ойягосского Яра, Восточно-Сибирское море (2007 г.)

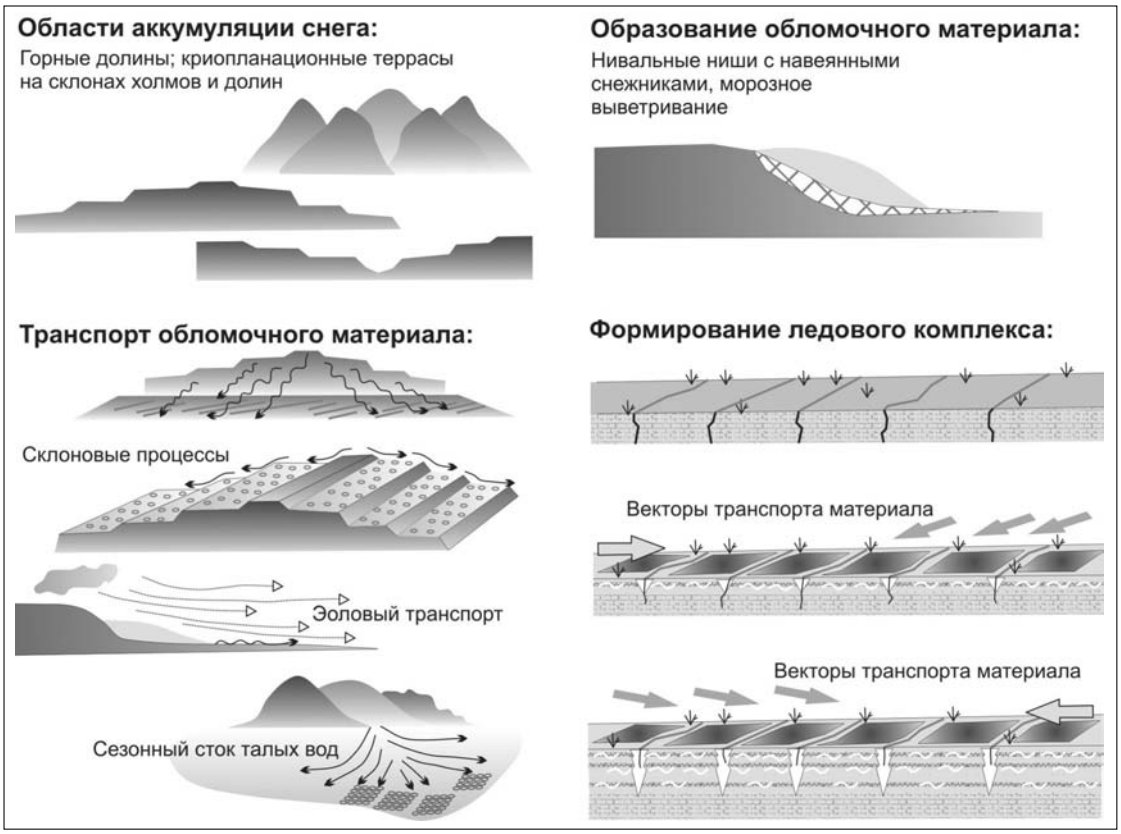


Рис. 6. Геокриологическая модель нивального литогенеза

34. ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕЗИСА И ДИНАМИКИ ПОДЗЕМНЫХ ЛЬДОВ ЕНИСЕЙСКОГО СЕВЕРА

Основные участники и организаторы экспедиции: ИМЗ СО РАН

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕЗИСА И ДИНАМИКИ ПОДЗЕМНЫХ ЛЬДОВ ЕНИСЕЙСКОГО СЕВЕРА

О.А.КАЗАНСКИЙ (Экспедиция Института мерзлотоведения СО РАН)

Исследованиями в пределах Норильской впадины установлено, что напорные грунтовые воды, широко распространенные в Норильском районе, часто проникают в рыхлые песчаные и трещиноватые скальные породы, что создает благоприятные условия для роста сегрегационных пластов льда мощностью до 15 м. Выявлен ключевой признак сегрегационного генезиса подземных пластовых льдов, заключающийся в наличии серий переходов чистого слоя льда в атакситовую криотекстуру и наоборот.

35. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ И КРИОЛИТОЗОНЫ НА НЕФТЕГАЗОВЫХ И РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЕНИСЕЙСКОГО СЕВЕРА

Основные участники и организаторы экспедиции: ИМЗ СО РАН

ИССЛЕДОВАНИЯ КРИОЛИТОЗОНЫ АРКТИКИ НА СУШЕ И В МОРЕ В 2007 г.

Е.А.СЛАГОДА (ИКЗ СО РАН)

В 2007 г. ИКЗ СО РАН под научным руководством академика В.П.Мельникова организовал и выполнил две экспедиции по направлениям «Исследования эволюции криосферы прибрежно-морской области и шельфа Российской Арктики» и «Динамика криолитозоны Российской Арктики в связи с изменением климата». Проведены исследования криосферы полярных областей суши и моря в районах Европейского Севера, Урала, Западной и Восточной Сибири, в Карском море и море Лаптевых. В этих регионах в июле–октябре 2007 г. работало семь экспедиционных отрядов с участием зарубежных исследователей, российских студентов и аспирантов, выполнивших полевые работы в низовьях р. Печоры, на Югорском п-ове Полярного Урала, на п-ове Ямал – месторождение Бованенково, полярная станция Марре-Сале, в районе городов Надым и Уренгой в Западной Сибири, на Таймыре Восточной Сибири.

Наблюдения за характеристиками криолитозоны в на суше и в море в 2007 г. позволили изучить следующее:

– криогенные условия и криогенные геологические процессы на суше и в прибрежной части моря;

– строение, свойства и распространение многолетнемерзлых и посткриогенных (протаявших на месте) толщ в обнажениях и скважинах;

– изменения климата и палеоклимата;

– наземные экосистемы Арктики;

– строение и температурный режим отложений на побережье и дне Карского и Баренцева морей, моря Лаптевых.

Отряды на Западном Ямале и Западном Таймыре. На геокриологическом полигоне Марре-Сале, расположенном на восточном берегу Байдарацкой губы Карского моря в 2007 г. в прибрежно-морской области изучалась динамика криосферы Арктики на основе мониторинга континентальной и субаквальной мерзлоты в условиях меняющегося климата.

Марре-Сале – мыс на западе п-ова Ямал, на котором расположена полярная станция, и наши экспедиции добираются до места работ на вертолете. Здесь уже больше 20 лет ведутся регулярные геокриологические исследования температуры и криогенного строения многолетнемерзлых пород, гидрологических, климатических и геокриологических факторов динамики отступания берегов Байдарацкой губы. Наиболее дискуссионной остается проблема происхождения крупных залежей пластовых льдов. Распространение мощных ледяных пластов и прогноз опасностей для инженерно-хозяйственных сооружений – просадки при их вытаивании, катастрофическое развитие криогенных склоновых процессов определяются их генезисом. Ряд исследователей считают пласты льда захороненными реликтами наземных и шельфовых ледников, геокриологи объясняют происхождение внутригрунтовых пластов льда криогенными процессами – промерзанием вод внутри толщ отложений. Для решения этих вопросов необходимо установить не только внутреннюю структуру льда, но взаимоотношения пластов льда со вмещающими породами и криогенными образованиями в перекрывающих толщах. Опробование мерзлых отложений в стенках береговых обнажений часто требует акробатической ловкости от исследователей.

На западном Таймыре с борта т/х «Федор Наянов» проведены исследования берегов р. Енисей и Енисейского залива от Дудинки до Диксона. Проведены работы по двум направлениям:

Ключевые участки на побережье Югорского п-ова

Ледовый комплекс Западного Таймыра – многолетнемерзлые тонкодисперсные отложения с крупными ледяными жилами, возникшими в результате морозобойного растрескивания поверхности в не очень далеком прошлом

1) геокриологические исследования естественных ландшафтов и обнажений;

2) геоботанические исследования для оценки связи строения, свойств мерзлых пород и характеристик ландшафтов, включая растительный покров и почвы.

Получены данные и предварительно установлено смещение границы лесной зоны и границ природно-климатических зон Западного Таймыра до 20 км к северу за последние 30 лет. На участке «Сопкарга» организован новый полигон для мониторинга современного новообразования мерзлоты на низких аккумулятивных морских поверхностях. Изучено геокриологическое строение и свойства основных криолитологических типов мерзлых толщ, впервые установлены границы распространения и особенности отложений «ледового комплекса» Западного Таймыра.

Проведена полевая практика студентов и аспирантов географического факультета Московского и Санкт-Петербургского государственных университетов, изучающих природную обстановку в Арктике. На реальных природных объектах студенты и аспиранты освоили методы изучения арктических ландшафтов, растительного и почвенного покровов, разрезов многолетнемерзлых толщ. Студентами собран коллекционный материал для курсовых и дипломных работ на фактических данных, а также прослушан курс лекций с реальными природными примерами об особенностях формирования и эволюции многолетнемерзлых толщ и ландшафтов Западного Таймыра. Проведены измерения и установлены зависимости скоростей и типов отступания берегов от основных климатических параметров и их изменения во времени, установлено, что уменьшение ледовитости Карского моря летом у берегов Югорского п-ова приводит к увеличению доли термоабразии в разрушении берегов, вмещающих пластовые льды.

Проведены ландшафтная съемка и классифицирование космических снимков, установлены зависимости скоростей отступания берегов от структуры и пространственной изменчивости ландшафтов. Исследовано развитие термоэрозии при меняющемся климате. Установлено увеличение роли термоэрозии в разрушении берегов в многоснежную зиму: весна и лето 2007 г. отличались распространением мощных снежников на берегах Югорского п-ова и ледовитостью Карского моря вблизи его берегов, а активное снеготаяние при ограничении волновой деятельности привело к развитию термоэрозии.

Исследование динамики берегов Югорского п-ова (южный берег Карского моря) в 2001–2007 гг. показало, что пластовый лед в геологических разрезах определяет ведущую роль термоденудации в разрушении берегов. Два обычно выделяемых типа берегов криолитозоны: термоэрозионный и термоденудационный – невозможно использовать в исследовании, связанном с изменениями во времени. Любая часть побережья в краткосрочной динамике при колебаниях климата может не только преобразоваться из стабильной в активно отступающую, но на ней может смениться доминирующий процесс или комплекс процессов, развивающихся одновременно. Годы с усиленным волновым накатом увеличивают долю берегов с доминирующим термоабразионным механизмом. Смешанный тип разрушения берегов проявляется, когда «верхняя» бровка отступает под действием термоденудации, в то время как «нижняя» бровка разрушается термоабразией. На отдельных участках берега в отдельные годы может также доминировать термоэрозия в сочетании с термоденудацией и нивацией.

Из климатических факторов основным, определяющим темпы отступания берегов, является сумма летних значений температуры воздуха. Доминирующий механизм, определяющий зависимый от времени (динамический) тип берегов, определяется климатическими параметрами:

– волновым накатом, вызванным ранним разрушением морского льда и сильными ветрами в сторону суши;

– значительными зимними осадками, в результате которых образуется множество снежников, вызывающих при таянии в условиях дружной весны активную термоэрозию и криогенное оползание.

Ландшафтная дифференциация территории – это существенный фактор, который влияет на термоденудационные процессы. Скорость отступания термоденудационных уступов связана с изменениями различных компонентов ландшафта и их комбинаций: крутизны склона, дренированности поверхности, доли моховой формации, сомкнутости растительного покрова. Темпы отступания термоденудационных уступов изменяются не только под действием колебаний климатических параметров, но

и при переходе бровки уступа в другой ландшафт, отличающийся устойчивостью к термоденудации.

Изучены разрезы и криогенные образования в стенках термоцирков, опробованы плейстоценовые и современные генетические типы осадков, с борта НИС «Иван Петров» получены колонки керна и измерены температуры осадков Байдарацкой губы по профилю п-ов Югорский – п-ов Ямал для реконструкции строения мелководного шельфа и диагностики следов криогенеза в отложениях дна Карского моря.

Отряд в районе Печорской губы. Исследования на геокриологическом полигоне «Мыс Болванский», расположенном в устье Печоры на юге Баренцева моря, включали в себя:

– мониторинг геокриологических параметров мерзлых толщ и климатических условий южной тундры;

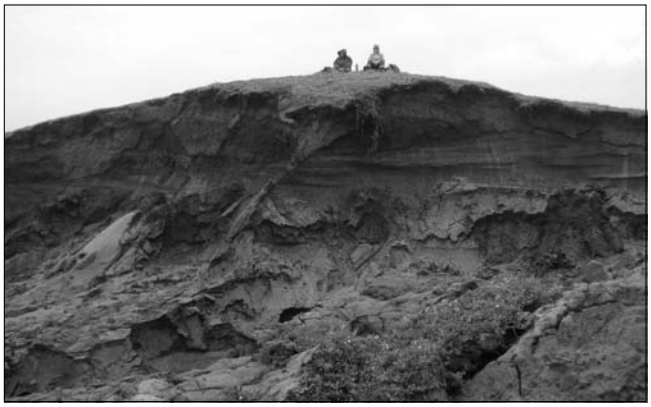
– измерения термабразии берегов.

Получены данные о глубинах протаивания и температуре деятельного слоя на площадках R24 международного проекта CALM II (Circumpolar Active Layer Monitoring), по скважинам получены данные о внутригодовой динамике температуры мерзлых пород, в рамках международного проекта TSP (Thermal State of Permafrost) для наблюдений за состоянием мерзлоты оборудованы новые скважины. Выполнены сейсмические исследования строения кровли мерзлых толщ в мелководной части шельфа, и разработана методика сейсмического малоглубинного зондирования в прибрежной части моря.

Отряды на Центральном и Южном Ямале. На Надымском стационаре в рамках проектов «Расцвет Арктики» и TSP проведены полевые комплексные ландшафтные и геокриологические работы с международным участием, измерены глубины протаивания деятельного слоя, температуры многолетнемерзлых пород в режимных скважинах, выявлена изменчивость геосистем и взаимосвязи растительного покрова с глубиной сезонного протаивания и температурой почвы.

Впервые исследованы аквальные геосистемы: озера типизированы по морфометрическим показателям, данным измерения температуры воды на разных глубинах и составу донных осадков. Получены предварительные данные по фитоценотическим параметрам растительных сообществ и учету мелких млекопитающих на естественных и нарушенных наблюдательных площадках. Результаты измерения глубин сезонного протаивания и температуры пород в скважинах показали, что эти параметры продолжают увеличиваться в связи с возрастанием температуры воздуха.

На стационаре «Васькины Дачи» в районе Бованенковского месторождения (Центральный Ямал) и на 147-м километре железной дороги Обская–Бованенково в районе п. Лабораторная (Южный Ямал) в рамках проектов МПГ («Расцвет Арктики») проведены работы с международным участием, измерены глубины протаивания деятельного слоя на новых и режимных площадках; получены комплексные характеристики растительности, сопоставлены данные дистанционных исследований ландшафтной структуры Ямала с полевыми материалами.



Пластовый лед в термоцирке «Первая Песчаная», 2007 г.

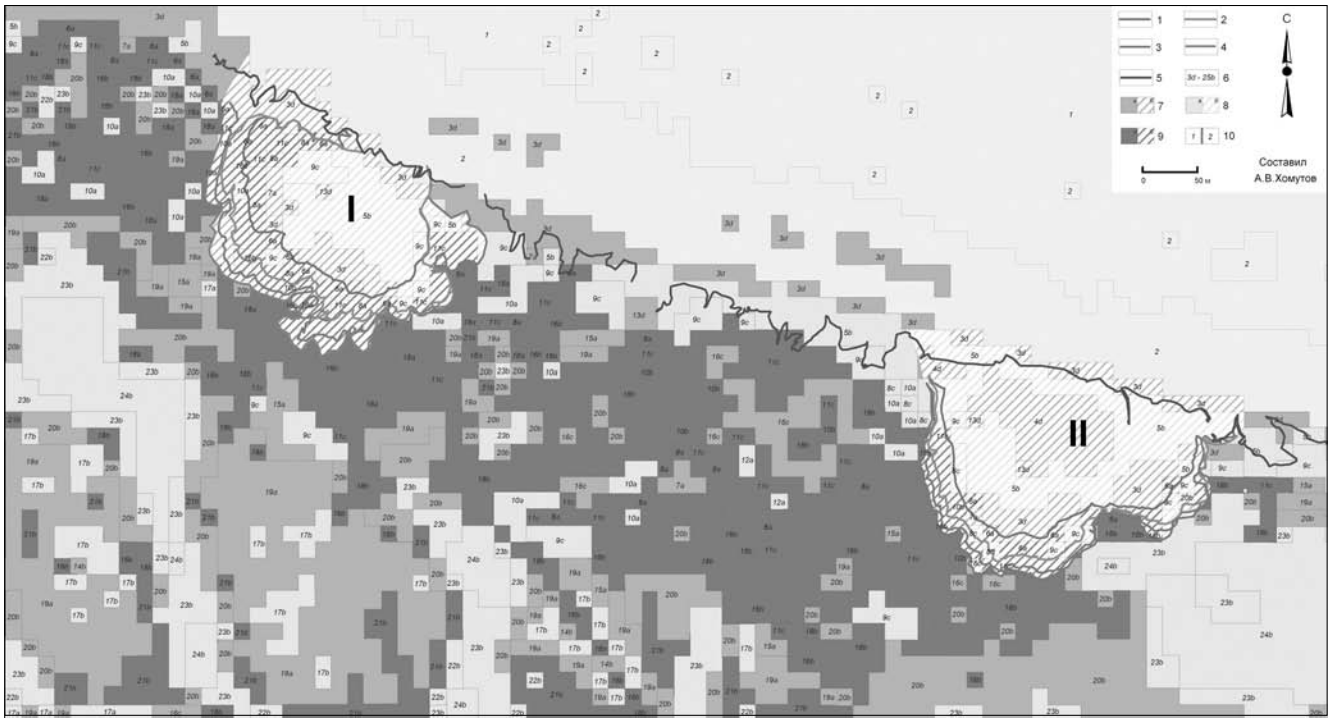
Отряд в Новом Уренгое. На территории Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ) проведены работы в рамках проекта TSP:

– измерена температура мерзлых пород на глубине 8–11 м в 15 скважинах на режимных полигонах, 4 наблюдательные скважины были оборудованы новыми 4-канальными логгерами типа HOBO U12 с глубинами измерения температуры 0, 3, 5 и 10 м;

– обобщены данные о многолетнем изменении температуры вечной мерзлоты по типичным и атипичным ландшафтам территории Уренгойского НГКМ, которые показали, что мерзлота деградировала неравномерно, в зависимости от ландшафтных условий.

В 2006–2007 гг. в рамках проекта TSP по программе МПГ 2007/08 шесть наблюдательных скважин на стационарах оборудованы 4-канальными логгерами типа HOBO U12. В качестве стандартных выбраны глубины измерения 0, 3, 5 и 10 м. Частота измерений – не менее 2 раз в сутки.

Изменения среднегодовой температуры грунтов весьма сглажены по сравнению с изменениями во внешних средах (например, с изменениями температуры воздуха). Это позволяет проследить общие геокриологические тенденции, не скрытые флуктуациями и экстремумами. На Уренгойском НГКМ температура мерзлоты возросла приблизительно на 1°С в 1975–1993 гг. из-за естественной динамики климата. Техногенное воздействие добавило еще 1,0–2,5 °С, но это повышение узко локализовано около сооружений. Существенно, что изменения температуры грунтов различны для разных ландшафтов (геосистем ранга урочища) и меняются в широких пределах. В южной лесотундре подъем температуры многолетнемерзлых пород (ММП) меняется от 0,6 до 2,1 °С. В северной лесотундре и южной тундре подъем несколько меньше (от –0,1 до1,6 °С). Режимные наблюдения 1994–1997 гг. показали замедление роста температуры. Процессы следующих 5 лет подтвердили это, что позволяет предположить смену цикла потепления циклом понижения температуры.



Карта устойчивости ландшафтных комплексов побережья Байдарацкой губы к отступанию под действием термоденудации для ключевого участка «Первая Песчаная» Югорского п-ова:
I – Западный термоцирк, II – Восточный термоцирк; линии бровки термоцирков: 1 – 2001 г., 2 – 2005 г., 3 – 2006 г., 4 – 2007 г.; 5 – линия берегового уступа 2007 г.; 6 – индексы ландшафтных комплексов; степень устойчивости ландшафтных комплексов к отступанию (а – ненарушенных, б – нарушенных термоденудацией): 7 – устойчивые, 8 – среднеустойчивые, 9 – неустойчивые; 10 – море

В высоких кустарниках, где в зимний период аккумулируется много снега и где даже в начале цикла потепления температура грунтов была близка к 0 ˚ С, происходит деградация ММП. Кровлю мерзлоты здесь можно обнаружить только на глубине приблизительно 10 м. Аналогичный процесс происходит в лесных урочищах. Таяние ММП не прекращается там и в наше время.

На тундровых урочищах и в болотах в середине 1990-х гг. потепление мерзлоты сменилось ее охлаждением. Наиболее значительное охлаждение грунтов фиксируется на различных буграх.

Интересно отметить, что в результате изменения температуры различные геосистемы приобретают идентичные значения температуры грунта: приблизительно 0 ˚С для участков деградации мерзлоты и 1,0–1,4 ˚С для мест, где мерзлота сохранилась.

Аналогичные процессы идут в южнотундровой ландшафтной зоне, но происходят они при более низкой температуре. Все геосистемы ранга урочища охарактеризованы некоторым незначительным максимумом температуры. При этом разные скважины в тундровой зоне показывают очень близкие и достаточно низкие значения температуры: 4–5 ˚С для типичных условий.

Короткий период последних трех лет, включая 2007 г., характеризуется общей для севера Западной Сибири тенденцией – незначительным увеличением температуры грунтов по сравнению с замедлением ее роста в 1994–2004 гг. Поэтому генеральный тренд среднегодовой температуры горных пород в регионе окончательно не установлен.

Проведены геологические и геокриологические работы с борта НИС «Иван Петров» в составе комплексной экспедиции ААНИИ и ВНИИОкеангеология в 2007 г. Опробованы донные осадки морей Баренцева, Карского и Лаптевых, измерена температура, изучены колонки отложений и зафиксированы посткриогенные текстуры в протаявших отложениях до глубин 12 м ниже дна моря.

Документация, опробование разрезов береговых обнажений и колонок морских отложений в Карском море. В 2008–2009 гг. в рамках реализации МПГ запланировано проведение международных экспедиций в Арктику:

– в Печорскую губу;

– на п-ова Югорский и Ямал;

– в Надым, Уренгой и на о. Белый (Западная Сибирь);

– на Таймыр (Восточная Сибирь);

– на мелководье Баренцева и Карского морей.

Планируется измерение геокриологических параметров на режимных площадках, изучение криогенных процессов, ландшафтов, разрезов квартера, криогенных явлений, анализ кернов скважин. Предполагается участие в наземных и морских экспедициях совместно с ААНИИ, ВНИИОкеангеология и др.

36. ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ И КРИОЛИТОЗОНЫ ЯНО-ОЙМЯКОНСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ

Основные участники и организаторы экспедиции: ИМЗ СО РАН

ПЛЕЙСТОЦЕНОВОЕ ОЛЕДЕНЕНИЕ НОВОСИБИРСКИХ ОСТРОВОВ – СОМНЕНИЙ БОЛЬШЕ НЕТ

А.Э.БАСИЛЯН, П.А.НИКОЛЬСКИЙ (ГИН РАН); М.А.АНИСИМОВ (ААНИИ)

Плейстоценовые оледенения севера Сибири – их масштабы; период развития; продолжительность; то, сколько их было, да и сам факт существования – все это остается предметом дискуссий. В полной мере это относится и к оледенению Новосибирских о-вов. Идею их оледенения впервые высказал более 100 лет назад Э.В.Толль [11], принимавший за остатки ископаемых глетчеров повторно-жильный лед, широко распространенный в четвертичных отложениях севера Яно-Индигирской низменности и Новосибирских о-вов. Когда был выявлен механизм образования этих льдов [8, 10], стало очевидно, что они не имеют никакого отношения к покровным ледникам. С тех пор укрепилось мнение, что в этом регионе во время похолоданий чрезвычайно сильная континентализация климата препятствовала образованию ледников. Хотя еще в начале XX века К.А.Воллосович [6] на северном берегу о. Новая Сибирь описал пластовые льды, которые позже изучали участники многих тематических и съемочных экспедиций, во второй половине XX века никто не признавал их ледниковое происхождение. Едва ли не единственным, кто продолжал отстаивать идею оледенения Новосибирских о-вов, был М.Г.Гросвальд [7]. Однако его выводы основаны на дешифрировании аэрофотоснимков и анализе отчетов съемочных партий, не были подкреплены полевыми наблюдениями и поэтому не нашли широкого признания. Таким образом, проблема оледенения Новосибирского архипелага не решена до последнего времени. Полученные авторами новые данные по геологическому строению и стратиграфии четвертичных отложений островов не оставляют места для сомнений в том, что некоторое время в четвертичном периоде часть архипелага была покрыта ледником.

В 2001–2004 гг. авторы изучали естественные обнажения четвертичных отложений о-вов Фаддеевский, Новая Сибирь и Большой Ляховский. Обследованы немногочисленные обнажения на о. Жохова, проведены рекогносцировочные маршруты на о. Котельном и на юге Земли Бунге. Установлено, что вся толща осадочных пород, развитых на о-вах Новая Сибирь и Фаддеевский, подразделяется на две части:

1) внизу интенсивно дислоцированные отложения, включающие в себя мощные пластовые льды;

2) залегающие выше несогласно ненарушенные толщи.

На основании текстурных и структурных особенностей выдвинуто предположение, что дислокации имеют гляциотектоническую природу, а пластовые льды являются реликтами придонной части глетчерных льдов покровного оледенения [1, 4]. Геохимические и изотопные исследования пластовых льдов в полной мере подтвердили это предположение. Реконструкции направлений напряжений, при-

Палеогеографическая схема оледенения Новосибирских о-вов

ведших к деформациям отложений и самих пластовых льдов на о-вах Новая Сибирь и Фаддеевский, показывают, что центром оледенения могли быть о-ва Де-Лонга [2, 3], на которых и сейчас есть небольшие ледники [5].

Лагерь на о. Фаддеевском близ мыса Сана-Балаган

Ледник дислоцировал плейстоценовые отложения, а также подстилающие их меловые и палеогеновые толщи. Нарушения с образованием линейных вытянутых складок с углами падения крыльев до 45–50° отмечены, например, в разрезах мыса Каменный (о. Новая Сибирь). Чешуйчатая гляциотектоническая структура четвертичных отложений вскрывается в разрезах мыса Сана-Балаган (о. Фаддеевский), меловых – в разрезах мыса Утес Деревянных Гор (о. Новая Сибирь). В результате экзарационной деятельности ледника комплекс дислоцированных отложений срезан на уровне 40 м на севере о. Новая Сибирь и на уровне 30 м на о. Фаддеевский. Выровненная поверхность на этих островах усеяна грубообломочным материалом абляционной морены, в составе которого встречаются валуны с ледниковой штриховкой. Некоторые из них достигают 1,5 м в диаметре.

Напротив, четвертичные отложения на о. Большой Ляховский не имеют следов ледниковой деятельности. По-видимому, ледник не дошел сюда. Здесь континентальные четвертичные отложения с сингенетическими повторно-жильными льдами в течение квартера нарушались исключительно термокарстовыми процессами, которые усиливались во время относительных потеплений климата. Стратиграфическая последовательность этих толщ повторяется на противоположном берегу пролива Дм.Лаптева, в береговых обнажениях Ойогос-Яра, и обнаруживает много общих черт с четвертичными отложениями Яно-Индигирской низменности [9]. Таким образом, судя по особенностям строения четвертичного покрова, территория Яно-Индигирской низменности, Ляховские о-ва и о. Котельный не подвергалась покровному оледенению.

Возраст древнего оледенения – важного для севера Восточной Сибири геологического события – установлен путем изучения вмещающих пластовые льды отложений с использованием комплекса биостратиграфических методов и радиологического датирования. Пластовые льды перекрыты морскими мелководными отложениями, переходящими вверх по разрезу в континентальные толщи, из которых собрано множество костей млекопитающих позднеоплейстоценового мамонтового комплекса. По костям получена большая серия радиоуглеродных дат, наиболее древняя из которых 48,6 ± 1,5 тыс. лет (GIN-11818).

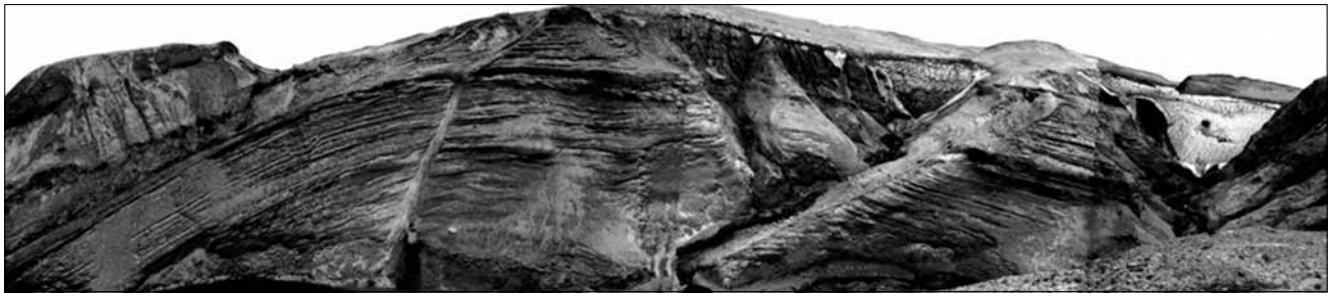
Другой очень важный подход в определении возраста древнего ледника – датирование уран-ториевым методом раковин моллюсков из подстилающих и перекрывающих пластовые льды отложений. На о. Новая Сибирь получены следующие уран-ториевые даты (в тысячах лет):

– из подстилающих отложений 178,0 (–25,2/+33,7) и 79,8 (–8,6/+7,9);

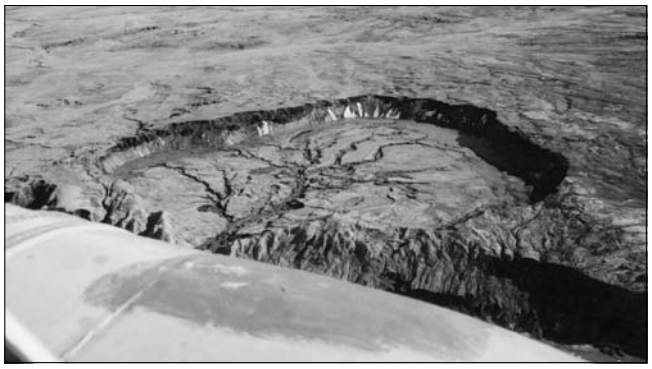
– из перекрывающих отложений 84,7 (–6,2/+6,6) и 70,6 (–9,8/+10,9).

С учетом ошибки измерений возраст оледенения приблизительно оценен в 80 тыс. лет. Однако все приведенные уран-ториевые даты омоложены в результате диагенетического загрязнения материала раковин изотопами из вмещающих отложений. Следовательно, оледенение не может быть моложе 80 тыс. уран-ториевых лет. В песчаной линзе пляжных отложений, отложившихся сразу после таяния глетчерного льда, вместе с раковинами моллюсков обнаружены остатки мелких млекопитающих, изученные В.С.Зажигиным. Возраст этой фауны по эволюционному положению копытных леммингов – самое начало позднего неоплейстоцена. Таким образом, возраст самого ледника немного древнее, по-видимому, это самый конец среднего неоплейстоцена.

Судя по направлению напряжений дислокаций, изученных в строении льда и подстилающих отложениях, ледник двигался с севера-северо-востока на о. Новая Сибирь и с северо-востока на о. Фаддеевский. Центрами оледенения, видимо, были возвышенности о-вов Жохова и Беннетта архипелага Де-Лонга, с которых лед мог растекаться во всех на-



Морские среднеплейстоценовые отложения, смятые ледником в антиклинальную асимметричную складку



Огромный термоцирк (400 м в диаметре),
в котором под позднеплейстоценовыми морскими отложениями
вскрываются пластовые льды – реликты плейстоценового оледенения.
Бухта Мира, о. Новая Сибирь

Валун со следами ледниковой штриховки.
Абляционная морена на выровненной ледником поверхности
на о. Фаддеевский.
Мыс Сана-Балаган

правлениях. Пока нельзя уверено очертить контуры максимального оледенения, а лишь только представить на основании прямых и косвенных данных его размеры. Вероятно, гряды конечных морен, позволяющие ограничить распространение глетчерного льда в плейстоцене, в настоящее время затоплены и погребены морскими осадками на дне пролива Санникова. На схеме показан масштаб оледенения, границы которого еще предстоит уточнить.

В настоящее время можно заключить, что оледенение Новосибирских островов – уникальное геологическое событие четвертичного периода, во многом предопределившее геологическое строение и характер современного рельефа севера Восточной Сибири в конце среднего неоплейстоцена. Отметим, что при определенных условиях во время возможного будущего похолодания климата современные ледники на северных островах архипелага Де-Лонга могут стать центрами нового оледенения.

Работы выполнены при поддержке российско-американского проекта «Жохов-2000», гранта РФФИ № 06-05-64049 и программы ОНЗ14 Президиума РАН.

Список литературы

1. *Анисимов М.А., Тумской В.Е., Иванова В.В.* Пластовые льды Новосибирских островов как реликт древнего оледенения // Материалы гляциологических исследований. 2006. Вып. 101. С. 143–145.

2. *Басилян А.Э., Никольский П.А.* О плейстоценовом оледенении Новосибирских островов // Материалы Всерос. науч. совещ. «Геологические события неогена и квартера России: современное состояние стратиграфических схем и палеогеографические реконструкции». М., 2007. С. 10–12.

3. *Басилян А.Э., Никольский П.А.* Опорный разрез четвертичных отложений мыса Каменный (о. Новая Сибирь) // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 2007. № 67. С. 76–84.

4. *Басилян А.Э., Никольский П.А., Тумской В.Е., Анисимов М.А.* Стратиграфия четвертичных отложений Новосибирских островов и севера Яно-Индигирской низменности // Тез. докл. Междунар. рабоч. совещ. «Проблемы корреляции плейстоценовых событий на Русском Севере». СПб., 2006. С. 16–17.

5. *Веркулич С.В., Крусанов А.Г., Анисимов М.А.* Современное состояние и тенденции оледенения о. Беннетта за последние 40 лет // МГИ. 1989. Вып. 70. С. 111–115.

6. *Воллосович К.А.* О геологических работах на Новосибирских островах: Отчеты о работах Русской Полярной Экспедиции // Изв. Императорской Академии Наук. 1902. Т. XVI. № 5, прил. 9. С. 46–49.

7. *Гросвальд М.Г.* Признаки покровного оледенения Новосибирских островов и окружающего шельфа // ДАН СССР. 1988. Т. 302. № 3. С. 654–658.

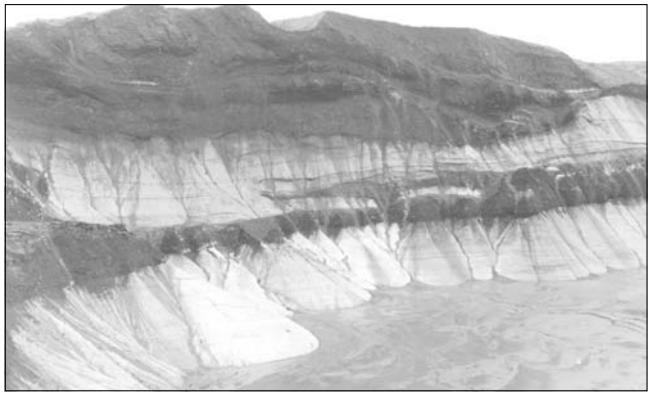
8. *Достовалов Б.Н.* О физических условиях образованияморозобойных трещин и развития трещинных льдов рыхлых пород // Исследование вечной мерзлоты в Якутской республике. 1952. Вып. 3. С. 162–194.

9. *Никольский П.А, Басилян А.Э.* Мыс Святой Нос – опорный разрез четвертичных отложений севера Яно-Индигирской низменности // Естественная история российской восточной Арктики в плейстоцене и голоцене. М., 2004. С. 5–13.

10. *Попов А.И.* Морозобойные трещины и проблемы ископаемых льдов // Тр. Ин-та мерзлотоведения АН СССР. 1952. Т. 9. С. 199–206.

11. *Толль Э.В.*Ископаемые ледники Новосибирских островов, их отношение к трупам мамонтов и ледниковому периоду // Зап. Императорского русск. геогр. общества. 1897. Т. 32. № 1. 139 с.

Чешуйчатое строение пластовых льдов на о. Фаддеевский.
Мыс Сана-Балаган



Пластовые льды мощностью более 20 м.
Бухта Мира, о. Новая Сибирь

37. ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИИ КРИОЛИТОЗОНЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА АЗИАТСКОГО СЕКТОРА АРКТИКИ

Основные участники и организаторы экспедиции: ИМЗ СО РАН,
Якутский государственный университет,
Геофизический институт Университета Аляски (США)

МОНИТОРИНГ КРИОЛИТОЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА В 2007 г.

Г.В.МАЛКОВА, А.Г.СКВОРЦОВ (Институт криосферы Земли СО РАН)

Современная криолитозона России занимает 65 %, или 2/3 общей площади страны. Наиболее мощные мерзлые толщи с самыми низкими температурами распространены на Арктических о-вах и обширных пространствах Центральной Сибири и Якутии. В европейской части России криолитозона расположена севернее полярного круга. Самые западные участки мерзлоты – маломощные изолированные острова многолетнемерзлых пород (ММП) сохраняются на п-ове Канин и на восточном побережье Кольского п-ова; западный фронт области сплошного распространения ММП находится на Тимано-Печорской низменности и изучается на геокриологическом стационаре «Мыс Болванский» на возвышенных морских террасах Печорской губы.

Для криолитозоны Европейского Севера характерна большая пестрота геокриологических условий и высокая динамичность ММП, чутко реагирующих на изменения условий теплообмена на дневной поверхности. В зоне сплошного распространения ММП имеют температуру в пределах –1…–2 °С (на наиболее возвышенных участках до –5 °С), их мощность не превышает 100–150 м (редко до 400–500 м). В разрезе ММП встречаются горизонты и линзы криопэгов или талых пород. Участки сплошного распространения ММП прерываются редкими сквозными таликами гидрогенного типа под крупными глубокими озерами и под руслами крупных рек – Печоры, Коротаихи, Черной и др. Под мелкими озерами и под днищами логов и балок (где зимой накапливается снег) формируются маломощные несквозные талики. В зоне прерывистого и островного распространения площадь таликов возрастает, температура ММП близка к 0 °С, а их мощность сокращается до 10–15 м.

Оборудование скважины логгером
для круглогодичного измерения температуры мерзлых пород

Для детального изучения геокриологических условий в различных природных и антропогенных условиях проводится геокриологический мониторинг – организуются стационары, на которых проводятся регулярные тематические исследования. В 1980-е гг. на Европейском Севере действовало 14 геокриологических стационаров, а измерения температуры проводились в нескольких десятках скважин. Сейчас регулярные измерения температуры в скважинах проводятся только на двух стационарах:

1) в районе Воркуты (под руководством Н.Б.Какунова),

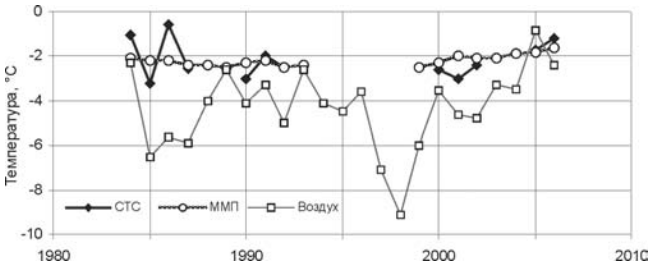
2) на Болванском мысу (под руководством Г.В.Малковой).

В 2006–2007 гг. на стационарах Роговая, Коротаиха после 11 лет перерыва температурные наблюдения мерзлых пород стал проводить Н.Г.Оберман.

Геокриологические исследования на стационаре «Мыс Болванский» на побережье Печорской губы проводятся уже 25 лет – это самая западная оконечность зоны сплошного распространения ММП. Благодаря программам исследований МПГ 2007/08, технической и финансовой поддержке международных проектов CALM и TSP, интеграционных программ РАН, СО РАН 16.1, 7.14, 71 мониторинг криолитозоны получил дальнейший толчок к развитию. Были подготовлены инструментальные средства, восстановлены старые и пробурены новые скважины, установлены логгеры для измерения температуры пород в скважинах. В 2007 г. полевые работы на мысе Болванский включали в себя исследования следующих характеристик:

– температурного режима верхних горизонтов ММП с использованием автоматизированных логгеров в наблюдательных скважинах с круглогодичным циклом температурных измерений;

– изменчивости глубины протаивания на режимной площадке в конце теплого периода и температурного режима активного слоя;



Динамика изменения среднегодовой температуры воздуха, сезонно-талого слоя (СТС) и мерзлых пород (ММП) на глубине 10 м

– динамики развития криогенных процессов (новообразования ММП, термоабразии, термоэрозии и пр.) на режимных площадках;

– сейсмогеокриологических условий верхних горизонтов пород в береговой зоне Печорской губы в субаквальных и субаэральных условиях с использованием оригинальных методик сейсморазведки, разработанных в ИКЗ СО РАН, и в субаэральных условиях с использованием многоволновой азимутальной сейсморазведки.

Среди всех регионов криолитозоны России Европейский Север характеризуется достаточно стабильными климатическими условиями, что должно способствовать сохранению существующей геокриологической обстановки. Повышения среднегодовой температуры воздуха за последние 25 лет здесь имеют слабый положительный тренд (0,03–0,04 °С/год), тогда как в Якутии и на юге Сибири среднемноголетние тренды потепления достигают 0,08 °С/год. Однако техногенная нагрузка на мерзлые ландшафты Европейской субарктики в настоящее время значительно возросла. В последние 10 лет началось интенсивное освоение расположенных в криолитозоне нефтегазовых месторождений в пределах Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, строятся нефтеотгрузочные терминалы в береговой зоне Баренцева моря и Печорской губы (Варандей и др.). Но современных данных об изменении геокриологических условий в последние десятилетия недостаточно для прогноза развития криогенных геологических процессов и обеспечения политики рационального природопользования.

Основные результаты исследований на стационаре «Мыс Болванский» в 2007 г. Сопоставление данных 2007 г. с данными измерений в 10 скважинах за 25 лет подтвердило слабый положительный тренд в ходе среднегодовой температуры ММП – от 0,003 до 0,023 °С/год в различных ландшафтных условиях, тогда как тренд температуры воздуха составляет 0,04 °С/год. Характерна относительная синхронность в изменениях температуры пород и воздуха, по температуре ММП четко прослеживаются периоды похолодания (1985–1990 гг.) и потепления (1990–1993 и 2002–2006 гг). Особенно значительно температура ММП изменилась за последние 9 лет, что связано с большой изменчивостью среднегодовой температуры воздуха. Вслед за аномально холодным 1998 г. температура ММП существенно снизилась в 1999 и 2000 гг. Теплые 2000 и 2005 гг. обусловили повышение среднегодовой температуры ММП в 2001 г. и ее скачок в 2006 г. После понижения в 2006 г. среднегодовой температуры воздуха на 2 °С в конце теплого периода 2007 г. зафиксировано понижение температуры ММП на 0,1–0,2 °С.

Многолетние наблюдения в скважине за температурой талых пород краевой части заболоченной озерной котловины показали ее резкие вариации на глубине 10 м (до 0,5 ° С) и слабый отрицательный тренд (–0,012 °С/год). Несмотря на современное повышение среднегодовой температуры воздуха на днище озера создаются условия для понижения температуры пород, что связано с изменением гидрологического режима участка – понижением уровня грунтовых вод за счет развития эрозионной сети.

Наблюдения за температурным режимом сезонноталого слоя (СТС) проводились на опорных скважинах в комплексе с измерением глубины протаивания и температуры ММП. Сведения о температуре грунтов СТС поступали нерегулярно, но даже по имеющимся данным можно судить о достаточной устойчивости мерзлоты в данном районе. За весь период наблюдений среднегодовая температура СТС значительно менялась: от –2,5…–3,0 °С в 1980-е гг. до –1,2…–1,3 °С в настоящее время. Полученные данные свидетельствуют о тенденции повышения среднегодовой температуры грунтов СТС в последние годы, но глубина протаивания в многолетнем цикле изменяется в очень узком диапазоне. Глубина протаивания на наблюдательной площадке возросла от 103 до 120 см, т.е. составила около 10 % за счет повышения среднегодовой температуры грунтов СТС в 2,0–2,5 раза.

Для оттаивания мерзлоты сверху и перехода сезонного оттаивания в сезонное промерзание необходимо, чтобы среднегодовая температура СТС была близка к 0 °С, т.е. при сохранении темпов потепления воздуха деградация ММП в этих районах начнется очень нескоро.

Наши работы позволили получить данные о скорости отступания бровки морских берегов за счет развития деструктивных процессов. Для Печорской губы наибольшая скорость отступания бровки измерена на мерзлых суглинистых берегах – до 2,5 м/год. В процессе термоабразии подмывается берег в нижней части и нарушается равновесие склона, затем происходит оплывание или оползание в средней и верхней частях склона. В разрушении мерзлых песчаных берегов принимают участие, кроме термоабразии, процессы обрушения, осыпания, дефляции. Скорость отступания бровки песчаных берегов не превышает 1 м в год. Мерзлые

торфяные берега формируют крутые уступы, нависающие карнизы, затем происходит оседание блоков торфа, оконтуренных в плане морозобойными трещинами, поэтому процесс отступания бровки торфяных берегов идет пульсационно.

Для изучения устойчивости берегового уступа мыса Болванский, сложенного мерзлыми суглинками, была разработана и впервые успешно опробована методика многоволновой разноазимутальной сейсморазведки (МРС). Уступ террасы довольно крутой (30°), однако на первом этапе трехлетних режимных наблюдений никаких современных активных процессов, включая оползни и обрушение, здесь не наблюдалось. Густые кусты подтверждают современную стабильность склона. Анализ пространственно-временной изменчивости сейсмических свойств пород в пределах СТС позволил установить особенности распределения напряженно-деформированного состояния пород в прибровочной части склона. В первый же год были выявлены и локализованы ослабленные зоны, расположенные на удалении 10 и 30 м от уступа, вдоль которых прогнозировалось развитие деформаций в будущем. На следующий год в пределах первой зоны образовалась широкая трещина оседания, что подтвердило прогноз. Сейсмические исследования показали возможность скорого разрушения части берегового уступа и дают основания сказать, что в ближайшие годы произойдет смещение целых блоков пород, оторвавшихся от основного массива.

При помощи сейсмических методов удалось исследовать характер распространения мерзлоты в пределах спущенных озер. В результате изменения гидрологической обстановки в центре хасырея (осушенного озера) начал формироваться бугор пучения диаметром 15 м. За 20 лет в верхней части разреза образовалась мерзлая линза мощностью 3 м, ниже до глубины 15 м залегают талые породы (подозерный талик), а еще ниже – ММП. Эти данные показывают, что существующая природная обстановка на берегах Печорской губы способствует новообразованию мерзлоты и пучению поверхности. Эти сведения важно учитывать при освоении заболоченных и заозеренных территорий.

Очень интересные результаты по данным сейсморазведки получены на пляже и в мелководной части (в пределах 200 м от берега) Печорской губы. Кровля ММП в прибойной зоне расположена на глубине 6–10 м от поверхности земли. В мелководной части акватории (толща воды составляла 1,0–1,5 м) кровля ММП опускается на глубину до 25 м, а на удалении 150 м от береговой линии ММП перестают прослеживаться. Такие данные особенно важно учитывать при проектировании берегового резервуарного парка на побережье Баренцева моря, выносной платформы и подводного перегрузочного комплекса нефтяных терминалов.

Нефтедобывающая промышленность на Европейском Севере развивается быстрыми темпами. Преимуществами региона по сравнению со слабо освоенными нефтегазоносными районами Восточной Сибири являются:

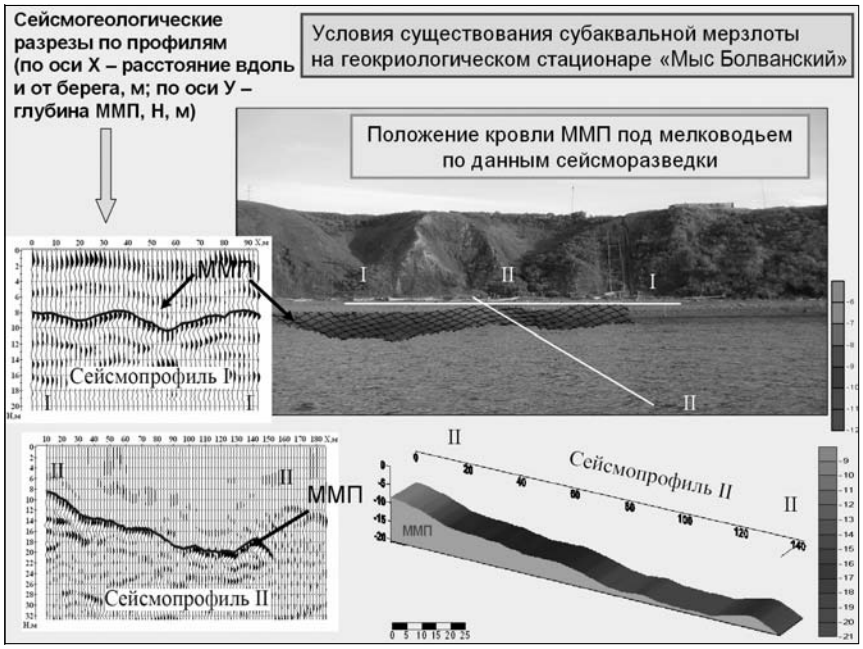
– высокая степень изученности нефтегазоносных площадей,

– их достаточно компактное размещение,

– близость к европейским рынкам сбыта.

Результаты геокриологических исследований в 2007 г. подтвердили, что на Арктическом побережье, пока не затронутом антропогенезом (где расположен стационар «Мыс Болванский»), состояние мерзлых толщ остается стабильным в отличие от интенсивно осваиваемых южных районов криолитозоны Европейского Севера, где за последние десятилетия произошло повышение среднегодовой температуры ММП, частичное оттаивание мерзлоты сверху и сокращение площади островов мерзлых пород.

Расширение масштабов техногенного воздействия будет неблагоприятно сказываться на геокриологической обстановке всего региона, поэтому следует сохранять существующий почвенно-растительный слой, гидрологическую обстановку, условия снегонакопления, проводить детальные и регулярные исследования динамики геокриологических условий и процессов.



Положение кровли мерзлоты по сейсморазведочным данным на мелководье Печорской губы

38. «ЛЕНА–НОВОСИБИРСКИЕ ОСТРОВА-2007». МЕРЗЛОТНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОБЕРЕЖЬЯ ВОСТОЧНО-АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ РОССИИ

Основные участники и организаторы экспедиции: ИМЗ СО РАН, ААНИИ, МГУ, Институт А.Вегенера, Университет Гамбурга (Германия)

МЕРЗЛОТНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОБЕРЕЖЬЯ ВОСТОЧНО-АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ РОССИИ

По материалам экспедиции Института мерзлотоведения СО РАН)

Получены новые данные о темпах разрушения льдистых берегов моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря. Абразия превысила в 2007 г. на ряде участков средние многолетние нормы в 1,5–2,0 раза. Это коррелирует с данными о значительном повышении летних температур воздуха и усилении штормовой активности в связи с сокращением площади паковых льдов в акватории морей, а также с некоторым увеличением толщины сезоннопротаивающего слоя на береговых склонах.

Впервые построена геокриологическая модель нивального литогенеза. Выявленные в плейстоценовом ледовом комплексе продукты нивального литогенеза – экстранивиты принадлежат к особой разновидности континентальных четвертичных отложений склонового ряда, насыщенных сегрегационным и повторно-жильным льдом.

39. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ КРИОСФЕРЫ ПРИБРЕЖНО-МОРСКОЙ ОБЛАСТИ И ШЕЛЬФА РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Основные участники и организаторы экспедиции:
ИКЗ СО РАН, МГУ, СПбГУ, ВНИИОкеангеология

ИЗУЧЕНИЕ МЕРЗЛОТЫ НА ЗАПАДНОМ ЯМАЛЕ В РАМКАХ МПГ 2007/08

А.А.ВАСИЛЬЕВ (ИКЗ СО РАН)

В ходе выполнения программы МПГ 2007/08 Институт криосферы Земли СО РАН проводил работы на Западном Ямале на геокриологическом полигоне Марре-Сале, организованном на берегу Байдарацкой губы Карского моря в районе полярной станции Росгидромета и характеризующем нетронутые интенсивной хозяйственной деятельностью прибрежно-морские условия Арктики.

Полигон Марре-Сале существует более 20 лет. На нем ежегодно в августе–сентябре силами отряда из четырех–шести человек ведутся режимные измерения параметров, определяющих состояние и динамику криосферы Российской Арктики. Бессменный руководитель и организатор работ на стационаре – д-р геол.-мин. наук Александр Алексеевич Васильев. Режимные наблюдения проводят аспиранты ИКЗ СО РАН, студенты географического факультета МГУ.

Работы на стационаре Марре-Сале являются отличной школой полевых геокриологических исследований. Собранные фактические ежегодные измерения параметров природной среды пополняют комплексную ГИС-базу ИКЗ СО РАН и служат основой для подготовки курсовых, дипломных и диссертационных работ.

В 2007 г. в работе отряда участвовали аспирант Рой Широков, студенты МГУ Иван Копытов и Сергей Симонов. Оборудование и исследователи были доставлены на место вертолетом МИ-8.

Важнейшая проблема криологии – достоверная оценка состояния и реакции континентальной и субаквальной криолитозоны (многолетнемерзлых, сезонно-талых и сезонно-мерзлых толщ) на изменения природной среды в естественных условиях. На этой базе устанавливают фоновые закономерности динамики криолитозоны в континентальной части побережья, а уже с их учетом прогнозируют развитие природных процессов под воздействием техногенеза.

Мониторинг континентальной и субаквальной мерзлоты в условиях меняющегося климата включает в себя:

– выявление факторов, влияющих на динамику криолитозоны: колебаний температуры воздуха, количества и межгодового распределения осадков, характеристик прибрежно-морских условий (ледовитости моря, распределения и интенсивности штормов и др.);

– изучение состава, строения и залегания, льдистости и криогенного строения отложений, слагающих береговые уступы, в обнажениях и в скважинах;

– измерение температуры многолетнемерзлых пород логгерами-гирляндами с датчиками температуры;

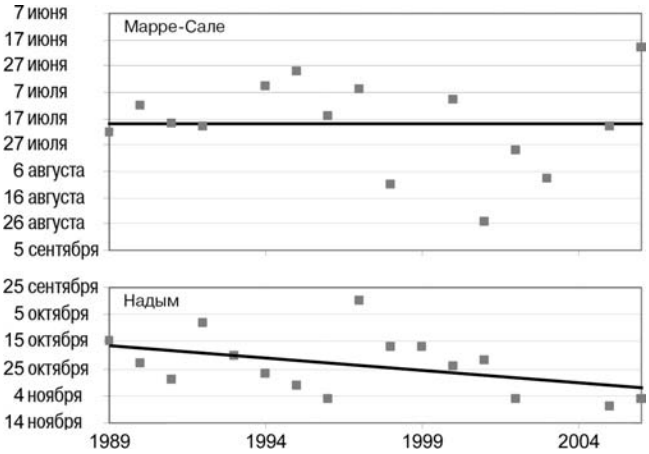
– измерение глубин сезонно-талого и сезонно-мерзлого слоя на одинаковых площадках в различных ландшафтных условиях, определение их изменений в условиях меняющегося климата;

– измерения отступания термоабразионных берегов, сложенных породами различной льдистости, в т.ч. крупными залежами пластовых льдов, для оценки динамики размыва и прогноза изменений природных процессов при проектировании инженерно-хозяйственных сооружений.

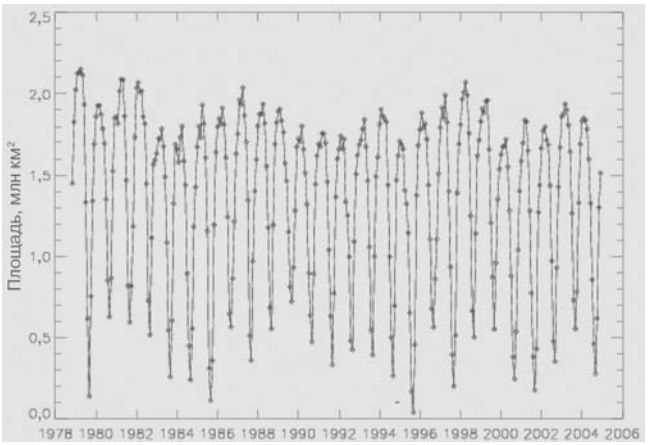
По результатам экспедиционных работ в рамках МПГ 2007/08 в 2007 г. установлены связи между характеристиками ледовитости и активностью моря, климатическими факторами и характеристиками динамики отступания и деградации реликтовой мерзлой толщи на прибрежных участках. Анализ этой ГИС-базы данных показал, что изменения климата в Западном секторе Арктики цикличны при общей тенденции к потеплению. Анализ ежесуточных данных показал, что для Западного Ямала наблюдается устойчивое увеличение продолжительности теплого периода за счет более позднего наступления осени. Увеличение продолжительности теплого периода составило в районе Марре-Сале около 6 сут, для более континентальных районов (Надым) – 16 сут.

Сравнение новых данных и многолетних рядов наблюдений за температурой морской воды позволило выявить вековую динамику и тенденцию

Бурение скважин для измерений температуры в заливаемой лайде Карского моря

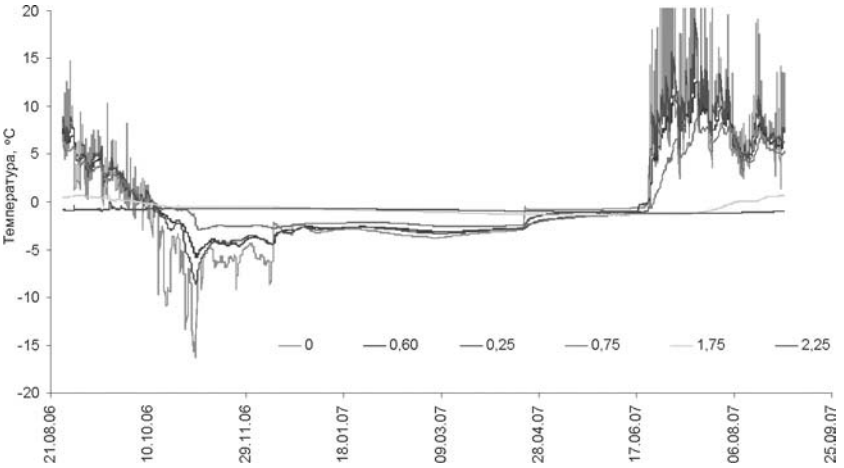


Увеличение продолжительности теплого периода (даты устойчивого перехода температуры воздуха через 0 °С) за счет сокращения осени на примере Западного Ямала

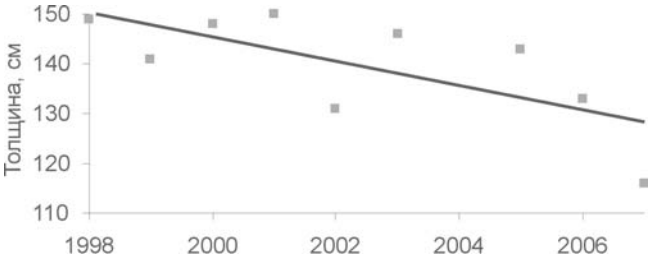


Сокращение суммарной площади морского льда Баренцева и Карского морей по спутниковым данным (*www.aari.ru*, 1979–2005 гг.)

повышения температуры придонного слоя воды и дна Карского моря на глубине 0–50 м и ее связь с температурой воздуха. На Северо-Западном Ямале повышение температуры морской воды с 1920-х гг. по настоящее время составляет 0,2–0,3 °С.



Годовой ход температуры грунтов на пляже Карского Марре-Сале, Западный Ямал



Уменьшение максимальной толщины ледового покрова однолетнего льда за последние 10 лет. Карское море, Западный Ямал

Гидродинамические параметры моря, влияющие на динамику прибрежно-морской криолитозоны, также испытывают изменения, связанные с климатом. Данные о сокращении площади морского льда Баренцева и Карского морей свидетельствуют о радикальной перестройке тепло-массобмена в Арктике. Однако при этом не только сокращается площадь морского льда, но и уменьшается его мощность. По данным метеостанции Марре-Сале, мощность ледового покрова однолетнего льда за последние 10 лет сократилась с 145–150 до 115–130 см. Это приводит к тому, что сужается полоса смерзания однолетнего припайного льда с дном моря и многолетнемерзлые породы под дном моря оттаивают интенсивнее.

Проведено тестовое моделирование протаивания толщи многолетнемерзлых пород под дном моря. В качестве граничных условий выбрана температура придонного слоя воды (и дна), приближенно соответствующая реальным современным условиям. На основе моделирования установлено, что за первые 1000 лет глубина протаивания составит около 20 м и далее будет возрастать очень медленно.

Другой малоизученный вопрос динамики криолитозоны – скорость и ход преобразования мерзлых толщ, промерзших на суше в субаквальных обстановках. При размыве мерзлых отложений берегов их нижние части образуют реликтовую субаквальную мерзлоту на дне моря. Под действием засоленных вод происходит засоление и переход мерзлых пород в охлажденные (без включений льда, но с отрицательной температурой), вытаивание подземных льдов, с образованием неровностей донного рельефа. В мелководной части шельфа Карского моря с глубинами до 20 м пока еще очень мало сведений и наблюдений за динамикой реликтовой мерзлой толщи, поскольку ежегодный припайный лед уничтожает установленные приборы.

Разовые измерения характеристик донных вод и грунтов были проведены изыскательскими организациями по отдельным профилям Байдарацкой губы до глубин 80 м, поэтому не дают надежной базы для оцен-

ки состояния, строения и мощности всей мерзлой толщи, как и составления надежного инженерно-геокриологического прогноза при строительстве подводных трубопроводов. Измерения межгодовой и сезонной изменчивости температуры, солености придонных слоев морской воды и грунтов на мелководных участках дна моря не проводились.

В 2007 г. оборудована наблюдательная сеть и начат мониторинг температурного режима мерзлых толщ при их деградации в условиях перехода из континентального в субаквальное состояние и, напротив, новообразования мерзлоты на низких аккумулятивных поверхностях. Для этого пробурены скважины и установлены логгеры для непрерывных измерений температуры в верхнем слое до глубины 2,5 м.

Выявлен эффект «зависания температуры грунтов», связанный с засоленностью промерзающе-протаивающих грунтов и сверхвысоким снежным покровом, оказывающим огромное отепляющее влияние на условия теплообмена в транзитной зоне.

МПГ 2007/08 дал старт новому направлению исследований криосферы в малоизученных полярных областях суши и моря.

ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИИ НА ВОСТОЧНЫЙ ТАЙМЫР В 2007 г.

В.А.САРАНА (МГУ им. М.В.Ломоносова)

В первой (и последней) гляциологической экспедиции в горы Бырранга, проведенной в 1967 г. под руководством Л.С.Говорухи, было обнаружено и исследовано 96 ледников общей площадью 30,5 км^2.

Горы Бырранга – самые северные и малоизученные горы нашей страны. Они расположены в северной части п-ова Таймыр и простираются более чем на 700 км с юго-запада на северо-восток единым поднятием в виде сложной системы хребтов и плато. Высшая точка – гора Ледниковая (1119 м) находится в северо-восточной части гор. Здесь и расположен центр современного горного оледенения.

Летом 2007 г. Московский центр Русского географического общества и научно-исследовательская лаборатория геоэкологии Севера географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова провели очередную экспедицию на Восточный Таймыр с целью изучить снежный покров и состояние современных ледников. Экспедиция начала работу 25 апреля в бассейне р. Бикада (восточный берег оз. Таймыр). В мае на Таймыре наступает время пурги. Преобладают ветры юго-восточных румбов. К концу мая толщина снежного покрова достигает своего максимума.

В тундре выделены типичные поверхности с одинаковыми условиями снегонакопления:

– русла крупных рек и поверхности озер (средняя толщина снежного покрова 50,1 см, максимальная – 62 см, минимальная – 37 см);

– ровные пойменные поверхности с травянистой растительностью (средняя толщина снежного покрова 50 см, максимальная – 73, 3 см, минимальная – 30 см);

– холмисто-западинный рельеф, сформировавшийся после таяния древнего покровного ледника (средняя толщина снежного покрова 45 см, максимальная – 67 см, минимальная – 16 см);

– предгорья и горы (параметры снега не учитывались).

Для снежной толщи в мае характерно двухъярусное строение. Снизу толща подстилается слоем глубинной изморози мощностью 5–10 см, толщина которой возрастает на местах с травянистой растительностью. Поверхностный горизонт толщи сложен уплотненным мелкозернистым снегом с прослойками метелевого уплотнения. Толщина снежного покрова в 2007 г. на 15 см больше, чем в 2006 г. Аномальным по количеству метелей и снега за последние 10 лет стал 2008 г.

Образовавшееся озеро на леднике № 50 «Неожиданный». На заднем плане высшая точка Бырранга – гора Ледниковая

Нижняя часть ледника № 50 «Неожиданный». На поверхности видны муравьиные кучи

По данным метеостанций Таймыра, линейные тренды среднегодовой температуры за периоды наблюдений отрицательны. А если рассматривать ход среднегодовой температуры начиная с 1960 г., то отмечается ее устойчивый рост. О потеплении климата на Таймыре говорят и рыбаки. По их наблюдениям, в последние годы лед на оз. Таймыр устанавливается на 10–15 сут позже.

Что касается состояния ледников гор Бырранга, в настоящее время они отступают. За 40 лет разрушились крупные ледниковые системы и ряд ледников отчленились друг от друга. За последние 40 лет языки крупных долинных ледников отступили на 100–200 м. В средней части ледника «Неожиданный» вследствие таяния его поверхность понизилась, что привело к образованию неглубокого озера. Для большей части малых ледников катастрофического сокращения не произошло.

Для долинных ледников характерно следующее: крутой язык, испещренный канавами стока, отсутствие конечных морен. В августе поверхности многих ледников лишены снега и фирна. С поверхности ледники не засорены моренным материалом, за исключением тех мест, где по леднику проходят основные канавы стока. Вдоль канав формируются муравьиные кучи высотой 2 м и более.

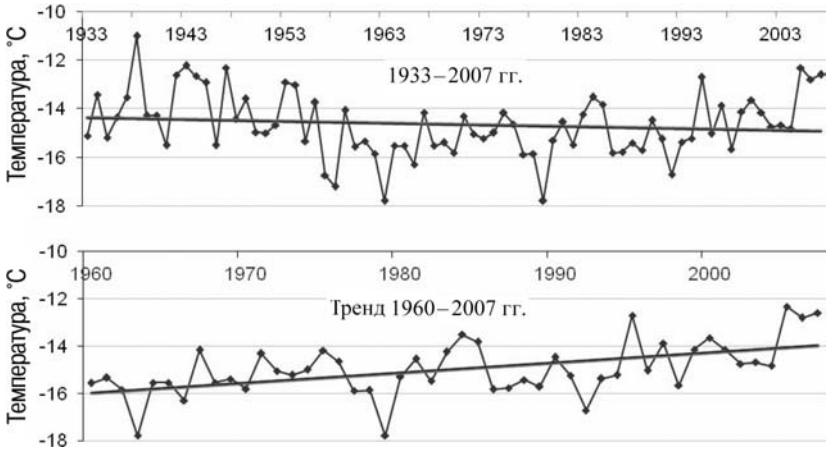
На территории, прилегающей к известному центру оледенения, обнаружены ранее неизвестные ледники. Их число велико и требует дополнительных исследований. Впервые в северо-восточной части гор Бырранга выделены еще два новых центра горного оледенения. Они представлены малыми ледниками.

Помимо вышеотмеченных районов, в горах Бырранга на высотах более 450 м могут встречаться отдельные ледники. Это, как правило, малые ледники, которые лежат в верховьях эрозионных врезов или карах.

На равнинной территории, простирающейся на север от гор, могут существовать современные малые ледники,

Язык ледника № 47 «Южный»

лежащие на малых абсолютных высотах 10–30 м. Выделенные снежно-ледяные тела образуются благодаря метелевому переносу снега и его отложению в ветровой тени неровностей рельефа. Они занимают эрозионные врезы и подветренные склоны структурных и речных террас. Их мощность 6–10 м, а в длину они достигают нескольких сотен метров. В своей массе снежно-ледяные тела сложены слоистым льдом и только с поверхности укрыты слоем фирна текущего года. Толщина ледяных прослоек 10–80 см. Очевидно, что эти снежно-ледяные тела на протяжении многих лет не стаивают полностью, а только изменяются в своих размерах. Не исключено, что при детальном исследовании их можно причислить к малым ледникам и классифицировать как русловые ледники и ледники уступов.



Ход среднегодовой температуры воздуха и линейный тренд по данным ГМО им. Е.К.Федорова (мыс Челюскин)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ КРИОСФЕРЫ ПРИБРЕЖНО-МОРСКОЙ ОБЛАСТИ И ШЕЛЬФА РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Е.А.СЛАГОДА (ИКЗ СО РАН)

Экспедиция «Исследования эволюции криосферы прибрежно-морской области и шельфа Российской Арктики» провела работы в полярных районах Европейского Севера, Урала, Западной и Восточной Сибири, в Карском море. Руководитель – ак. В.П.Мельников.

Западный Ямал. На геокриологическом полигоне Марре-Сале, расположенном на восточном берегу Байдарацкой губы Карского моря, изучалась динамика криосферы Российской Арктики на основе мониторинга континентальной и субаквальной мерзлоты в условиях меняющегося климата.

Собраны и проанализированы данные о факторах природной среды суши и моря, влияющие на динамику криосферы в прибрежно-морской области. Собраны многолетние данные о динамике тем-

пературы морской воды, установлена вековая динамика и тенденция повышения температуры придонного слоя воды и морского дна Карского моря на глубинах 0–50 м, связанные с температурой воздуха. Для района, примыкающего к Северо-Западному Ямалу, это повышение с 1920-х гг. по настоящее время составляет 0,2–0,5 °С. За последние 10 лет в связи с уменьшением толщины морских льдов сокращается зона их смерзания с дном моря, т.е. меняются условия деградации мерзлоты при ее переходе из континентального в субаквальное состояние.

Оборудована новая наблюдательная сеть для мониторинга параметров мерзлоты на участках ее перехода в субаквальное состояние и новообразований мерзлоты на низких аккумулятивных поверхностях: пробурены скважины и установлены логгеры для непрерывных измерений температуры в верхнем слое до глубины 2,5 м.

Югорский п-ов. На геокриологических полигонах «Шпиндлер» и «Первая песчаная»:

– проведены измерения и установлены зависимости скоростей и типов отступания берегов от основных климатических параметров и их изменения во времени, установлено, что уменьшение ледовитости Карского моря летом у берегов Югорского п-ва приводит к увеличению доли термоабразии в разрушении берегов, вмещающих пластовые льды;

– проведена ландшафтная съемка и классифицирование космоснимков, установлены зависимости скоростей отступания берегов от структуры и пространственной изменчивости ландшафта;

– исследовано развитие термоэрозии при меняющемся климате, установлено увеличение роли термоэрозии в разрушении берегов в многоснежную зиму: весна и лето 2007 г. отличались распространением мощных снежников на берегах Югорского п-ва и ледовитостью Карского моря вблизи его берегов, а активное снеготаяние при ограничении волновой деятельности привело к развитию термоэрозии;

– изучены разрезы и криогенные образования в стенках термоцирков, опробованы плейстоценовые и современные генетические типы осадков, с борта НИС «Иван Петров» получены колонки керна и измерены температуры осадков Байдарацкой губы по профилю п-в Югорский – п-в Ямал для реконструкции строения мелководного шельфа и диагностики следов криогенеза в отложения дна Карского моря.

Печорская губа. На геокриологическом полигоне «Мыс Болванский», расположенном в устье Печоры на юге Баренцева моря, выполнен мониторинг геокриологических параметров мерзлых толщ и климатических условий южной тундры; измерения термабразии берегов; получены данные о глубинах протаивания и температуре деятельного слоя на площадках R24 международного проекта CALMII, по скважинам получены данные о внутригодовой динамике температуры мерзлых пород, в рамках международного проекта TSP для наблюдений за состоянием мерзлоты оборудованы новые скважины.

Выполнены сейсмические исследования строения кровли мерзлых толщ в мелководной части шельфа, и разработана методика сейсмического малоглубинного зондирования в прибрежной части моря.

Западный Таймыр. С борта т/х «Федор Наянов» проведены исследования берегов р. Енисей и Енисейского залива от Дудинки до Диксона.Проведены работы по двум направлениям:

1) геокриологические исследования естественных ландшафтов и обнажений;

2) геоботанические исследования для оценки связи строения, свойств мерзлых пород и характеристик ландшафтов, включая растительный покров и почвы.

Получены данные и предварительно установлено смещение границы лесной зоны и границ природно-климатических зон Западного Таймыра до 20 км к северу за последние 30 лет.

На участке «Сопкарга» организован новый полигон для проведения мониторинга современного новообразования мерзлоты на низких аккумулятивных морских поверхностях.

Изучено геокриологическое строение и свойства основных криолитологических типов мерзлых толщ, впервые установлены границы распространения и особенности отложений «ледового комплекса» Западного Таймыра.

Проведена полевая практика студентов и аспирантов географического факультета Московского и Санкт-Петербургского университетов, изучающих природную обстановку в Арктике. На реальных природных объектах студенты и аспиранты освоили методы изучения арктических ландшафтов, растительного и почвенного покровов, разрезов многолетнемерзлых толщ. Собран коллекционный материал для курсовых и дипломных работ на фактических данных. Прослушан курс лекций с реальными природными примерами об особенностях формирования и эволюции многолетнемерзлых толщ и ландшафтов Западного Таймыра.

40. ДИНАМИКА КРИОЛИТОЗОНЫ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА

Основные участники и организаторы экспедиции:
ИКЗ СО РАН, Университет Аляски (США)

ДИНАМИКА КРИОЛИТОЗОНЫ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА

Е.А.СЛАГОДА (ИКЗ СО РАН)

Экспедиция под руководством д-ра геол.-мин. наук А.А.Васильева проведена в следующих районах Российской Арктики.

Центральный Ямал. На полигонах «Васькины Дачи», «Лабораторная» в рамках проектов МПГ 2007/08 – JOA («РасцветАрктики») проведены работы с международным участием, измерены глубины протаивания деятельного слоя на новых и режимных площадках; получены комплексные характеристики растительности, планируется провести сопоставление дистанционных исследований ландшафтов Ямала с полевыми материалами.

Южный Ямал. На Надымском стационаре в рамках проектов МПГ JOA «Расцвет Арктики) и TSP (Thermal State of Permafrost) проведены полевые комплексные ландшафтные и геокриологические работы с международным участием, измерены глубины протаивания деятельного слоя, температуры многолетнемерзлых пород в режимных скважинах, выявлена изменчивость геосистем и взаимосвязи растительного покрова с глубиной сезонного протаивания и температурой почвы. Впервые выполнены исследования аквальных геосистем: озера типизированы по морфометрическим показателям, данным измерения температуры воды на разных глубинах и составу донных осадков. Получены предварительные данные по фитоценотическим параметрам растительных сообществ и учету мелких млекопитающих на естественных и нарушенных наблюдательных площадках. Результаты измерения глубин сезонного протаивания и температуры пород в скважинах показали, что эти параметры продолжают увеличиваться в связи с возрастанием температуры воздуха.

Уренгой. На территории Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ) в рамках проекта TSP МПГ 2007/08:

– на режимных полигонах в 15 скважинах проведены измерения температуры мерзлых пород на глубинах 8–11 м, четыре наблюдательных скважины были оборудованы новыми 4-канальными логгерами типа HOBO U12 с глубинами измерения температуры 0, 3, 5 и 10 м;

– обобщенные данных о многолетнем изменении температуры вечной мерзлоты по типичным и атипичным ландшафтам территории Уренгойского НГКМ показали, что деградация мерзлоты происходила неравномерно, в зависимости от ландшафтных условий. Короткий период последних трех лет, включая данные 2007 г., характеризуется общей для севера Западной Сибири тенденцией – незначительным увеличением в температуры грунтов по сравнению с замедлением ее роста в 1994–2004 гг. Поэтому генеральный тренд среднегодовых температур горных пород в регионе окончательно не установлен.

В 2008–2009 гг. в рамках реализации МПГ запланировано проведение международных экспедиций в Арктических районах (Печорская губа), на полуостровах Югорский и Ямал, в Надыме, Уренгое, на о.Белый в Западной Сибири и на Таймыре, на мелководье Баренцева и Карского морей. Планируется измерение геокриологических параметров на режимных площадках, изучение криогенных геологичесских процессов, ландшафтов, разрезов квартера, криогенных явлений, анализ кернов скважин. Предполагается участие в наземных и морских экспедициях совместно с ААНИИ, ВНИИОкеангеология и др.

41. МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПОЛЕВЫЕ УЧЕБНЫЕ ПРАКТИКИ ПО МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЮ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (УРЕНГОЙ, ЯМБУРГ)

Основные участники и организаторы экспедиции: МГУ, Тюменский НГУ, Университет Гамбурга (Германия), Университет Делавера (США)

ПЕРВЫЕ МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТУДЕНЧЕСКИЕ ПОЛЕВЫЕ КУРСЫ ПО МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЮ «TEPO-YAMBURG-2007» НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В.И.ГРЕБЕНЕЦ (МГУ им. М.В.Ломоносова),
А.Н.КУРЧАТОВА (Институт геологии и геоинформатики, Тюменский государственный нефтегазовый университет)

Международная полевая практика по мерзлотоведению в рамках МПГ 2007/08 «TEPO-Yamburg» впервые проведена в Ямало-Ненецком АО 5–25 июля 2007 г. В экспедиции участвовали 34 человека, половину из них представляли студенты и профессора университетов штатов Делавер и Монтана (США), а также университета Гамбурга (Германия).

TEPO (Technical-Environmental Permafrost Observatories)-Yamburg – это сеть мониторинговых площадок, созданных Тюменским государственным нефтегазовым университетом (Субарктический полигон ТюмГНГУ) и МГУ им. М.В.Ломоносова (географический факультет) на территории газовых промыслов предприятий ООО «Надымгазпром» и «Уренгойгаздобыча» в пределах лесотундры и тундры для изучения геокриологического строения Западной Сибири, исследования геоэкологических и инженерно-геокриологических особенностей освоения региона. С 2005 г. эти площадки используются для проведения совместной учебной полевой практики студентов II курса кафедры криолитологии и гляциологии географического факультета МГУ под постоянным руководством доцента В.И.Гребенца и студентов III курса кафедры криологии Земли ТюмГНГУ, возглавляемых доцентами А.В.Бойцовым и А.Н.Курчатовой.

Цель Международных курсов «TEPO-Yamburg» – изучение вечной мерзлоты и оценка влияния на нее различных природных факторов, в том числе потепления климата, а также исследование геоэкологических проблем инженерного освоения Западной Сибири.

Работа летней школы состояла из лекций, предваряющих непосредственное знакомство с криогенными процессами и явлениями; полевых маршрутов, во время которых ребята на практике осваивали основные методы мерзлотных исследований; а также экскурсий на газовые промыслы под руководством ведущих специалистов предприятий ООО «Надымгазпром» и «Уренгойгаздобыча».

Учебная программа летней школы состояла из следующих основных блоков:

1) региональные особенности криолитозоны Западной Сибири,

2) криогенные процессы и явления,

3) мониторинговые исследования криолитозоны,

4) мерзлотные почвы,

5) инженерные объекты газовых промыслов в криолитозоне.

Ежедневный план-график работ

5 июля. Прибытие в г. Новый Уренгой из Москвы и Тюмени; расселение в вахтовом жилищном комплексе (ВЖК) на месторождении «Юбилейное» ООО «Надымгазпром», вечером – занятия спортом.

6 июля. Обязательный инструктаж по технике безопасности для пребывания на территории месторождения. Экскурсия на газовый промысел «Технология добычи газа и методы обеспечения устойчивости инженерных объектов в сложных геокриологических условиях».

7 июля. Полевой маршрут «Ландшафтно-мерзлотные условия лиственничных редколесий» в пределах водораздельного уровня пятой морской Салехардской террасы. Помимо детального описания точек выполнено ручное бурение с отбором керна; геотермические измерения в скважине № 1 Субарктического полигона ТюмГНГУ, оборудованной автоматической системой регистрации и накопления данных (по программе международного проекта TSP).

8 июля. Полевой маршрут «Изучение долинного комплекса р. Хальмер-яха» в пределах пятой морской Салехардской террасы: выполнение ландшафтно-мерзлотного профиля через долину реки, гидрологические исследования с использованием гидрометрических вертушек, pH-Eh-метра и термометров. Вечером лекция «Криолитозона Западной Сибири».

9 июля. Полевой маршрут «Полигональные торфяники – наиболее характерный тип местности криолитозоны Западной Сибири» в пределах пятой морской Салехардской террасы: детальное описание рельефа, микрорельефа поверхности полигонов, бурение с отбором керна, описание шурфов, термометрические исследования в скважине № 3 Субарктического полигона ТюмГНГУ, установка термометрических логгеров HOBO (проект TSP). Вечером лекция «Криогенные процессы, возникающие при техногенных воздействиях, и основные инженерно-геокриологические способы борьбы с ними».

10 июля. Полевой маршрут «Реликтовые бугры пучения с ледяным ядром» в пределах V морской Салехардской террасы: мерзлотно-ландшафтное профилирование, описание шурфов. Вечером лекция «Гидрогеология Западной Сибири».

11 июля. Полевой маршрут «Ландшафтно-мерзлотные условия долинных комплексов малых рек» в пределах IV озерно-аллювиальной Казанцевской террасы. Выполнение ландшафтно-мерзлотного профиля через долину правого притока р. Седе-Яха – р. Бочковуху

с определением глубины оттаивания грунтов, проведение термометрических наблюдений в скважине № 2 Субарктического полигона ТюмГНГУ, описание и бурение растущего бугра пучения; изучение в шурфах псевдоморфоз по повторно-жильным льдам и особенностей строения генетических горизонтов таежных и тундровых почв. Создание в пределах торфяника двух площадок для изучения глубины сезонного оттаивания грунтов (по программе международного проекта CALM – Циркумполярный мониторинг деятельного слоя в рамках МПГ 2007/08). Вечером лекция «История формирования криолитозоны Западной Сибири в плейстоцен-голоценовое время».

12 июля. Полевой маршрут «Палеокриогенные образования в аллювиальных отложениях»: зачистка и описание обнажения в разрезе песчаного карьера по левому борту р. Седе-Яха. Изучение жильных структур, в том числе псевдоморфоз по повторно-жильным льдам разных генераций; криотурбаций и инволюций; сопоставление горизонтов с палеокриогенными образованиями с историей развития территории в плейстоцен-голоценовое время. Описание системы полигонального рельефа, связанного с жильными структурами.

13 июля. Полевой маршрут на площадку № 3 Субарктического полигона ТюмГНГУ, создание двух площадок CALM. Во второй половине дня – экскурсия «Особенности строительного освоения в южной криолитозоне»: изучение способов прокладки линейных техногенных систем; устройство и эксплуатация холодных проветриваемых подполий; управление мерзлотной обстановкой в строительных целях, использование парожидкостных термоустановок для предотвращения деформаций на площадке ВЖК «Юбилейное». Вечером лекция «Геотермические наблюдения и основные методы их интерпретации». Поздно вечером проигран футбольный матч местной службе пожаротушения со счетом 9 : 19.

14 июля. Отъезд из ВЖК «Юбилейное», встреча в аэропорту немецких студентов и аспирантов, пересечение Полярного круга, прибытие на месторождение «Заполярное» ООО «Уренгойгаздобыча». После ужина – экскурсия по комплексу.

15 июля. Экскурсия «Новые технологии в добыче газа и эксплуатации промыслов»: обязательный инструктаж по технике безопасности, осмотр УПКГ-2С, изучение выбора эффективных методов и оптимальных конструкций опор для газотранспортных структур на вечномерзлых грунтах, управление мерзлотными условиями на техногенных объектах. Круглый стол с представителями руководства месторождения «Заполярное». Вечером лекция «Основные сведения о криолитозоне Западной Сибири» и доклады студентов.

16 июля. Переезд ГКМ «Заполярное»–Ямбург. По маршруту поведены полевые исследования строения почвенных горизонтов в лесотундре. Прочитана лекция «Организация производства и структура газодобывающей компании ООО «Уренгойгаздобыча» в главном офисе компании в Новом Уренгое.

17 июля. Обзорная экскурсия «История открытия Ямбургского ГКМ, основные этапы освоения», посещение Ямбурга и промышленных объектов. Прочитаны лекции «Системы менеджмента риска при развитии опасных инженерно-геокриологических процессов», «Природные условия и инженерно-геокриологические особенности Ямбургского газоконденсатного месторождения. Геокриологический мониторинг». Посещение Ямбургской мерзлотной лаборатории: приборы и аппаратура для мерзлотных исследований; способы бурения изыскательских и геотермических скважин, демонстрация установки для прямых испытаний несущей способности свай. Экскурсия в порт Ямбурга и в подземный ледник. Вечером лекция «Криогенные опасности, связанные с деградацией вечной мерзлоты» и доклады студентов.

18 июля. Полевой маршрут «Изучение повторно-жильных льдов и опасных криогенных процессов»: ландшафтно-мерзлотное профилирование в долине р. Нгарка-Пойловаяха на второй прибрежно-морской террасе; бурение на полигональном торфянике; исследование развития термоэрозии и оврагообразования; изучение способов защиты объектов газовой промышленности от термоэрозии в районе УКПГ 1В.

19 июля. Полевой маршрут «Мерзлотные почвы пятен-медальонов и торфяников» в пределах морской Казанцевской террасы: изучение мезо- и микрорельефа западинно-грядовой поверхности в долине р. Яро-Яха; составление ландшафтно-мерзлотных профилей и фрагментов карт. Вечером лекция «Влияние города на изменения микроклимата и мерзлотных условий (на примере Барроу, Аляска, США)» и доклады студентов.

20 июля. Полевой маршрут «Булгунняхи и хасыреи» на Казанцевской террасе: бурение на одном из бугров пучения (Гюнтер-пинго); выполнение ландшафтно-мерзлотных наблюдений. Обследование участка развития линейного термокарста на месте подземной прокладки газопроводов; деформированных при развитии морозного пучения опор надземных газопроводов; знакомство с основными методами борьбы с морозным пучением грунтов. Вечером лекция «Мерзлотные почвы» и доклады студентов.

21 июля. Полевой маршрут «Склоновые процессы в криолитозоне. Основные методы борьбы с ними на участках прокладки газопроводов»: исследование опасных криогенных процессов (оврагообразование, солифлюкция, криогенные сплывы по системе повторно-жильных льдов); описание обнажения со вскрывающейся псевдоморфозой; составление мерзлотно-ландшафтных профилей через долину р. Нюдя-Адъюльдеръепока. Вечером доклады студентов.

22 июля. Полевой маршрут «Исследование долинного комплекса реки Пойлово-яха»: описание ландшафтно-мерзлотных условий и обнажения в береговом обрыве. Вечером лекции «CALM: задачи, методы, основные результаты», «Хронология и соотношение криохронов и термохронов в Сибири, на Европейской части России, в Центральной Европе и Северной Америке», доклады студентов.

23 июля. Полевой маршрут «Ландшафтно-мерзлотные исследования и изучение почвенных профилей на поверхности Приобской прибрежно-морской террасы». Вечером доклады студентов.

24 июля. Экскурсия «Особенности строительства в условиях вечной мерзлоты в Ямбурге и изменение мерзлотных условий». Камеральная обработка собранного материала. Вечером футбольный матч и прощальный ужин.

25 июля. Отъезд из Ямбурга в Новый Уренгой, отлет групп из аэропорта Нового Уренгоя в Москву, а также отправление поездом части участников в Тюмень.

Таким образом, во время полевых курсов студенты получили преставление о ландшафтно-мерзлотных условиях севера Западной Сибири в пределах северной тайги, лесотундры и тундры, закономерностях развития мерзлотных процессов и явлений. Во время полевых маршрутов ребята на практике освоили методики проведения мерзлотной съемки; определение криогенных параметров, в том числе такого наиболее важного из них, как динамика сезонно-талого слоя, с использованием различных приборов и оборудования; полевые методы геохимических, гидрологических исследований; бурения скважин; описание керна, шурфов и обнажений; документации образцов. Под руководством главного координатора проекта «Мерзлотные почвы» Международной ассоциации по мерзлотоведению (IPA) проф. Е.М.Пфайффер выполнено почвенное картирование, детальное описание основных типов почв на исследованной территории. Непосредственно у шурфов ребята получили представление об особенностях почвенных классификаций, принятых в разных странах. Учебная деятельность успешно сочеталась с выполнением научных проектов, получены данные по температурному режиму грунтов в течение года по трем скважинам глубиной 30 м и выполнена их первичная обработка (проект TSP). На конкретных примерах показана роль основных природных факторов в формировании температурного режима грунтов: климата и литологических характеристик отложений на участках со сливающейся мерзлотой, высокотемпературных грунтов и таликовых зон. Студенты под руководством главного координатора проекта CALM проф. университета Делавер Н.И.Шикломанова непосредственно участвовали в создании четырех площадок для изучения динамики сезонно-талого слоя на торфяниках в пределах водораздельного уровня высокой пятой морской террасы и долинных комплексах малых рек.

Инженерная программа курса была столь же насыщенна. Наибольший интерес студентов и профессоров зарубежных университетов вызвала организация деятельности газовых комплексов в криолитозоне: от работы добывающих скважин и технологии комплексной подготовки газа до инженерных методов повышения устойчивости фундаментов и конструкций в сложных геокриологических условиях. Огромная благодарность выражена ведущим специалистам и руководству предприятий ООО «Надымгазпром» и «Ямбурггаздобыча», которые не только обеспечили высокий организационный уровень проведения летней школы, но и доброжелательно и доступно отвечали на самые разнообразные вопросы студентов во время экскурсий и лекций.

Финансовая помощь в реализации проекта была оказана ОАО «Газпром» и фирмой «КонакоФиллипс Россия Инк». Планируется организация Международной летней школы по мерзлотоведению и в 2008–2009 гг. с новым составом студентов и аспирантов российских и зарубежных университетов.

42. МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПОЛЕВЫЕ УЧЕБНЫЕ ПРАКТИКИ ПО МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЮ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ЕНИСЕЙСКОГО ЗАЛИВА

Основные участники и организаторы экспедиции:
МГУ, СПбГУ, ВНИИОкеангеология, ИКЗ СО РАН

ЛЕТНЯЯ ПОЛЕВАЯ УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА ПО МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЮ «МЕРЗЛОТА И ПЕРИГЛЯЦИАЛЬНАЯ ГЕОМОРФОЛОГИЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И ЗАПАДНОГО ТАЙМЫРА»

И.Д.СТРЕЛЕЦКАЯ (МГУ им. М.В.Ломоносова),
А.А.ВАСИЛЬЕВ (Институт криосферы Земли СО РАН)

Летняя полевая учебная практика по мерзлотоведению в рамках МПГ 2007/08 на западном побережье Таймыра, включая и территорию Государственного природного заповедника (ГПЗ) «Большой Арктический», проводилась с 26 июля по 5 августа 2007 г. с борта теплохода «Федор Наянов». На борту теплохода была организована полевая грунтовая лаборатория, проводились учебные лекции и научные презентации, камеральная обработка полевых материалов. В состав группы входили:

– начальник экспедиции А.А.Васильев, д-р геол.-мин. наук, главный научный сотрудник ИКЗ СО РАН;

– руководитель практики И.Д.Стрелецкая, канд. геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник кафедры криолитологии и гляциологии географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова;

– аспиранты И.В.Копытов (ИКЗ СО РАН) и М.А.Медведева (СПбГУ);

– студенты А.Г.Черкашева (СПбГУ), А.М.Земскова, М.Н.Иванов и С.А.Симонов (МГУ).

Главной целью экспедиции было проведение полевой практики студентов географических факультетов МГУ и СПбГУ, а также научные исследования формирования и эволюции многолетнемерзлых толщ в ландшафтных условиях Западного Таймыра.

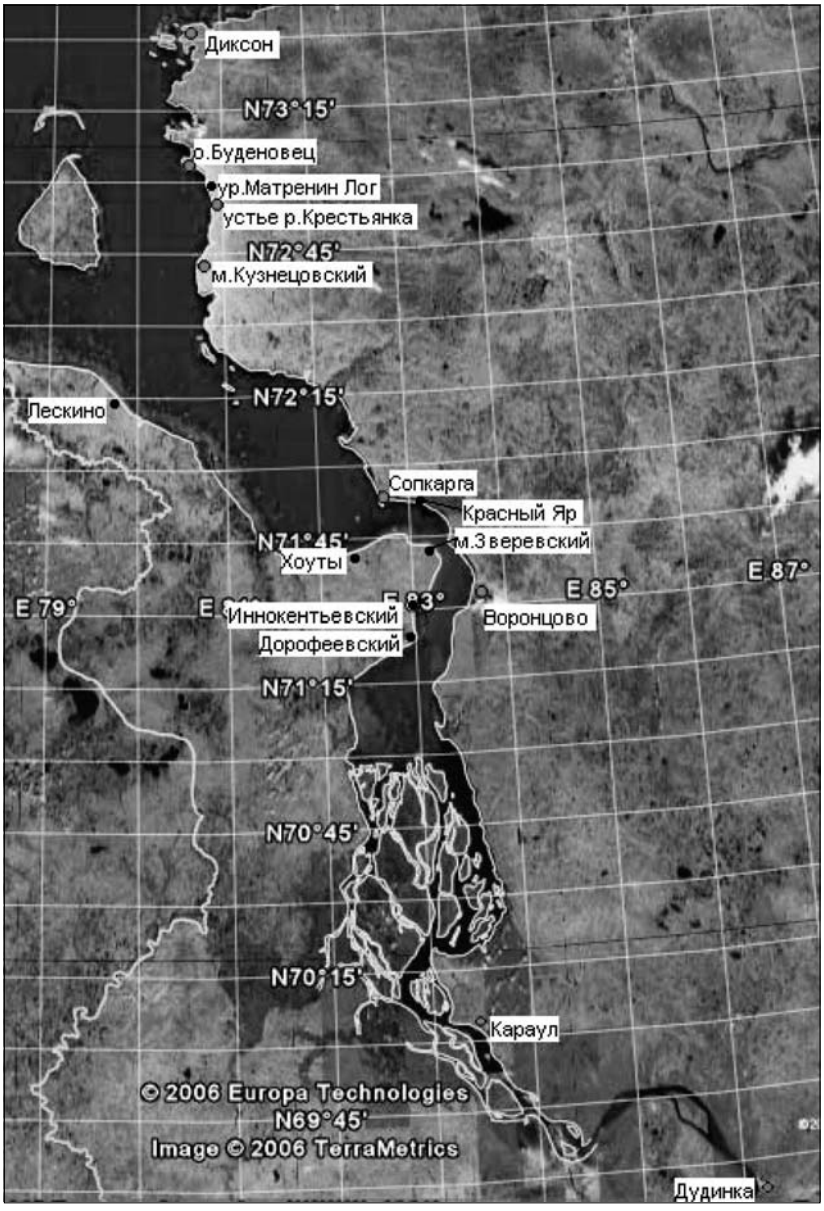
Работы проводились по двум направлениям:

1) геоботанические исследования для оценки связи особенностей строения и свойств мерзлых пород и характеристик ландшафтов, в том числе растительного покрова и почв;

2) криолитологические исследования естественных обнажений на побережье Енисея и Енисейского залива.

Участниками практики прослушан курс лекций, в которых были приведены реальные природные примеры особенностей формирования и эволюции многолетнемерзлых толщ и ландшафтов Западного Таймыра:

– «Новейшие отложения Енисейского Севера. Существующие теории и взгляды. Методы исследования четвертичных отложений» (доклад И.Д.Стрелецкой),



Расположение ключевых участков (красные точки) полевых курсов

– «Динамика берегов Карского моря. Ледовый комплекс Западного Таймыра» (доклад А.А.Васильева),

– «Эволюция ландшафтов Западного Таймыра в плейстоцене–голоцене» (доклад И.В.Копытова) и др.

Работы проводились на восьми ключевых участках:

1) руч. Пшеничный (вблизи Дудинки),
2) Караул,
3) Воронцово,
4) Сопочная Карга,
5) м. Кузнецовский,
6) м. Макаревича Южный (урочище Матренин Лог),
7) о. Буденовец,
8) окрестности Диксона.

На каждом ключевом участке комплекс исследований включал в себя детальное описание ландшафтных условий на доминантных ландшафтах, растительного покрова, почв, грунтов, влажностного режима слоя сезонного оттаивания, геологического строения разреза, криолитологического строения, изучение подземных льдов. Комплексное описание сопровождалось отбором проб растительного покрова, почв и грунтов для проведения лабораторных исследований, в полевой лаборатории определялась влажность сезонно-талого слоя в различных ландшафтах и льдистость многолетнемерзлых пород.

Подземные льды опробовались на изотопный состав для последующей интерпретации условий их формирования. Кроме того, на ключевых участках с песчаными разрезами были отобраны пробы для определения возраста пород термолюминесцентным методом – всего восемь образцов.

На реальных природных объектах студенты и аспиранты освоили методы изучения арктических ландшафтов, растительного и почвенного покровов, разрезов многолетнемерзлых толщ. Собран коллекционный материал для подготовки курсовых и дипломных работ на фактических данных. Прослушан курс лекций с реальными природными примерами об особенностях формирования и эволюции многолетнемерзлых толщ и ландшафтов Западного Таймыра.

Изучена пространственная дифференциация и изменчивость доминантных ландшафтов, растительного покрова и почв на трансекте Дудинка–Диксон, пересекающем природно-климатические

Теплоход «Федор Наянов»

зоны. Получены детальные данные об изменчивости видового состава растительности и их соотношения в разных природно-климатических зонах – от лесотундры до арктической тундры.

Изучено геологическое строение и криолитологические особенности средне-верхнеплейстоценовых отложений Западного Таймыра.

Впервые охарактеризованы специфические отложения «ледового комплекса» Западного Таймыра, вмещающего мощные повторно-жильные льды. Установлено, что данный «ледовый комплекс» представлен верхнеплейстоцен-голоценовыми супесчаными отложениями, которые являются наиболее молодыми отложениями в разрезе. Учитывая особенности палеогеографии севера Западной Сибири и Таймыра и формирования дисперсных отложений в плейстоцене, можно утверждать, что правый берег р. Енисей и Енисейского залива представляет собой естественную западную границу распространения отложений «ледового комплекса».

Работы выполнены при финансовой поддержке МГУ им. М.В.Ломоносова (Москва), ИКЗ СО РАН (Тюмень), ВНИИОкеангеология (Санкт-Петербург), КонокоФиллипс Россия Инк (Москва), Енисейского речного пароходства (Красноярск), а также при содействии ГПЗ «Большой Арктический».

Участники комплексной экспедиции выражают искреннюю благодарность ГПЗ «Большой Арктический», за помощь в организации полевой практики и научных исследований – директору В.Л.Чупрову и зам. директора по науке И.Л.Чупровой, за проведение исторических и экологических экскурсий и лекций – сотрудникам ГПЗ «Большой Арктический» А.Ф.Лубниной и Г.И.Лубнину.

46. БЕРЕГОВАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ «ФИТОБЕНТОС»

Основные участники и организаторы экспедиции: ММБИ КНЦ РАН

БЕРЕГОВАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ НА ПОБЕРЕЖЬЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ «ФИТОБЕНТОС-2007»

М.В.МАКАРОВ (ММБИ КНЦ РАН)

Цели и задачи экспедиции. Цель – исследование механизмов адаптации водорослей к условиям существования в приполярных районах при современных литодинамических процессах в заливах Мурманского побережья. В связи с этим поставлены следующие задачи:

1) ежегодный сезонный мониторинг содержания фотосинтетических пигментов доминантных видов водорослей-макрофитов;

2) исследование морфологии клеток и талломов, а также состояния фотосинтетического аппарата клеток водорослей при нахождении в условиях затемнения;

3) определение интенсивности фотосинтеза и дыхания фукусовых водорослей, находившихся в природных и экспериментальных условиях при различных уровнях освещения;

4) определение скорости роста, изменения состава и соотношения фотосинтетических пигментов и метаболической активности бурых водорослей при их произрастании на различной глубине;

5) исследования литодинамических процессов.

Сроки работ, район и научный состав экспедиции. Экспедиция 2007 г. проведена в три этапа:

– I этап – 17–31 января,

– II этап – 6 июля – 25 августа,

– III этап – 10 сентября – 23 октября.

Исследования проводились в районе губ Дальнезеленецкой и Ярнышной Мурманского побережья Баренцева моря.

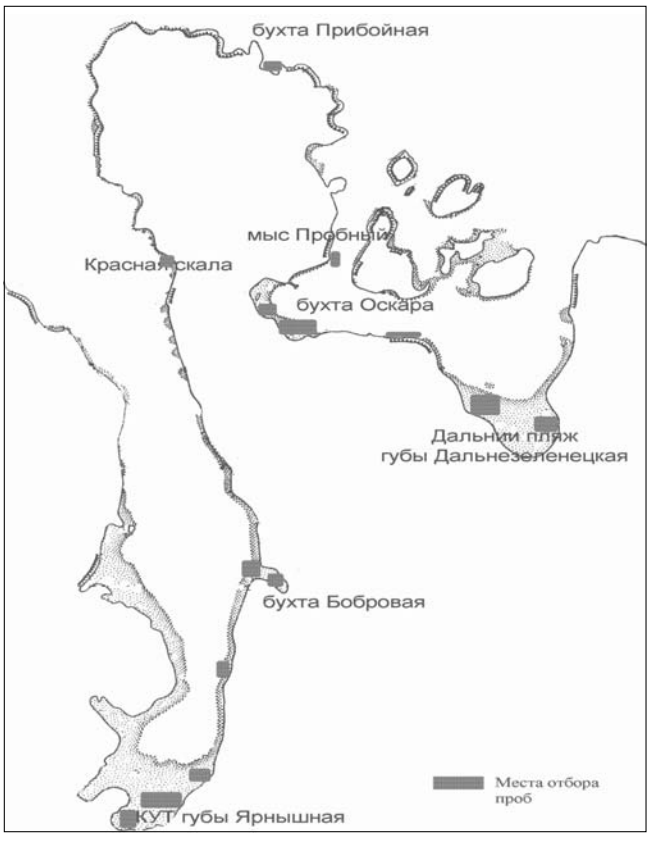
Научный состав – восемь человек (начальник экспедиции – канд. биол. наук М.В.Макаров).

Содержание выполненных работ.

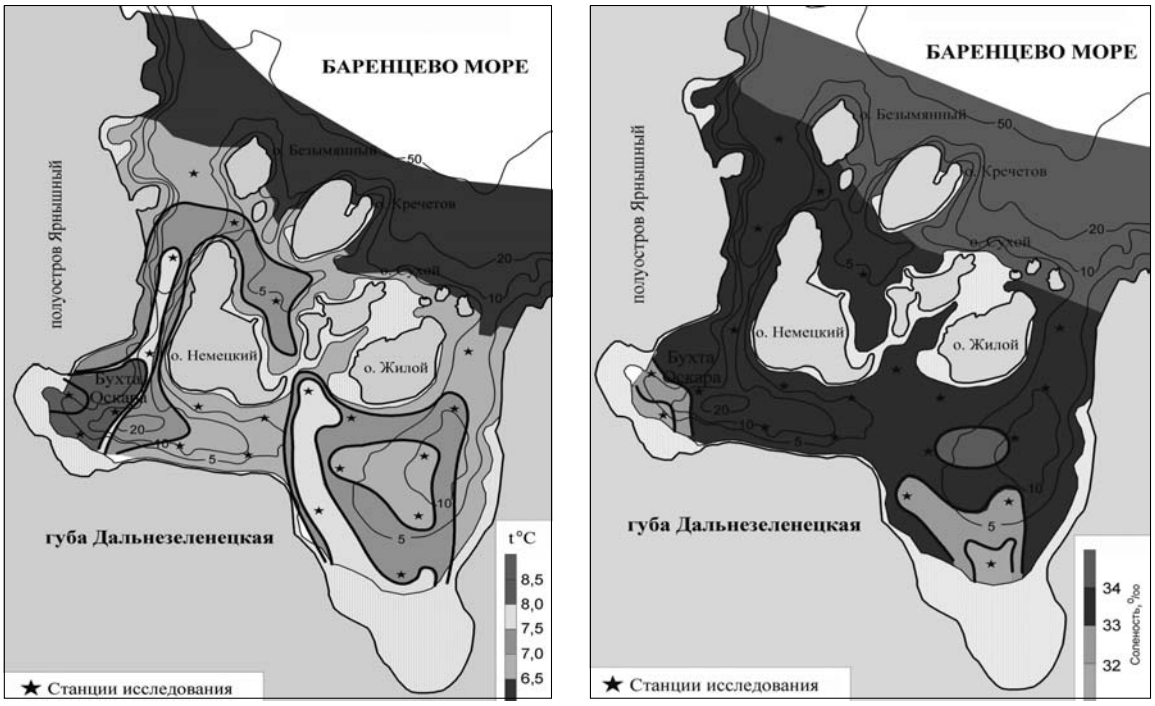
1. Проведен сезонный мониторинг содержания фотосинтетических пигментов доминантных видов водорослей-макрофитов. Выявлена зависимость их содержания от сезона. В начале лета, при наступлении полярного дня, количество всех фотосинтетических пигментов снижено, что связано с большим количеством фотосинтетически активной радиации (ФАР), достигающей поверхности Земли в данный период. К концу августа, по окончании полярного дня, количество фотосинтетических пигментов увеличивается, у некоторых видов (*Ulvaria obscura*, *Porphyra umbilicalis*) – почти в 4 раза. Полученные данные сравнивались с данными предыдущих лет. Выявлено, что фотосинтетический аппарат водорослей реагирует на метеорологические изменения и имеются различия в составе и соотношении фотосинтетических пигментов в различные годы.

2. Определены скорости процессов восстановления и скорости образования дихотомических ветвлений фукусовых водорослей в участках с различной гидродинамической активностью. При высокой степени прибойности восстановление фитоценозов замедляется, за первый год у *F.vesiculosus* не образуется ветвлений. В течение первого года также наблюдается смена фитоценозов: на месте *F.vesiculosus* формируется ассоциация *Porphyra umbilicalis*. В течение второго года ее сменяет ассоциация *F.vesiculosus* + *Porphyra umbilicalis*. К концу второго года у большинства растений сформировались два-три ветвления. Длина растений в среднем 2 см. В течение третьего года при высокой степени прибойности формировалась ассоциация *F.vesiculosus*, субдоминантами которой были *Porphyra umbilicalis*, *F.distichus*. Длина растений 15–20 см, формировалось в среднем четыре дихотомических ветвления. На отдельных экземплярах фукуса образовывались рецептакулы. При низкой прибойности за год образуется одно дихотомическое ветвление. Длина проростков в среднем 6 см.

3. Исследована морфология клеток и талломов, а также состояние фотосинтетического аппарата клеток водорослей в условиях отсутствия освещения. После 3 месяцев пребывания *F.vesiculosus* и *F.distichus* в условиях эксперимента оба вида остались в интакт-



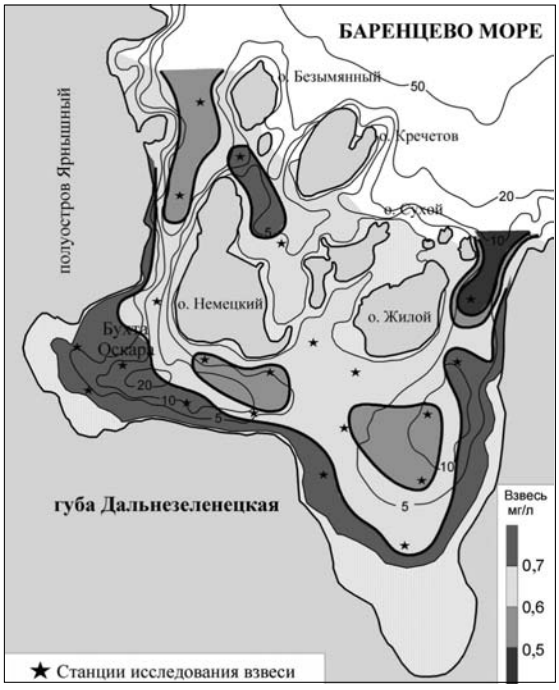
Район исследования



Температура и соленость в поверхностном слое воды в июле 2007 г.

ном состоянии. У растений отмечены изменения ультраструктуры клеток: исчезли запасные вещества, изменилась форма и уплотнились физоды, возросла удельная доля митохондрий в клетке и удельная доля крист в митохондриях. У них присутствовали процессы фотосинтеза и дыхания. Метаболическая активность снизилась по сравнению с растениями в природных условиях. Признаков деградации талломов экспериментальных растений не обнаружено.

После 9 месяцев пребывания в условиях эксперимента у *F. distichus* наблюдалось разрушение таллома. У *F. vesiculosus* оставались верхние участки таллома. При перенесении экспериментальных растений *F. vesiculosus* в естественные условия обитания происходило восстановление талломов.



Содержание взвеси в поверхностном слое воды в июле 2007 г.

У фукусовых водорослей, находившихся в природных (полярная ночь) и в экспериментальных (отсутствие освещения) условиях, определялась интенсивность фотосинтеза и дыхания. Растения из природных зарослей имели более высокую интенсивность фотосинтеза по сравнению с растениями, находившимися длительное время в условиях отсутствия освещения. Однако у тех и у других растений интенсивность фотосинтеза достаточно высокая, и с повышением уровня освещенности она увеличивалась. Интенсивность дыхания у природных и экспериментальных растений одинакова.

4. Исследованы репродуктивные ткани красной водоросли *Palmaria palmata* и влияние различных факторов среды на скорость выхода спор. В январе тетраспоры выходят во внешнюю среду. Эксперименты по влиянию освещения различной интенсивности и длин волн (УФ-А и ФАР) и отсутствия освещения показали, что данные факторы по отдельности не влияют на скорость выхода тетраспор из спорангиев. Предварительное освещение спороносных участков ультрафиолетом низкой интенсивности (0,3–0,6 Вт/м^2) значительно увеличивало количество вышедших тетраспор. По результатам эксперимента сделан вывод о световой зависимости выхода тетраспор *Palmaria palmata* в окружающую среду.

5. Определена суточная динамика изменения физиологической активности *F. vesiculosus*. Показано наличие 6-часовых суточных ритмов. Выявлены различия в метаболической активности, интенсивности фотосинтеза и дыхания различных частей таллома (апикальная, средняя части и основание) фукусовых водорослей. Установлено, что неблагоприятные факторы

среды (пониженная соленость) снижают метаболическую активность и скорость фотосинтеза и увеличивают интенсивность дыхания у *F.serratus*.

6. В осенний период на глубину 1 м проникает менее 30 % количества ФАР, достигающей поверхности воды. По мере роста глубины количество ФАР снижается экспоненциально. Скорость роста водорослей и их метаболическая активность зависят от глубины произрастания: у литорального вида *F.distichus* данные показатели падают, а у сублиторального *L.saccharina* растут. Количество фотосинтетических пигментов у различных видов водорослей увеличивается по мере увеличения глубины произрастания, что связано с падением интенсивности ФАР.

7. Сравнивались скорость роста и метаболическая активность *F.vesiculosus*, выращенных на искусственном субстрате в верхнем слое воды, и растений из природных зарослей. У растений на искусственном субстрате эти показатели значительно выше: скорость роста увеличилась в 3 раза, метаболическая активность – в 2 раза.

Степень абразионного разрушения валунного материала

Зона литорали	Валунный материал	Потеря массы, %
Одного петрографического состава (скрытокристаллический гранит-мигматит)		
Верхняя	Неправильный тетраэдр, вертикальные грани гофрированные, нижняя – ровная, верхняя – ступенчатая	1,29
	Трапециевидный, грани ровные	0,68
	Скошенный параллелепипед, грани гофрированные, со ступенчатым изломом	0,53
	Параллелепипед, скошенный под углом 30°, одна грань ровная, одна со ступенчатым изломом, остальные гофрированные	0,47
	Параллелепипед, скошенный под углом 10°, три грани ровные, другие гофрированные	0,24
Средняя	Неправильный, уплощенный тетраэдр, грани гофрированные	0,48
	Куб, грани ровные, в отдельных местах неровный излом	0,46
	Окатанный эллипсоид, поверхность ровная, слегка гофрированная	0
Одной формы (плитчатой)		
Нижняя	Бетонный блок	100
	Габбро-диабаз	0,04
	Окварцованный гранит-мигматит	0,05
	Микроклиновый гранит	0,05

8. Определена скорость абразионного разрушения валунного материала разной формы и петрографического состава. Показано, что в литоральной зоне наименьшему разрушению подвергаются габбро-диабазы шарообразной формы, наибольшему – граниты кубообразной формы. Техногенные материалы (бетонный блок) в течение года разрушаются полностью.

Скорость абразионного истирания глыбового материала на Мурманском побережье в верхней, средней и нижней зонах литорали составила 0,16, 0,11 и 0,03 мм/год соответственно. Уменьшение скорости абразионного истирания глыбового материала от верхней литоральной зоны к нижней зоне, возможно, связано с более интенсивным волновым воздействием верхней зоны, а также с тем, что именно она дольше находится под воздействием атмосферы и материал более подвержен морозному выветриванию.

В верхней литоральной зоне экспериментальный материал подвергся обрастанию водорослями – зелеными (*Enteromorpha intestinalis*, *Acrosyphonia arcta*), бурыми (*Pylaiella litoralis*), в единичных экземплярах наблюдались красные (*Palmaria palmata* и *Porphyra umbilicalis*) и бурые (*Fucales*). В средней и нижней литоральной зоне – зелеными (*Acrosyphonia arcta*), бурыми (*Pylaiella litoralis*), в единичных экземплярах наблюдались хорда, ламинария и красные водоросли (*Palmaria palmata* и *Porphyra umbilicalis*). На многих глыбах обрастание было концентрическим – сверху бурые, ниже зеленые, еще ниже – красные. К глыбам также прикреплялись двустворчатые моллюски (*Mytilus sp.*), усоногие раки (*Balanus sp.*) и мшанки. Таким образом, ни форма субстрата, ни петрографический состав не являются определяющими для поселения водорослей.

9. Определена концентрация взвешенного вещества и дебит малых водотоков Мурманского побережья. В летне-осенний период 2007 г. концентрация взвешенного вещества в 1,5–2,0 раза выше, чем в аналогичный период 2006 г. По-видимому, это связано с повышенным количеством атмосферных осадков. Период осенних паводков длился с третьей декады августа до первой декады октября.

Количество осадочного вещества в заливах Мурманского побережья значительно больше, чем за аналогичный период на Карельском побережье. По содержанию осадочного вещества губа Дальнезеленецкая делится на три части, кроме того, в ней выявлены два независимых литодинамических потока:

1) в бухте Оскара (западная часть),

2) в пределах Дальнего пляжа (восточная часть).

При этом центральная часть губы подвержена интенсивному размыву.

Поставка осадочного вещества в губу Дальнезеленецкую происходит по всему периметру залива, а не связана только с водотоками. В центральной и западной частях губы выявлен небольшой апвеллинг, где содержание взвеси понижено.

Заключение. Проведенные натурные и экспериментальные исследования позволили оценить физиологическое и морфологическое состояние природных зарослей водорослей-макрофитов Баренцева моря в различные сезоны 2007 г. в градиенте факторов внешней среды. Полученные в результате исследований данные внесут вклад в понимание процессов адаптации водорослей к условиям высокоширотных районов Арктики.

47. ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД, СОСТОЯНИЯ ГИДРОБИОНТОВ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДОЕМОВ И ВОДОТОКОВ МУРМАНСКОЙ И АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Основные участники и организаторы экспедиции: ИППЭС КНЦ РАН

ЭКСПЕДИЦИЯ В МАРГИНАЛЬНЫЙ ФИЛЬТР СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ В НАЧАЛЕ МПГ 2007/08

В.П.ШЕВЧЕНКО (Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН)

С 26 февраля по 11 марта 2007 г. в рамках проекта МПГ № 323 «Исследование эолового и ледового переноса и потоков вещества (включая экотоксиканты) в Арктике» (руководитель В.П.Шевченко) и проекта «Система Белого моря» (руководитель А.П.Лисицын) были проведены исследования состава снега, льда и подледной воды в устьевой области р. Северной Двины и на ее притоке р. Пинеге в районе п. Пинега. В экспедиции принимали участие сотрудники Института океанологии им. П.П.Ширшова РАН, Северо-Западного отделения Института океанологии им. П.П.Ширшова РАН, Лаборатории механизма и транспорта в геологии, Обсерватория Миди-Пириней (Университет Тулузы, Франция), Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН, Архангельского филиала ФГУП «Росморпорт», Архангельского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями, Южного Научного Центра РАН, студенты географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова.

Основной целью экспедиции являлось исследование состава снега, льда и подледной воды (растворенной и взвешенной фаз). Схема расположения станций показана на 1 марта, в день официального открытия МПГ были проведены работы на льду протоки Кузнечиха. Журналисты архангельских телекомпаний снимали репортаж о работах экспедиции и старте МПГ.

Распределение нерастворимых частиц (взвеси) в снежном покрове было изучено как близ источников аэротехногенного загрязнения, так и в относительно чистых фоновых районах. Керны льда получали титановым буром с внутренним диаметром 140 мм. Подледную воду отбирали 5-литровым пластмассовым батометром Нискина и переливали в чистые пластмассовые канистры. В лаборатории снег и лед растапливали при комнатной температуре. Пробы талой снеговой и ледовой воды и подледной воды фильтровали через предварительно взвешенные ядерные фильтры диаметром 47 мм с диаметром пор 0,45 мкм и стекловолокнистые фильтры Whatman GF/F. Немедленно после отбора проб проводилась ультрафильтрация через ацетат-целлюлозные мембранные фильтры Умикон (YM-1) с размером пор 1 кДа (1 нм), 10 кДа и 100 кДа, а также диализ через полупроницаемые полиэтиленовые мембраны Спектра Пор 7 (1 и 10 кДа). Во всех этих фильтрованных пробах проводились измерения растворенного органического углерода и около 40 макро- и микроэлементов. На ряде станций производились гидрофизические зондирования с помощью зонда CTD90. Значения pH, Eh, концентрации биогенных элементов в растопленном снеге и льду и в воде определяли в фильтрате после ядерных фильтров.

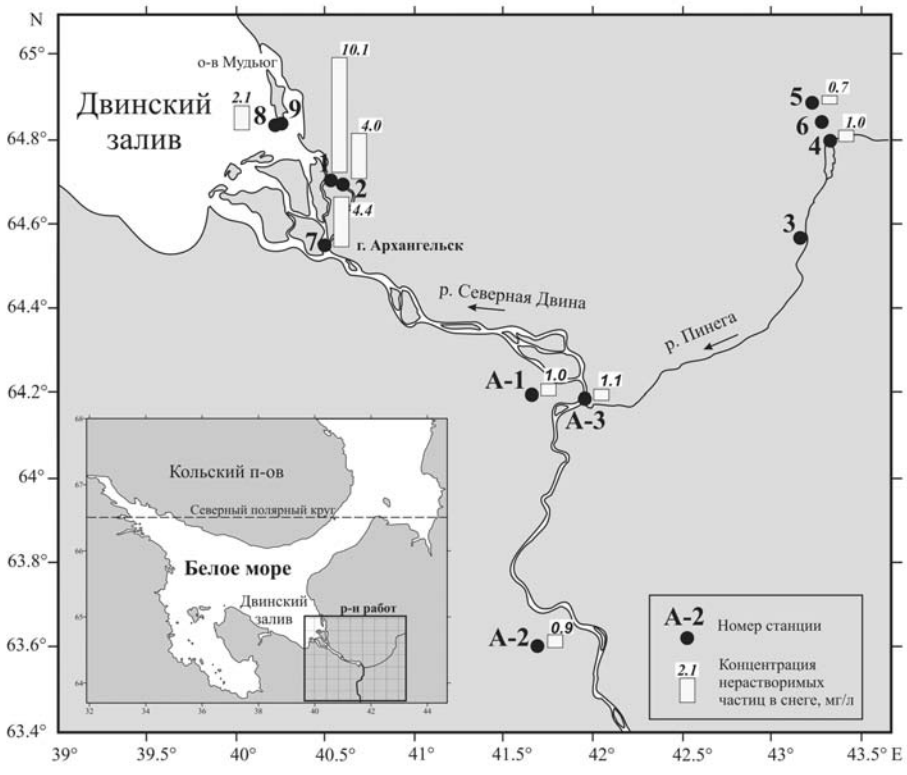


Схема расположения станций и концентрация нерастворимых частиц в снеге

Концентрация нерастворимых частиц (взвеси) в свежевыпавшем снеге на льду озер, расположенных на бе-

регах Северной Двины в ее нижнем течении и в бассейне водосбора р. Пинеги около п. Пинега составляли от 0,93 до 1,2 мг/л, на льду Северной Двины около п. Усть-Пинега концентрация взвеси была 1,13 мг/л. Эти значения находятся на фоновом для Арктики уровне. Однако на льду Северной Двины в черте г. Архангельска концентрация взвеси в снеге возрастала до 10,1 мг/л, и сажа («черный углерод») становилась основным компонентом взвеси.

Концентрация взвеси в подледной воде была низкой. В дельте Северной Двины она составляла от 1,07 до 4,67 мг/л, а на барьере река–море около южной оконечности о. Мудьюгский варьировала от 4,27 до 6,8 мг/л.

Концентрация нерастворимых частиц во льду Северной Двины напротив центра Архангельска составляла в верхней части керна 8,27 мг/л, а глубже снижалась до 0,87 мг/л. Около южной оконечности о. Мудьюгский концентрация нерастворимых частиц во льду была намного больше (достигая 99 мг/л в средней части ледового керна). Это свидетельствует о вмерзании в припайный лед в этом районе насыщенных осадочным материалом льдин, вынесенных сюда во время аномального половодья, произошедшего в бассейне Северной Двины в декабре 2006 г. В этом районе было отмечено большое количество торосов высотой до 2 м. Весенний лед устьевой зоны Северной Двины по своему строению и составу населяющих его доминирующих организмов существенно отличается от типичных беломорских ледовых биотопов вне зоны воздействия пресноводного стока.

Свое влияние оказал и мощный паводок в теплом декабре 2006 г., когда речные воды растекались сверху по льду и, смешиваясь со снегом, в конечном счете формировали новые слои льда снежного генезиса. Вместе с речной водой поступало большое количество взвеси самого разного происхождения и сине-зеленых нитчатых водорослей, типичных для устьев рек и не характерных для льдов в открытых районах моря [Сажин и др., 2007]. Наиболее высокая концентрация взвеси была отмечена во льду р. Пинеги около п. Пинега – при толщине льда 48 см в слое 11–48 см концентрация достигала 680 мг/л. Вероятно, это является результатом декабрьского паводка и ледохода, когда льдины, насыщенные осадочным материалом, перемещались и замерзали, вмораживаясь в речной лед в другом месте.

Концентрации растворенного органического углерода в Северной Двине в начале февраля (в период зимней межени) примерно в два раза ниже, чем во время паводка, но это в основном касается фракции 10 кДа-0,22 мкм; его концентрация во фракциях 1–10 кДа и менее 1 кДа почти не зависит от сезона и гидрологических характеристик [Pokrovsky et al., 2007].

Концентрация фосфатного фосфора в снеге изменялась от 4 до 20 мкг/л, наиболее высокие значения отмечены в районе порта Экономия и центральной части Архангельска; в пробах льда в среднем концентрация была 3,5 мкг/л, максимальные значения были у порта Экономия, в пробах воды значения концентраций менялись по всей глубине от 17 до 60 мкг/л [Чульцова и др., 2007]. В дельте Северной Двины, в центральной части Архангельска, наблюдалось увеличение в 2 раза содержания нитритного и нитратного азота в снеге. У порта Экономия была определена максимальная концентрация нитритного азота – 2 мкг/л, при среднем значении в исследуемых пробах снега в устьевой области реки 0,8 мкг/л. Максимальные значения концентраций нитритного и нитратного азота приходились на верхние слои во всех отобранных кернах. Это свидетельствует о важности атмосферной поставки этих биогенов. Концентрация нитритного азота в воде изменялась от 1 до 6 мкг/л. Нитратный азот изменялся от 320 до 380 мкг/л в подледном слое и от 180 до 310 мкг/л в придонном слое.

Важной особенностью экспедиции являлось то, что более половины ее участников являются студентами, аспирантами или молодыми научными сотрудниками. В экспедиции были отработаны методики исследований и взаимодействие между разными группами ученых, что поможет решению задач МПГ 2007/08.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Сажин А.Ф., Ратькова Т.Н., Шевченко В.П., Романова Н.Д. Население весеннего льда Белого моря в устьевой зоне Северной Двины // Геология морей и океанов. Материалы XVII Междунар. науч. конф. (Школы) по морской геологии. Т. III. М., 2007. С. 279–281.

Чульцова А.Л., Скибинский Л.Э., Хлебопашев П.В. Влияние накопления биогенных элементов в снежном и ледовом покровах р. Северной Двины на состояние экосистемы Двинского залива Белого моря // Большие морские экосистемы России в эпоху глобальных изменений (климат, ресурсы, управление). Материалы Междунар. науч. конф. Ростов н/Д, 2007. С. 287–294.

Pokrovsky O.S., Viers J., Vasukova E.V. et al. Trace element and organic matter speciation in the White Sea basin (Severnaya Dvina and Pinega rivers) // Геология морей и океанов. Материалы XVII Междунар. науч. конф. (Школы) по морской геологии. Москва, 12–16 ноября 2007 г. Т. III. М., 2007. С. 301–303.

48. КОМПЛЕКСНАЯ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ «БЕРИНГИЯ»

Основные участники и организаторы экспедиции: ИФХиБПП РАН

КОМПЛЕКСНАЯ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ «БЕРИНГИЯ»

По материалам ИФХиБПП РАН

Лаборатория криологии почв Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (Пущино) работает в Арктике с 1978 г. В 1990 г. решением Бюро отделения физико-химической биологии АН СССР на ее базе была организована международная комплексная палеоэкологическая экспедиция «Берингия», под этим названием работающая по настоящее время. Экспедиционные исследования и мониторинговые наблюдения не прекращались ни на сезон даже в сложные 1990-е гг.

Район работ – тундровая и лесотундровая зоны приморских низменностей восточного сектора Арктики (побережье морей Лаптевых и Восточно-Сибирского) между дельтой р. Лены и устьем р. Колымы, а также Ключевская группа вулканов на Камчатке.

Объект исследований – вечная мерзлота.

Научный руководитель экспедиции – зав. лабораторией криологии почв, д-р геол.-мин. наук Д.А.Гиличинский.

В данное время экспедиция работает по плану участия России в мероприятиях по проведению МПГ. Среди выполняемых проектов, два являются составной частью крупных международных IPY кластеров:

1) CALM – циркумполярный мониторинг деятельного слоя (отв. исполнитель: ст. науч. сотр. Д.Г.Федоров-Давыдов),

2) TSP – термическое состояние вечной мерзлоты (канд. геол.-мин. наук А.Л.Холодов).

По тематике МПГ экспедиция выполняет международный проект «Реакция арктических и субарктических почв на изменения условий на Земле: изучение динамики и пограничных состояний» (д-р биол. наук С.В.Губин) и следующие национальные проекты:

– криобиосфера: жизнеспособные палеобиологические системы и генетические ресурсы в вечной мерзлоте Российской Арктики (Д.А.Гиличинский);

– органическое вещество мерзлых четвертичных отложений восточного сектора Российской Арктики: роль в глобальном цикле углерода (А.Л.Холодов);

– парниковые газы в вечной мерзлоте (Е.М.Ривкина);

– создание сети мониторинга температурного поля мерзлых пород в зоне современного вулканизма – Ключевская группа вулканов (А.А.Абрамов).

Финансирование проектов в 2007 и 2008 гг. примерно равное и заведомо недостаточное. Оно состоит из бюджетного фонда зарплаты по теме «Криобиосфера: криогенез и консервация жизнеспособных палеобиологических объектов» и около 1,5 млн руб. на полевые работы. Это целевые расходы по следующим статьям:

– на мониторинговые наблюдения по кластерам CALM и TSP (20 тыс. долларов в год каждый, включая затраты на оборудование);

– грант INTAS по датированию возраста мерзлоты (100 тыс. долларов в год на полевые расходы);

– средства Программы 16 Президиума РАН на почвенный проект МПГ 2007/08 – около 400 тыс. руб. в год, включая 100 тыс. руб. на полевые работы;

– целевое финансирование Президиумом РАН экспедиций (200 тыс. руб. в год);

– инициативные гранты РФФИ.

В 2007 г. на полевые исследования в рамках МПГ использован грант РФФИ по органическому веществу в мерзлых породах (200 тыс. руб.), в 2008 г. 200 тыс. руб. на эти цели будут потрачены из трех грантов:

1) по парниковым газам,

2) фитолитам,

3) почвам.

Перечисленные средства концентрируются в виде единого финансового пула для всех проектов, исследования по которым, как правило, ведутся в одном районе силами примерно 10 сотрудников. Среди них половина – аспиранты, собирающие материал для диссертаций.

49. КОМПЛЕКСНЫЕ ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Основные участники и организаторы экспедиции: ИППЭС КНЦ РАН

КЛИМАТОГЕННЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БИОТЫ И ЭКОСИСТЕМ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

А.А.ТИШКОВ
(ИГ РАН)

В рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН №16, Ч. 2. «Природные процессы в полярных областях Земли…» и Отделения наук о Земле РАН №14 «История формирования бассейна Северного Ледовитого океана…» в 2007 г. лаборатория биогеографии проводила полевые исследования (рис. 1) по следующей тематике.

1. Исследования динамики и пространственного распределения морских птиц на архипелагах Белого моря (руководитель – Г.М.Тертицкий, ИГ РАН).

Районы исследований – Кандалакшский и Северодвинский заливы, Соловецкий архипелаг. Период исследований – май–июнь 2007 г. Число участников – шесть, из них два аспиранта. Работы проводились совместно с Соловецким филиалом Беломорской биологической станции МГУ и Соловецким музеем-заповедником. Объектом исследований было пространственное распределение более 20 видов морских птиц на архипелагах Белого моря. Основной вид транспорта – моторная лодка. Результаты 2007 г. существенно дополнили материалы по 50-летней природной и антропогенной изменчивости разнообразия, пространственного размещения и численности морских птиц Белого моря. Выявлена смена факторов, определяющих современную динамику численности птиц, что привело к увеличению (у некоторых видов в 2–5 раз по сравнению с 1960-ми гг.) численности отдельных видов (большой баклан, серебристая чайка, сизая чайка, клуша). В 2000–2007 гг. усилилось влияние природных (изменения климата, ледовой обстановки, условий зимовок и пр.) и антропогенных (последствия нефтяного загрязнения, снижение вылова рыбы) (рис. 2 и 3) факторов, которые негативно влияют на состояние популяции морских птиц в регионе.

В рамках полевых исследований 2007 г. проводилась оценка уязвимости морских птиц Белого моря к нефтяному загрязнению. Наиболее уязвимыми к современному нефтяному загрязнению в регионе оказались обыкновенная гага и гага-гребенушка, чистик, гагарка и др. В рамках этих исследований и российско-норвежского сотрудничества создана и поддерживается База данных по колониям морских птиц Баренцевоморского региона в целом, полученные результаты 2007 г. включены в нее.

2. Оценка изменений в состоянии популяций гусеобразных о. Колгуев и низовьев р. Печоры в связи с изменениями климата и началом активного хозяйственного освоения региона (руководитель – П.М.Глазов, ИГ РАН).

Районы исследований – побережье и центральные районы о. Колгуев и прибрежные районы дельты Печоры. Количество участников – 5 (сотрудничество с Зоологическим институтом РАН, с немецкими и голландскими учеными в рамках совместного проекта). Вид транспорта – пешие маршруты, обследование побережья с использованием моторной лодки (рис. 4).

Выявлено видовое разнообразие птиц острова, включающее 72 вида, в т.ч. 50 – гнездящихся. В рамках экспедиции 2007 г. окольцовано 123 особи гусей, 14 птиц было помечено для организации спутникового наблюдения за миграциями. Результаты последнего можно наблюдать в режиме on-

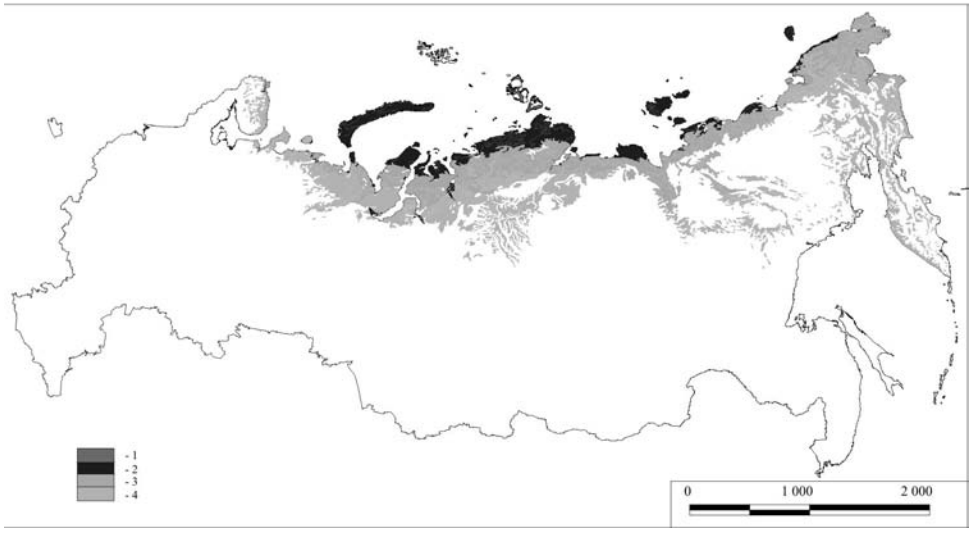


Рис. 1. Районы наземных полевых исследований лаборатории биогеографии ИГ РАН в 2007 г.

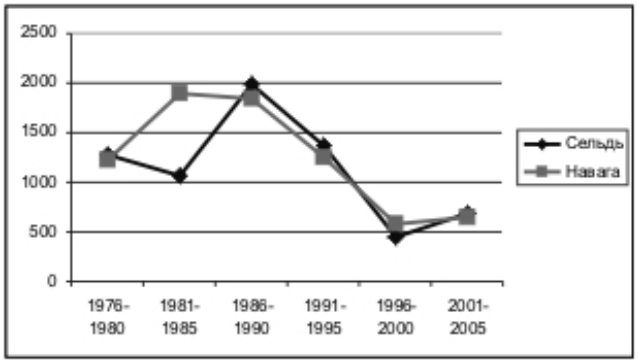


Рис. 2. Динамика вылова сельди и наваги в Белом море в 1976–2006 гг.

line в Интернете (рис. 5). Выявлены тенденции динамики численности водоплавающих птиц острова, особенности размещения их гнездовых скоплений и колоний, изменения в характере миграций в последние годы. Проведены предварительные оценки общей численности популяций некоторых видов гусеобразных на острове и их вклада в общую численность птиц в Европе (см. таблицу).

3. Зоогеографические и орнитологические исследования на полуострове Чукотка (руководители Е.Е.Сыроечковский, Институт проблем экологии и эволюции РАН; Е.Г.Лаппо, ИГ РАН).

Районы исследований 2007 г. – восточное побережье п-ва Чукотка (рис. 6). Число участников – шесть. Транспортные средства – вездеходы, моторная лодка. Полевые работы 2007 г. позволили выявить новые особенности в современном процессе расселения птиц и динамике их численности, прежде всего у водоплавающих птиц и куликов. В рамках работ этой группы в 2007 г. завершена подготовка «Атласа ареалов куликов Российской Арктики» (совместно с Зоологическим музеем МГУ и Институтом проблем экологии и эволюции РАН). По результатам обобщений многолетних исследований выявлено преобладание числа видов арктических куликов с положительными тенденциями динамики ареалов и численности над числом видов с отрицательными тенденциями изменений. Для 23 видов куликов прослежены положительные изменения (рост численности, расширение ареала), хотя бы в части их ареалов. Позитивные тенденции проявляются наиболее часто у видов куликов в таких регионах Арктики, как запад Европейской России, север Западной Сибири и Дальнего Востока.

4. Синтез результатов зоогеографических исследований в Российской Арктике: исследование реакции гусеобразных на изменения климата Арктики (полевые исследования сотрудников и аспирантов лаборатории биогеографии ИГ РАН 2007 г.).

Районы исследований – Ненецкий, Ямало-Ненецкий, Таймырский, Чукотский АО. Число участников – семь, из них четыре аспиранта.

Среди гусеобразных выделены виды, которые могут испытывать негативные воздействия на популяции при следующих климатических изменениях:

– похолодании летних месяцев и позднем сходе льда на реках и озерах – белый гусь о. Врангеля, номинативный подвид черной казарки, некоторые популяции белощекой казарки и гуменника;

– потеплении в южных тундрах, которое приведет к смене растительности и исчезновению гнездовых местообитаний – белолобый гусь, гуменник, краснозобая казарка;

– подъеме уровня моря, и асинхронизации приливов, что может привести

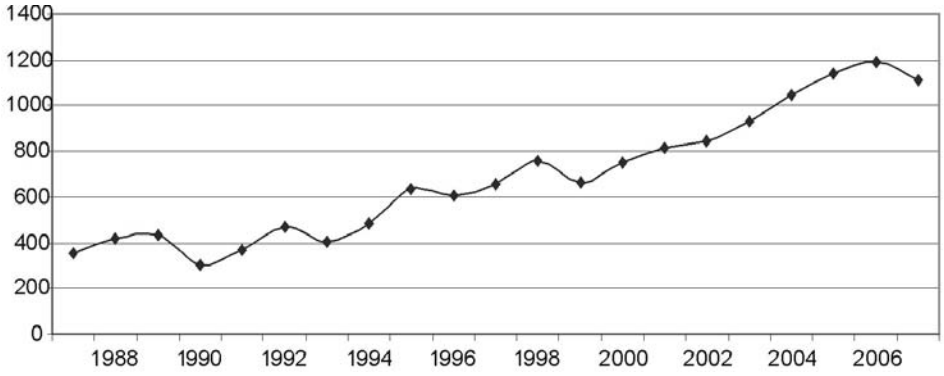


Рис. 3. Динамика числа гнезд 2-х видов морских птиц Соловецкого архипелага с 1960-х по 2007 гг.

Численность 3-х видов гусеобразных на о. Колгуев (оценки 2007 г.)

Вид	*Белощекая казарка*	*Белолобый гусь*	*Гуменник*
Численность популяции	400 тыс. особей Российская популяция	1500–1700 тыс. особей Европейская популяция	500–600 тыс. особей Европейская популяция
Численность на о. Колгуеве	170 тыс. особей	400–600 тыс. особей	150–200 тыс. особей
Доля в %	~ 42 %	~ 30 %	~ 30 %

к затоплению маршей, дельт и других вводно-болотных и береговых местообитаний, – казарки и гусь-белошей;

– изменении ледового режима, что приведет к деструкции прибрежных местообитаний, усилению штормов и «нагонам» в период гнездования, – большинство видов казарок и гусь-белошей;

– росте частоты экстремальных погодных явлений, штормов, ураганов, продолжительных дождей, паводков, резких похолоданий и т.д. – все виды гусей, но особенно высокоарктические;

– изменении условий на зимовках и в местах остановок на миграциях – все виды гусей, особенно те, что используют заболоченные угодья, которые могут быть затоплены, но в первую очередь казарки.

5. Реконструкция развития растительности и арктического фаунистического комплекса ключевых хроносрезов позднего плейстоцена и голоцена – аналогов современной и прогнозируемой климатической обстановки в Европейском секторе Арктики (руководитель – А.К.Маркова, ИГ РАН).

Районы исследований – Европейский сектор Арктики, низовья р. Печоры и др. Участники работ – пять человек (работы по реконструкции и ведению базы данных – совместно с Геологическим инсти-

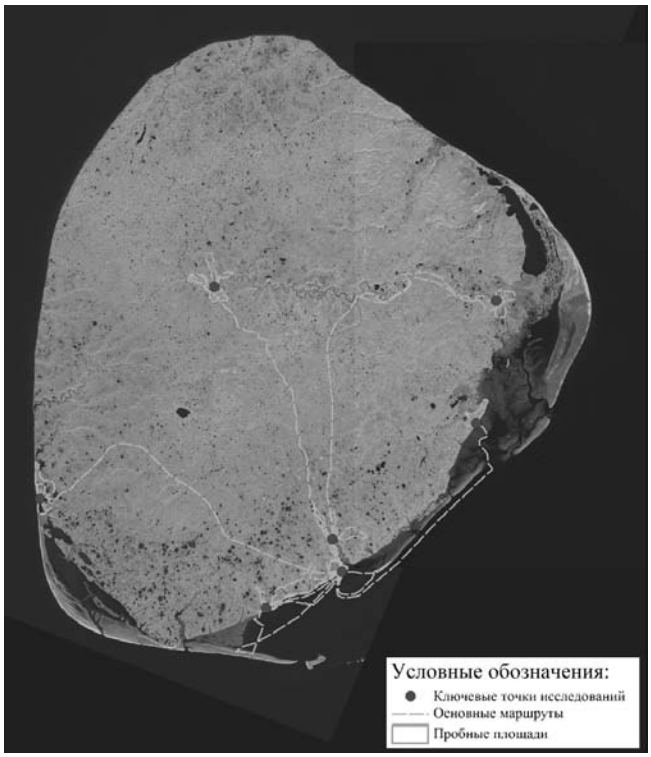


Рис. 4. Маршруты исследований ИГ РАН на о. Колгуев в 2006-2007 гг.

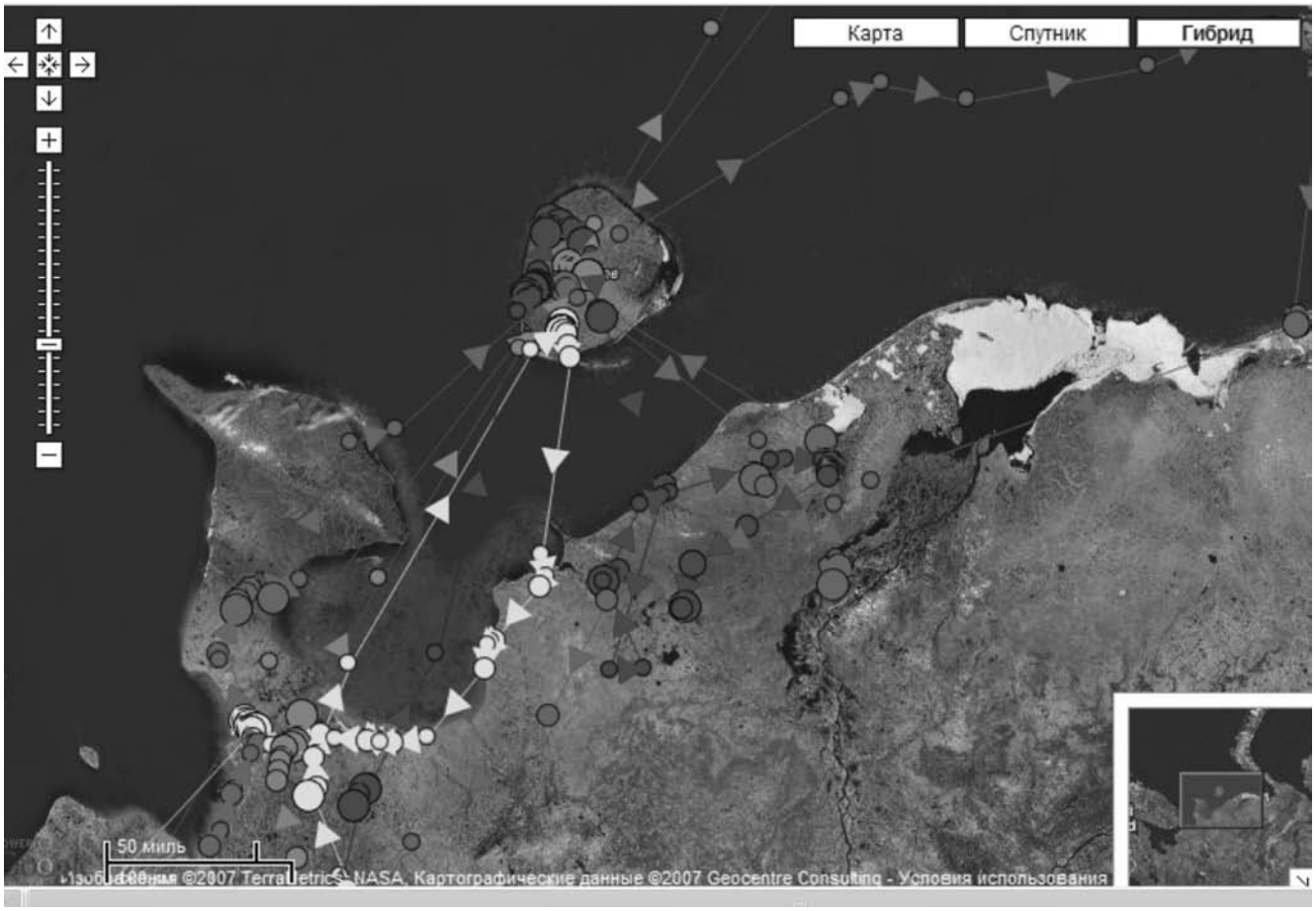


Рис. 5. Фрагмент карты миграции гусей о. Врангеля в режиме реального времени, 2007 г. (по результатам мечения гусей в полевой сезон 2007 г.)

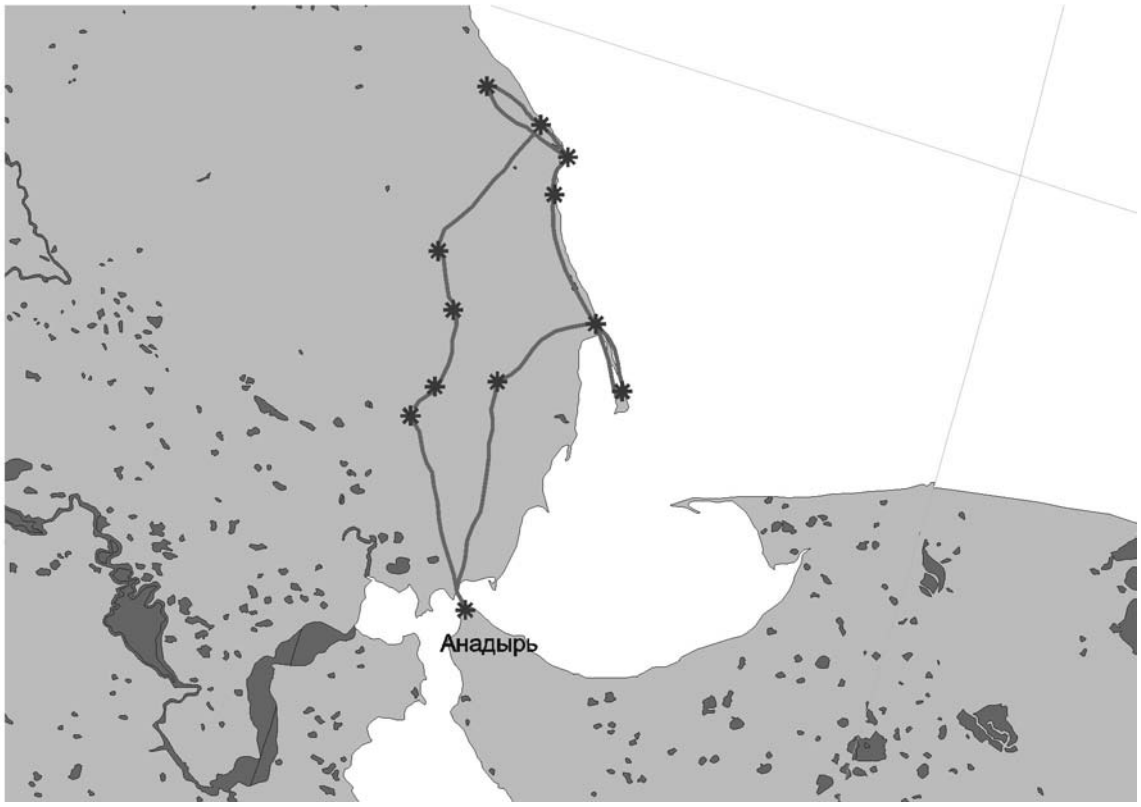


Рис. 6. Экспедиционные орнитологические исследования лаборатории биогеографии ИГ РАН и ИПЭЭ РАН в 2007 г. на п-ве Чукотка

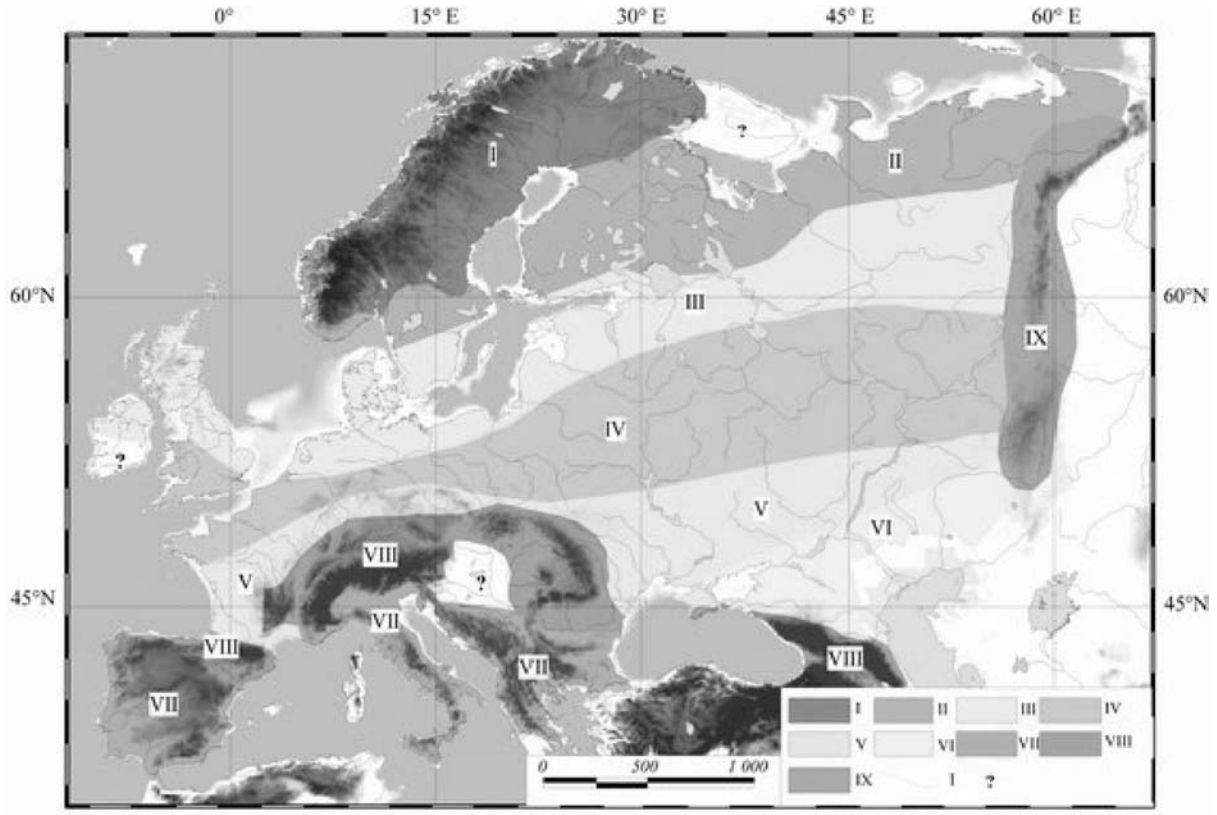


Рис. 7. Положение границ зональной растительности Европы в раннем голоцен, в т.ч.: I – кустарниковая тундра с участками лесотундры; II – лесотундра; III – разреженные сосново-березовые леса с участками тундр; IV – сосново-березовые и сосново-еловые леса с участием широколиственных пород и лесостепи; V – лесостепь; VI – степь; VII – средиземноморские ксерофитные хвойно-широколиственные леса в сочетании с травянистыми сообществами; VIII – горные хвойно-широколиственные леса; IX – горные леса с участками тундростепных сообществ Урала; 1 – граница суши; ? – отсутствие данных

тутом РАН). Полевые исследования 2006/07 г. позволили выявить особенности динамики растительности в оптимум голоцена 5 800–5 500 л.н. По результатам радиоуглеродного, ботанического и споро-пыльцевого анализов в дельте р. Печоры показано, что здесь в период оптимума голоцена шло активное торфообразование (до 5 мм/год), смены (сукцессии) растительности от безлесных южных тундр к северо-таежным комплексам и обратно осуществлялись в короткий временной интервал – около 1000 лет.

Также продолжены работы по реконструкции границ зональной растительности (рис. 7) и арктического фаунистического комплекса и его распространения в разные интервалы рассматриваемого переходного периода – 24 до 8 тыс. лет назад, включая интервал наиболее сильного похолодания последнего оледенения (24–17 тыс. л.н.), позднеледниковья (17,0–12,4 тыс. л.н.), межстадиальных потеплений бёллинг–аллёред. Установлены основные тренды и темпы их климатогенных перестроек в период стадиального похолодания – поздний дриас (10,9–10,2 тыс. л.н.) и раннего голоцена (10,2–8,0 тыс. л.н.). Уточнены границы распространения биоты и экосистем тундр и лесотундры в отмеченные периоды. Например, южная граница распространения субарктических (кустарниковых) тундр в период межстадиальных потеплений бёллинг–аллёред располагалась примерно по линии современной границы северной и средней тайги.

6. Обобщения, публикации, картографические материалы по результатам полевых работ 2007 г.

Создана серия новых цифровых карт ареалов арктических птиц и млекопитающих для оценки потенциальной уязвимости арктической биоты к нефтяному загрязнению (всего 18 карт). Новые данные по арктическому региону включены в монографию «Ресурсы водоплавающих птиц», которая сдана в редакцию «Наука» для публикации в серии, издаваемой Институтом географии РАН «Промысловые животные России… и среда их обитания». Совместно с Зоологическим музеем МГУ и Институтом проблем экологии и эволюции РАН в 2007 г. завершена подготовка «Атласа гнездящихся куликов Российской Арктики».

В 2007 г. Институт подписал соглашение с ВНИИ охраны природы и Проектом ГЭФ «ЭКОРА» о создании при Институте географии РАН Центра мониторинга арктической биоты и начал подготовку баз данных, работу с респондентами и организациям для сотрудничества в рамках научных программ МПГ (направление 4 МНКК в РФ), Арктического Совета и Конвенции по биологическому разнообразию, в том числе для участия в таких международных программах, как Circumpolar Biodiversity Monitoring Program и Arctic Biodiversity Assessment (ABA).

Благодаря поддержке программ Президиума РАН №16, Ч. 2. «Природные процессы в полярных областях Земли…» и ОНЗ РАН №14 «История формирования бассейна Северного Ледовитого океана…» к работам лаборатории биогеографии ИГ РАН привлечен ряд молодых ученых.

50. КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ВКЛЮЧАЮЩИЕ СПУТНИКОВЫЕ И НАЗЕМНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ СОСТОЯНИЯ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ ТУНДРА–ЛЕСОТУНДРА, ЛЕСОТУНДРА–ЛЕС В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА И АНТРОПОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ В АРКТИКЕ

Основные участники и организаторы экспедиции: ИППЭС КНЦ РАН

«ХИЩНИКИ АРКТИКИ КАК ИНДИКАТОРЫ СОСТОЯНИЯ ТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ»: РАБОТА В РАМКАХ ПРОЕКТА МПГ 2007/08

А.А.СОКОЛОВ (филиал «Экологический научно-исследовательский стационар» Института экологии растений и животных УРО РАН, г. Лабытнанги)

Летом 2007 г. на юго-западе п-ова Ямал, в районе р. Еркуты проведен первый полевой сезон в рамках проекта «Хищники Арктики как индикаторы состояния тундровых экосистем». Научно-исследовательский проект осуществляется в рамках поддержанной международным комитетом IPY программы Arctic WOLVES (ID No: 672).

В рамках нашего проекта летом 2007 г. полевые работы проведены на севере Норвегии (п-ов Варангер), о. Шпицберген и в Ненецком государственном заповеднике (республика Коми). Кроме этого, материал собран в бухте Медуза (п-ов Таймыр), дельте р. Лены (научно-исследовательская станция Лена-Норденскольд) и на о. Врангеля.

В составе Ямальской экспедиции-2007 было восемь человек. С норвежской стороны это профессор Университета Тромсё Рольф Имс, ведущий научный сотрудник Норвежского полярного института Ева Фуглей и студентка Университета Тромсё Гунхилд Скогстад. С российской стороны это были сотрудники филиала «Экологический научно-исследовательский стационар» Института экологии растений и животных УРО РАН, кандидаты биологических наук Василий и Александр Соколовы, Константин Фефелов, а также инженер Виктор Сидоров и аспирант МГУ Анна Косорукова. Смешанный состав команды спланирован заранее, чтобы максимально эффективно использовать молодых и более опытных коллег, чтобы в условиях экспедиции, в дружественной и непринужденной обстановке всем вместе работать на достижение цели и задач проекта.

Хотя 2007 г. не был годом пика численности мышевидных грызунов (леммингов и полевок), которые во многом определяют успех размножения птиц и зверей, живущих в тундре, мы были довольно удачливы и только в непосредственной близости от полевого лагеря обнаружили восемь жилых нор песца – главного объекта наших исследований. Все норы находились под нашим пристальным вниманием. Многие десятки часов проведены рядом с семьями песцов: мы пытались выяснить размер выводка, выживаемость щенков, частоту приноса корма, поведенческие особенности…

За время экспедиции мы делали еще много интересного: описывали растительность, учитывали численность мелких грызунов, определяли пресс хищников на гнезда птиц, подсчитывали зимние гнезда леммингов, учитывали активность мелких хищников – ласки и горностая.

Один из любопытных и одновременно настораживающих результатов дали наблюдения за красной лисицей на территории работ. Достаточно сказать, что за предыдущие 10 лет исследований в этом же районе мы ни разу не встречали лисицу летом. В 2007 г. мы не просто увидели лису, а наблюдали, как этот хищник пытается раскопать нору и съесть щенков песца! Все время, пока лиса безуспешно пыталась добраться до щенков, мама малышей сидела всего в 10 м от

Песец наблюдает за лисой

Лиса пытается раскопать нору песца

наблюдателя и лишь жалобно вскрикивала время от времени. Таким образом, уже сегодня, когда еще не все собранные данные первого (а проект задуман минимум на 4 года) полевого сезона обработаны и проанализированы, мы можем отчасти подтвердить опасения скандинавских ученых – они бьют тревогу! Изменения климата влияют на экосистемы тундр, в нашем примере опосредованно: в связи с потеплением лисица продвигается дальше к северу, вытесняя более мелкого и менее агрессивного песца – типичного представителя фауны Арктики.

Щенки песца

В Скандинавии этот процесс уже достиг угрожающих масштабов: Норвегия почти потеряла континентальную популяцию; последний достоверный случай размножения песца в Финляндии зарегистрирован 10 лет назад. Именно поэтому нам вместе очень нужно понять, что мы сегодня должны сделать для сохранения биоразнообразия северных экосистем.

В наших совместных планах полевой сезон 2007 г. значится как год начала многолетнего мониторинга биоты тундровых экосистем, год начала тесного российско-норвежского сотрудничества. Необходимо сказать, что успех проведенной экспедиции во многом зависел от логистического сопровождения работ: мы пользовались оборудованием РАН, финансирование же проекта осуществляется целиком из средств Норвежского совета по науке.

В заключение нам хотелось бы поблагодарить семью Такучи и Полины Лаптандер – коренных жителей-ненцев, которые вот уже много лет выказывают большой интерес к нашим исследованиям. Без их помощи осуществление полевых работ было бы попросту невозможным.

51. ИССЛЕДОВАНИЯ МИГРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ДИКИХ СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ ТАЙМЫРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ НА ЗАПАДНОМ И ВОСТОЧНОМ ТАЙМЫРЕ

Основные участники и организаторы экспедиции:
ГНУ НИИСХ Крайнего Севера Россельхозакадемии

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОКЛИМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ АРЕАЛА ДИКИХ СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ ТАЙМЫРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ

В.В.МИХАЙЛОВ (СПИИРАН);
Л.А.КОЛПАЩИКОВ, В.Ю.МОРДОВИН (НИИСХ Крайнего Севера);
А.В.ПЕСТЕРЕВА (СПбГУ)

В Программу исследований МПГ включены работы по моделированию биоклиматической структуры ареалов животных на примере таймырской популяции диких северных оленей. Проект включен в кластер CARMA (Circum Polar Rangifer Monitoring and Assessment) Международной программы МПГ и выполняется в СПИИРАН при участии сотрудников НИИСХ Крайнего Севера (Норильск), ААНИИ и СПбГУ.

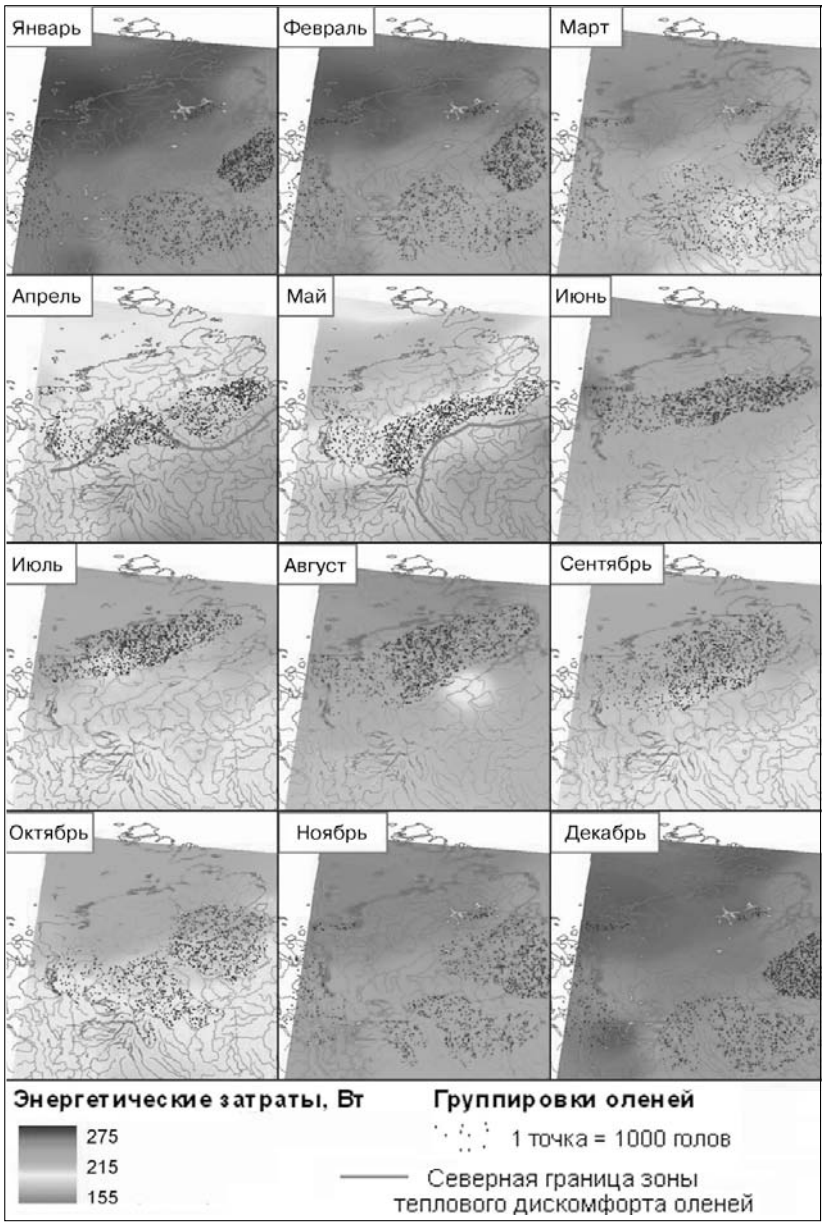


Рис.1. Осредненные данные о сезонной динамике биоклиматических полей и расположении группировок животных

Погода и климат на севере являются важнейшими факторами, определяющими возможность существования животных, их территориальное размещение, направление и сроки сезонных миграций. В сравнении с другими экологическими показателями, именно по метеорологическим факторам имеется наиболее полная, точная и обширная количественная информация, получаемая от сети метеостанций и спутников. Однако в зоогеографических исследованиях роль метеорологических условий оценивается главным образом на качественном уровне.

Цель работы состоит в выборе количественной меры влияния климатических факторов на животных, определении на основе этой меры биоклиматической структуры ареала, оценке связи этой структуры с территориальным размещением и миграциями группировок оленей. Решение этих задач связано с выявлением закономерностей пространственно-временной динамики популяций диких северных оленей и прогнозированием территориального размещения оленей в условиях глобальных климатических изменений.

При изучении влияния погодно-климатических факторов на популяцию в качестве показателя ее состояния можно взять массу животных в половозрастных классах, динамика которой определяется поступлением энергии с пищей и ее расходованием в процессе жизнедеятельности. С массой животного связаны основные популяционные показатели – яловость,

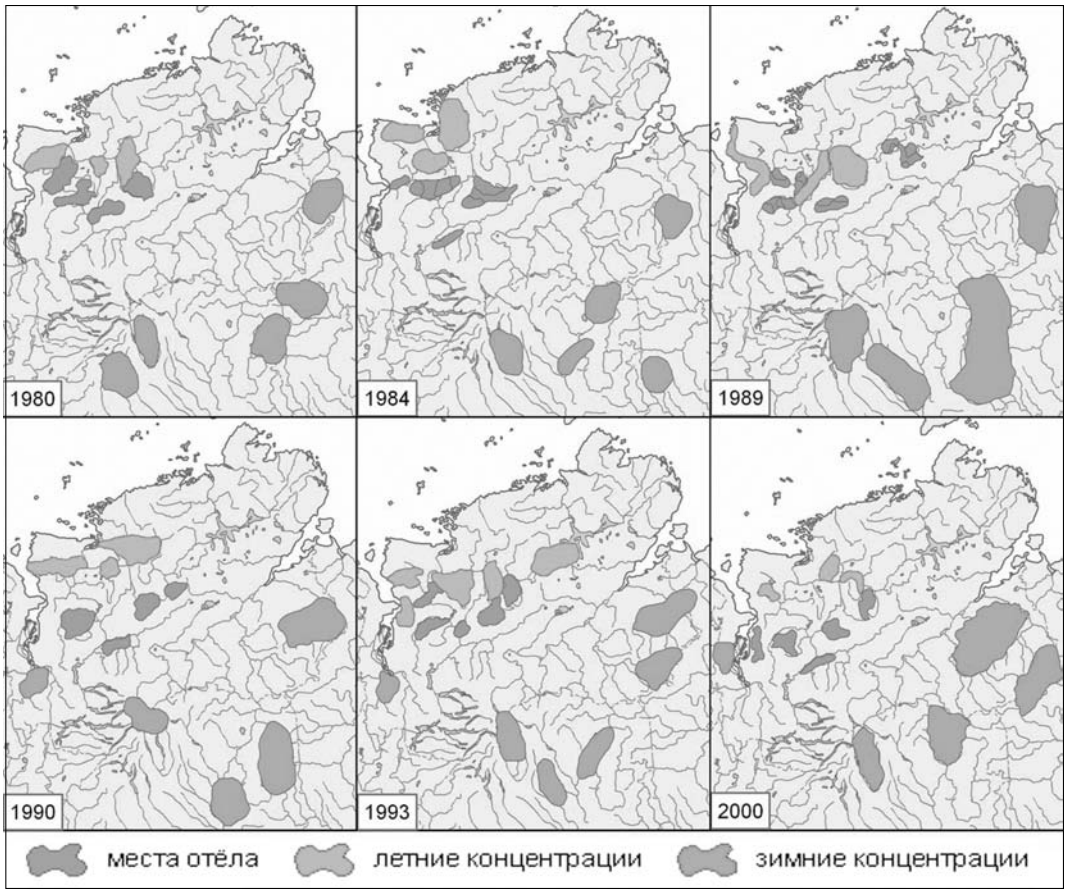


Рис. 2. Сезонное размещении группировок оленей и мест отела за отдельные годы

интенсивность гона, смертность, миграционная активность. Накопленные в онтогенезе адаптации животных направлены на максимизацию разности между поступающей и расходуемой энергией.

Погодно-климатические условия влияют на северных оленей прежде всего через расходную часть энергобаланса, в том числе через потери ассимилированной энергии на теплоотдачу, двигательную активность, основной обмен в зависимости от гелиофизических, метеорологических факторов и морфофизиологических функций организма. Ведущую роль при этом играют тепловые потоки, баланс которых является следствием закона сохранения энергии. Указанные причины позволяют принять энергозатраты в качестве интегрального количественного показателя влияния климата на животных.

Однако возможности прямого измерения составляющих энергобаланса животных весьма ограничены и недостаточны для проведения биоклиматических расчетов в реальном диапазоне изменения погодно-климатических факторов. Чтобы снять эти ограничения, мы разработали математическую модель, связывающую энергопотери организма животного со значениями основных погодно-климатических факторов – температурой воздуха, скоростью ветра, облачностью, прямой и рассеянной радиацией, состоянием снежного покрова. Модель можно применять для решения двух задач:

1) для построения полей энергозатрат (биоклиматических полей) в зависимости от значений погодно-климатических факторов на всей территории обитания животных. Расчеты при этом можно вести на основе актинометрических и метеоданных от сети метеостанций в ареале популяции и спутниковых данных;

2) для расчетов энергозатрат дикого северного оленя «в точке», выявления сочетаний метеофакторов, ведущих к переохлаждению или перегреву организма, снижению кормодобывающей активности и инициирующих миграционное поведение животных для объяснения с энергетических позиций тех или иных сторон их поведения.

Математическая модель энергообмена животных основана на уравнении для полной метаболической мощности животного и учитывает потоки энергии, связанные с теплопродукцией организма, основным обменом, дыханием и нагреванием пищи, а также механические энергопотери, включая затраты энергии на передвижение, на свободный выпас, на извлечение корма. Потери тепла в зимний период определяются в основномтемпературой воздуха и скоростью ветра. В летний период к факторам энергобаланса добавляются солнечная радиация и облачность.

Для оценки теплоотдачи организма северного оленя в состоянии покоя использовалась двухслойная модель «ядро–мех». Поток тепла к поверхности кожи рас-

считывается с учетом тканевой теплоизоляции и разности ректальной температуры и температуры поверхности кожи. В слое меха перенос тепла происходит в воздушной среде, для его описания используем одномерное уравнение теплопроводности. Описание конвективных и турбулентных потоков в модели редуцированы из дифференциального уравнения теплопроводности по двухслойной схеме. Это позволило вместо трудноизмеримой температуры эпидермиса использовать при расчетах энергообмена организма внутреннюю температуру тела животного.

Компьютерная модель построена по компартментному принципу. Тепловое излучение участков тела (туловищной части, верхнего отдела конечностей и живота, дистального отдела конечностей), различающихся по толщине меха и жировых отложений, гипотермической специфике, рассчитываются в отдельных блоках. Суточные энергозатраты зависят от бюджета времени и суммарных трат в тот или иной период активности. Для популяции в целом энергозатраты определяются с учетом числа животных различных половозрастных классов и массы особей.

Абиотические входы модели представлены следующим набором элементов: температурой воздуха, ветром, высотой и плотностью снежного покрова, влажностью, облачностью, прямой радиацией, диффузной радиацией, угловой высотой солнца.

На модели энергообмена проведены компьютерные эксперименты для оценки теплопроводности меха и тканей, теплоотдачи животного в условиях зимы, связи терморегуляторной функции с активностью, влияния инсоляции на метаболизм организма. Расчеты показали, что при тихой погоде

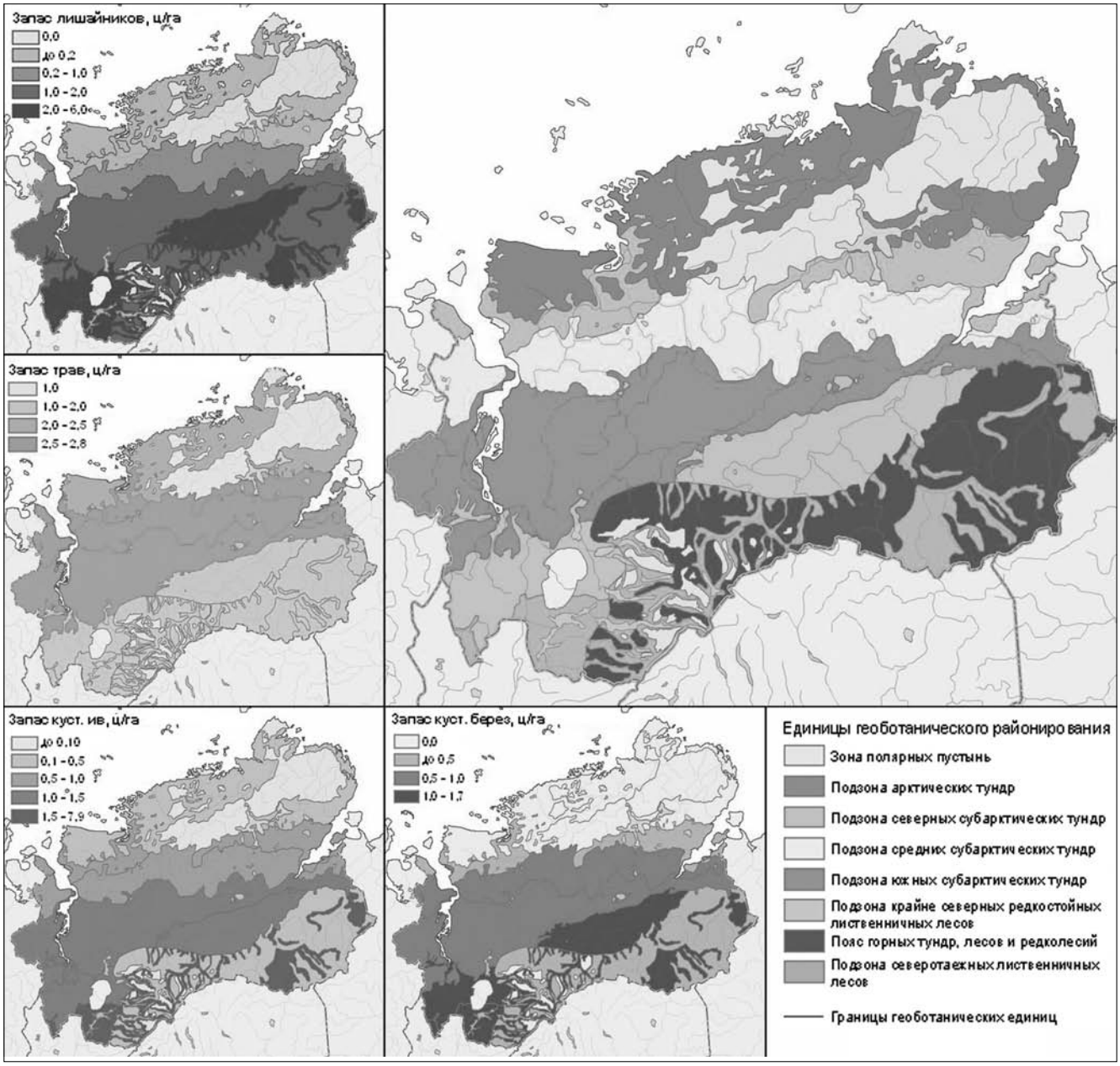


Рис. 3. Зональная карта кормовых ресурсов оленей на Таймыре

и снижении температуры от –10 до –40 °С теплопроводность меха становится меньше на 40–50 % за счет пиломоторной реакции волосяного покрова. Однако это не компенсирует возрастание теплоотдачи при увеличении температурного градиента воздух–организм. Относительное увеличение теплоотдачи при снижении температуры от –10 до –55 °С при скорости ветра 5 м/с составляет 55 %. Охлаждающее действие ветра в диапазоне скоростей 5–10 м/с на каждые 1 м/с эквивалентно снижению температуры воздуха на 3–5 °С. Абсолютный прирост теплопотерь при увеличении скорости ветра от 0 до 5 м/с и температуре –30 °С составляет 1000 ккал, или 25 % суточного расхода тепла организма.

В период положительных значений температуры воздуха к параметрам, определяющим энергообмен (температура воздуха, скорость ветра), добавляются радиационные факторы: прямая и диффузная радиация, облачность.

В июне–июле поток прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при ясном небе достигает 10 000 ккал/м^2 за сутки, в то время как расходная часть теплообмена животных при температуре воздуха 20 °С и скорости ветра 5 м/с составляет около 2000 ккал/м^2, что приводит к тепловому дисбалансу. Адаптации животных в период положительных значений температуры воздуха направлены на поддержание стабильного состояния организма относительно верхней границы термонейтральной зоны.

Экстремальное влияние солнечной радиации на энергообмен северных оленей при отрицательных значениях температуры воздуха определялось по максимальным значениям суммарной радиации при ясном небе в апреле в дневные часы. Расчеты показали, что максимальный энергосброс, возможный при терморегуляторном дыхании, не обеспечивает толерантности северных оленей по отношению к максимальной инсоляции. Таким образом, энергетический эффект инсоляции, а не температуры воздуха способен вызвать тепловой дискомфорт животных и стать причиной миграции животных на север, в более комфортные для северных оленей климатические зоны. Этот феномен впервые теоретически установил В.Ю.Мордовин в расчетах на модели энергообмена.

Построение биоклиматических полей ареала (полей энергопотерь) выполнялось путем аппроксимации точечных данных о среднемесячных энергопотерях в местах расположения метеостанций на территории Таймыра и севера Эвенкии методом обратных взвешенных расстояний средствами панели Spatial Analyst ArcGIS. Энергетическое поле ареала зимой (ноябрь–март), в отличие от ожидаемого минимума поля на севере ареала в связи с повышением температуры в сторону океана, имеет минимум на юге и юго-востоке, т.е. в восточном и южном секторах ареала, где и зимуют основные группировки животных (рис.1). В апреле и мае мигрирующие группировки животных располагаются в основной массе севернее границы перегрева, как бы сдвигаясь из зоны теплового дискомфорта в более благоприятные районы ареала. Территория летних пастбищ (июнь–август) соответствует зоне энергетического максимума. Однако, как было указано, летом именно эти районы благоприятны для оленей с энергетических позиций.

В рамках Программы научных исследования МПГ совместно с ААНИИ подготовлены данные для построения полей ареала таймырской популяции на интервале с 1970 до 1993 г. Совместно с НИИСХ Крайнего Севера подготовлены цифровые карты сезонного размещении группировок оленей и мест отела за ряд лет (рис. 2) и зональная карта кормовых ресурсов оленей на Таймыре по материалам Р.П.Щелкуновой (рис. 3).

В 2008 г. планируется построить поля энергопотерь для имеющегося массива метеоданных, проанализировать их динамику и взаимосвязь с территориальным размещением оленей на Таймыре. Мы планируем построить биоклиматические поля территории обитания диких северных оленей Евразии (Таймыр, Якутия, Чукотка) при получении соответствующей информации о климате. При этом таймырская популяция оленей, как наиболее изученная, будет рассматриваться в качестве «модельной».

Этот же подход в рамках проекта IPY-CARMA может быть применен для оценки биоклиматической структуры ареалов диких северных оленей Северной Америки, Скандинавии и Гренландии, т.е. всей циркумполярной области Земли. Основная проблема при этом состоит в подготовке необходимой климатической информации.

Поскольку сеть метеостанций на севере Америки гораздо реже, чем в России, встает вопрос об использовании спутниковой и модельной информации. Ее применение в биоклиматических расчетах позволило бы получить более точные и качественно новые сведения о климатической структуре. Проблема заключается в составе климатических факторов, данные по которым можно получить со спутников, а также в организационной и коммерческой стороне подготовки и предварительной обработки данных.

52. СОЗДАНИЕ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ НА о. САМОЙЛОВСКИЙ В УСТЬЕ ЛЕНЫ В ЦЕЛЯХ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЮ РЕГИОНА

Основные участники и организаторы экспедиции:
ААНИИ, СПбГУ, Усть-Ленский заповедник, Институт А.Вегенера (Германия)

СОЗДАНИЕ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ НА о. САМОЙЛОВСКИЙ В УСТЬЕ ЛЕНЫ В ЦЕЛЯХ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЮ РЕГИОНА

Д.Ю. БОЛЬШИЯНОВ (ААНИИ)

В июле–сентябре 2007 г. проведена российско-германская экспедиция «Лена–Новосибирские острова-2007». Проведено комплексное исследование устья р. Лены (дельта реки) и побережья моря Лаптевых (южный берег о. Большой Ляховский и Берег Ойогосский Яр).

Первый блок исследований связан с изучением микробных процессов и гидрологического режима деятельного слоя грунта, ответственных за эмиссию и поглощение парниковых газов (метан, двуокись углерода).

Второй блок исследований – гидрологический режим дельты р. Лены.

Третий блок исследований – происхождение ледового комплекса пород и эволюция вечной мерзлоты по берегам моря Лаптевых.

Состав полученных данных: данные о гидрометеорологическом режиме в приземном слое воздуха (автоматическая метеостанция) и в деятельном слое грунта (автоматическая почвенная станция); данные об эмиссии метана, полученные из ловушек газа, установленных в различных формах микрорельефа тундры и тундровых озер на полигоне о. Самойловский; данные о расходах воды и наносов в протоках дельты р. Лены, образцы взвешенных речных наносов для исследования содержания углерода и химического состава наносов; геологические и геокриологические разрезы отложений ледового комплекса пород, образцы из разрезов.

Результаты по первому блоку исследований – определены условия метанообразования в тундровых почвах, количественные данные об эмиссии метана в атмосферу и поглощении почвами и растительностью диоксида углерода.

По второму блоку исследований получена новая серия данных о расходах воды и наносов, их распределении по длине проток в условиях полного прекращения таких работ в сети Росгидромета в дельте р. Лены.

По третьему блоку исследований получены новые данные об условиях формирования ледового комплекса пород в регионе, а также голоценовых отложений дельты р. Лены в результате колебаний уровня моря.

Планируется продолжение исследований в 2008 г., как развитие стационара на о. Самойловский по комплексному исследованию природной среды региона моря Лаптевых.

53. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ КЛЮЧЕВЫХ ВИДОВ МОРСКИХ ПТИЦ АРКТИКИ

Основные участники и организаторы экспедиции: ААНИИ

ЛЮБИТЕЛЬНИЦА ЛЬДОВ ЦВЕТА СЛОНОВОЙ КОСТИ: ПРОЕКТ «БЕЛАЯ ЧАЙКА» В ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭКСПЕДИЦИИ «АРКТИКА-2007»

М.В.ГАВРИЛО (ААНИИ)

Закончился первый этап экспедиции «Арктика-2007». В программу работ этого этапа входили биологические работы по проекту МПГ «Оценка состояния популяций ключевых видов морских птиц высокоширотных полярных регионов: острова Западной Арктики и Восточной Антарктиды». Среди арктических птиц ключевым видом в данном проекте была выбрана белая чайка – вид, населяющий исключительно высокоширотные острова в приатлантическом секторе Арктики.

Вся жизнь белой чайки неразрывно связана с ледовыми ландшафтами – дрейфующими льдами в море и ледниками на суше. Кормятся эти чайки главным образом полярной тресочкой – сайкой и ракообразными, живущими в тесной ассоциации с морскими льдами, т.е. представителями так называемой криопелагической фауны. В отсутствие льдов эта чайка встречается крайне редко. Об этих особенностях экологии говорит и научное название вида – *Pagophila eburnea*, которое переводится на русский язык как «любительница льдов цвета слоновой кости». Таким образом, состояние популяции белой чайки может служить индикатором климатических изменений в высокоширотной Арктике, где основным ландшафтообразующим фактором выступает ледяной покров.

Основные работы биологического отряда на первом этапе экспедиции выполнялись на о. Хейса с 27 июля по 7 августа. Отряд в составе трех человек (М.Гаврило, А.Волков и М.Иванов) доставил на архипелаг атомный ледокол «Россия», который вошел

Белая чайка у берегов о. Хейса, арх. Земля Франца-Иосифа, август 2007 г.

Первая белая чайка с закрепленным спутниковым передатчиком, о. Хейса, июль 2007 г.

в пролив Австрийский канал и высадил членов экспедиции на берег при помощи вертолета МИ-8 МТВ.

Отряд базировался на ОГМС им. Э.Т.Кренкеля. Исследования на о. Хейса проводились как совместный проект МПГ и российско-норвежского экологического сотрудничества в Баренцевоморском регионе «Белая чайка-2007». Конкретной задачей российско-норвежского компонента была установка на птицах спутниковых передатчиков для дальнейшего слежения за перемещением чаек.

К сожалению, во время вертолетной высадки в районе наблюдался довольно сильный туман, и авиаобследования острова провести не удалось. Поэтому основной поиск гнездовий белой чайки проведен в ходе пеших маршрутов. Поле обзора на маршрутах также было весьма ограничено частыми туманами, в итоге для поиска и работы на колонии пришлось пройти в общей сложности более 130 км. Найдены две колонии белых чаек численностью 8 и 12 особей, в которых на момент обследования обнаружено два и четыре жилых гнезда, а также одно разоренное. Во всех жилых гнездах находились кладки на завершающей стадии инкубации. Очевидно, это была повторная попытка гнездования белых чаек в 2007 г.

Всего на о. Хейса было отловлено десять взрослых белых чаек, в том числе одна в районе станции и девять на колониях. В дальнейшем окольцовано еще два птенца на островах Ева-Лив и Рудольфа. У всех отловленных птиц проведены стандартные биометрические измерения, птицы окольцованы стальными кольцами и индивидуальными цветны-

ми кольцами. У ряда особей отобраны пробы крови, экскрементов и взяты мазки слизистой для последующих лабораторных анализов с целью оценить состояние здоровья популяции (Проект МПГ «Здоровье полярных птиц»).

На восьми особях закреплены спутниковые передатчики для отслеживания их дальнейших перемещений и миграций. Параллельно аналогичные передатчики закреплены нашими норвежскими коллегами на десяти чайках в колонии арх. Шпицберген, а также специалистами из Франции – на птицах в северо-восточной Гренландии. На начало сентября работают семь из восьми наших передатчиков: некоторые птицы еще держатся в районе отлова на о. Хейса, а часть уже начала миграцию и сместилась к северу и северо-востоку от Земли Франца-Иосифа.

Следует отметить, что для белых чаек метод спутниковой телеметрии был применен впервые.

На обратном пути с Северного полюса НЭС «Академик Федоров» забрало отряд с острова, и двое орнитологов (Волков и Иванов) вернулись на борту НИС «Академик Келдыш» на материк. В дальнейшем биологические работы проводил один специалист. Они включали в себя судовые и авиационные наблюдения за распределением птиц в море, а также авиадесантные обследования ряда высокоширотных островов Баренцева и Карского морей.

В итоге по проекту «Белая чайка» получены уникальные материалы по распространению, численности и продуктивности вида на значительной части российского ареала. Всего, помимо о. Хейса, осмотрено семь колоний, сведения о состоянии двух колоний на о. Земля Александры получены по телефону от командира погранзаставы «Нагурское» М.Носова. Также ценную информацию о белых чайках на арх. Седова удалось получить по радио от офицера погранзаставы «Остров Средний» С.Шкурата.

Нам удалось проверить состояние наиболее крупных колоний, обнаруженных в ходе работ по проекту в 2006 г.: на о. Ева-Лив (арх. Земля Франца-Иосифа) и о. Домашний (арх. Северная Земля). При авиационных обследованиях островов в 2007 г. удалось найти новые гнездовые колонии белой чайки на островах Рудольфа и Комсомолец и предположительно – на о. Вильчека, впервые описана колония на о. Шмидта. В наиболее крупных колониях насчитывалось от 500 до 2000 пар.

Белая чайка на гнезде в колонии на о. Хейса, июль 2007 г.

Несмотря на краткость визитов и довольно поздние сроки обследования, прослежены значительные региональные различия в успешности размножения белых чаек:

– наиболее благоприятные условия гнездования в 2007 г. наблюдались на севере о. Комсомолец и в районе о. Домашний;

– на Земле Франца-Иосифа и о. Шмидта итоговый успех размножения был крайне невелик.

Исследования 2007 г. подтвердили стабильное состояние популяции белой чайки, внесенной в Красные книги России, Норвегии, Канады и мира (МСОП), в российской части видового ареала.

В заключение орнитологи выражают благодарность за организационную поддержку работ на о. Хейса и радушный прием на полярной станции им. Э.Т.Кренкеля начальнику Диксонского ЦГМС Н.Адамовичу, начальнику Е.Чепуру и сотрудникам станции А.Толузакову, С.Слепневу и В.Васильеву, а также всем членам авиаотряда фирмы SPARK+ на НЭС «Академик Федоров» (командиру отряда В.Кукушкину, руководителю SPARK+ В.Базыкину) за надежное обеспечение авиаработ в сложных метеорологических условиях экспедиции «Арктика-2007».

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ КЛЮЧЕВЫХ ВИДОВ МОРСКИХ ПТИЦ АРКТИКИ

М.В.ГАВРИЛО (ААНИИ)

Работы по проекту, хоть и выполнялись на территории арктических островов, но входили в программу биологического отряда работ морской экспедиции «Арктика-2007». Основные наземные работы биологического отряда выполнялись на о. Хейса в на 1-м этапе экспедиции (с 27 июля по 7 августа).

В период работ на острове были выполнены пешие маршруты с целью поиска гнездовых колоний белой чайки и проведения общих орнитологичес-

ких наблюдений, отловлены птицы для кольцевания, спутникового мечения, биометрических исследований и отбора проб для оценки здоровья популяции.

В результате были найдены и закартографированы с помощью GPS 2 колонии белых чаек, численностью 8 и 12 особей. Отловлено 10 взрослых белых чаек, у всех отловленных птиц проведены стандартные биометрические измерения, птицы окольцованы стальными кольцами и индивидуальными цветными кольцами. У ряда особей отобраны пробы крови, экскрементов и взяты мазки слизистой для последующих лабораторных анализов с целью оценки состояния здоровья популяции (Проект МПГ «Здоровье полярных птиц»). На 8 особей установлены спутниковые передатчики для отслеживания дальнейших перемещений и миграций птиц (совместный российско-норвежский проект по изучению белой чайки). Попутно были выполнены наблюдения за фауной и населением птиц острова, ранее специально орнитологически не изученного. Всего за период работ было встречено 19 видов птиц, в т.ч. новый вид для архипелага ЗФИ в целом – зуек-галстучник (доказано гнездование), встречены редкие и малочисленные для ЗФИ виды.

Работы по проекту на 2-м этапе экспедиции (8 – 28 августа) состояли из следующих элементов:

– количественные учеты морских птиц и млекопитающих по ходу движения судна;

– аэровизуальные наблюдения морских птиц и млекопитающих во время проведения ледовых разведок и транспортных полетов вертолетов;

– авиадесантные орнитофаунистические обследования высокоширотных островов.

В ходе орнитофаунистических работ различными способами обследовано 12 островов архипелагов ЗФИ и Северная Земля. Острова Ламон (арх. ЗФИ), Шмидта и Комсомолец, а также посещенные точки о. Октябрьской Революции (арх. Северная Земля) с орнитологической точки зрения были обследованы впервые. Всего на островах и непосредственно в прибрежной зоне зарегистрировано 16 видов, для 8 доказано гнездование. На ЗФИ найдены крупнейшие из известных на архипелаге колонии полярных крачек с приблизительной численностью до 100–200 пар (острова Ламон и Ева-Лив).

По проекту «Белая чайка» получены уникальные материалы по распространению, численности и продуктивности вида на значительной части российского ареала. Найдены новые гнездовые колонии вида на островах Рудольфа и Комсомолец, документально подтверждено наличие колонии на о. Шмидта. Проверено состояние известных колоний на островах Ева-Лив и Домашний. Обнаружены значительные вариации продуктивности вида в пределах осмотренной части ареала.

Систематические наблюдения за распределением и численностью морских птиц и млекопитающих (судовые учеты и аэровизуальные наблюдения) на большей части обследованной акватории проведены впервые. Всего на исследованных акваториях зарегистрировано 13 видов птиц, 5–6 видов морских млекопитающих и белый медведь.

В итоге в ходе экспедиционных исследований 2007 г. в рамках проекта «Оценка состояния популяций ключевых видов морских птиц Арктики» получены уникальные сведения о распределении и численности морских птиц высокоширотных районов Российской Арктики в условиях аномальной ледовой ситуации, сложившейся в Восточном секторе Арктики, собраны сведения по экологии ряда ключевых видов, материалы для оценки здоровья их популяций. К сожалению, при транспортировке на борту НЭС «Академик Федоров» все пробы биологического материала от редкого малоизученного вида, отобранные в сложных условиях в крайне труднодоступных районах, предназначенные для дальнейшего вирусологического, гематологического, химического анализов (международный проект МПГ «Здоровье полярных птиц»), погибли из-за несоблюдения экипажем судна режима хранения. Соответствующие анализы выполнены не будут.

ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ В РАЗНООБРАЗИИ И ЧИСЛЕННОСТИ МОРСКИХ ПТИЦ БЕЛОГО МОРЯ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 50 ЛЕТ

Г.М.ТЕРТИЦКИЙ (ИГ РАН)

Институт географии РАН (ИГ РАН) совместно с Соловецким филиалом Беломорской биологической станции МГУ (СФ ББС МГУ) и Соловецким музеем-заповедником (СГИАПМЗ) в рамках проекта «Изменения разнообразия и численности морских птиц Белого моря за последние 50 лет» (руководитель Г.М.Тертицкий, ИГ РАН) проводят полевые исследования и обобщение результатов многолетних наблюдений за динамикой численности птиц, обитающих на островах Белого моря. В работах по проекту, охватывающих Кандалакшский, Онежский и Двинский заливы, принимают участие Г.М.Тертицкий, В.Ю.Семашко, Е.В.Семашко, А.Е.Черенков и др.

По результатам анализа выявлены особенности динамики почти 20 видов морских и околоводных птиц Онежского залива за 50 лет (см. таблицу). Возросла и стала относительно стабильной численность гаги обыкновенной и полярной крачки на Соловецких островах. Значительное снижение антропогенной нагрузки в 1990-х гг. на основ-

Обобщенные данные о численности морских и околоводных птиц Онежского залива

Вид	Численность по учетам начала 1960-х гг. (Бианки, 1963)	Средняя численность по учетам авторов в 1990-х гг.	Предварительная оценка численности на 2006–2007 гг. (включая оценки по необследованным районам)
Большой баклан	Не отмечен	271	320
Пеганка	Не отмечена		25
Обыкновенная гага	2 000	4 876	5 500
Средний крохаль	–	–	270
Галстучник	25	–	25
Малый зуек	Не отмечен	–	15
Камнешарка	200	391	450
Кулик-сорока	250	802	1 100
Короткохвостый поморник	–	112	170
Морская чайка	Не отмечена	103	120
Серебристая чайка	650	4 939	5 200
Клуша	300	1 899	2 100
Сизая чайка	500	4 313	4 800
Полярная крачка	9 000	18 388	21 000
Атлантический чистик	1 200	2 084	2 400
Гагарка	1 600	2 965	3 100
Тупик	1	1	1–2
Всего	15 726	41144	46 595

ные районы обитания птиц в Онежском заливе привело к резкому росту и последующей стабилизации численности, подверженной незначительным колебаниям, связанным с климатическими условиями конкретного года, локальными загрязнениями акватории, а также внутрипопуляционными изменениями половозрастной структуры. В последние годы усиливается влияние новых природных (изменения климата, ледовой обстановки, условий зимовок и пр.) и антропогенных (транспортировка нефти и пр.) факторов, которые могут негативно повлиять на популяции морских птиц в данном регионе.

Исследования в рамках МПГ 2007/08 позволят оценить влияние климатических изменений на морские экосистемы и сопоставить действие природных и антропогенных факторов на популяции морских птиц, определить степень, направленность и временные параметры изменений их различных популяционных характеристик и кумулятивный эффект от одновременного воздействия природных и антропогенных изменений.

54. ВЫПОЛНЕНИЕ СУХОПУТНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ, ОНЕЖСКОМ И ЛАДОЖСКОМ ОЗЕРАХ

Основные участники и организаторы экспедиции: ГИН РАН, ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ, ИГ РАН, ННД, Университеты Осло, Бергена, Тромсё (Норвегия)

ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ РАБОТЫ 2007 г. НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ БЕЛОГО МОРЯ И В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА

А.С.БАЛУЕВ, Е.С.ПРЖИЯЛГОВСКИЙ, Е.Н.ТЕРЕХОВ (ГИН РАН)

Экспедиционные работы в 2007 г. проводил полевой отряд сотрудников лаборатории тектоники консолидированной коры (начальник отряда Е.С.Пржиялговский) ГИН РАН под знаком МПГ 2007/08 в рамках проекта программы ОНЗ РАН № 14 «Структура и эволюция континентальных окраин Евразийского сектора Арктики. Тектоническая карта», а также тематических исследований ГИН РАН («Тектоническая карта дна акватории Белого моря и прилегающих территорий масштаба 1:1 500 000»). Экспедиционные исследования включали в себя геологические наблюдения на двух участках (рис. 1):

1) Мурманский берег Кольского п-ова,

2) острова в центре Кандалакшского залива Белого моря.

Работы проведены с 16 июля по 18 августа при помощи надувных плавсредств на первом участке и арендованного частного судна – на втором.

Участок 1 – Мурманский берег Кольского п-ова. Данный участок расположен примерно в 100 км к востоку от Мурманска, в устье р. Вороньей. Доставка полевого отряда к месту работ осуществлялась на арендованной машине по дороге от Мурманска до ГЭС на р. Воронья, а далее по реке вниз по течению до ее устья (около 25 км). Основной задачей полевых исследований здесь стало изучение состава и строения проявлений внутриплитного магматизма, распространенных вдоль баренцевоморского побережья Кольского п-ова, с целью определить их структурное положение, время внедрения и, в конечном счете, геодинамическую обстановку их формирования. Эти проявления обнажаются в виде даек и силлов долеритов, образуя две цепочки тел, полого залегающих на архейских гранитоидах, срезаемые разломом Карпинского. Возраст долеритов был определен K–Ar-методом еще в начале 1980-х гг. в интервале 975–1000 млн лет, но его достоверность нуждается в уточнении более современными методами. Предполагается, что проявление этого магматизма генетически связано с процессами континентального рифтинга, который активизировался в позднем рифее вдоль древней континентальной окраины Восточно-Европейской платформы. В настоящее время сама рифтогенная структура погребена под толщей осадков в пределах акватории Баренцева моря, а Мурманский блок Балтийского щита являлся, по всей видимости, плечом этого рифта.

Структура Мурманского блока указывает на широкое развитие сдвиговых дислокаций в момент его формирования. Отсутствие каких-либо молодых образований в составе этого блока делает актуальным вопрос о времени эксгумации пород этой структуры, которые по своему составу соответствуют средней части земной коры. Поэтому, чтобы выяснить возраст и механизмы эксгумации раннедокембрийских пород, слагающих Мурманский блок, проведены работы по опробованию этих пород с целью определить возраст сфена и апатита, которые фиксируют время этого процесса.

В результате полевых работ в устье р. Вороньей детально закартирован (рис. 2) и опробован комплекс магматических проявлений – западная часть крупного силла габбрового состава и многочисленные дайки базитов (в том числе и не отмеченные на геологических картах). Из них взяты крупные пробы для выделения цирконов и их изотопного датирования. Установлена последовательность вне-

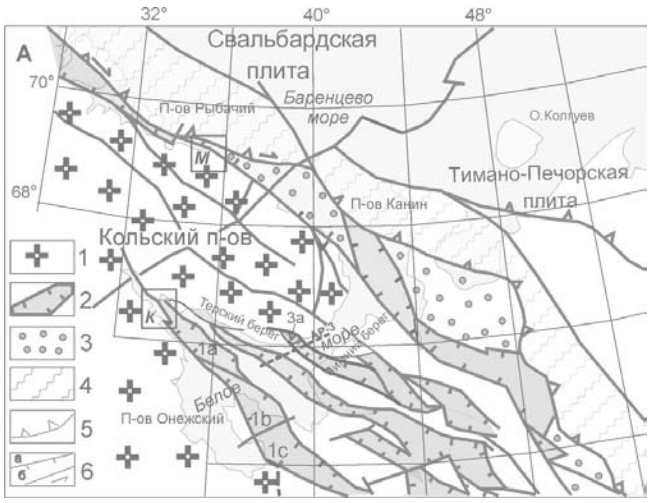


Рис. 1. Схема тектоники Беломорского региона:

1 – Балтийский щит; 2 – рифейские палеорифты; 3 – Притиманский прогиб; 4 – Тимано-Варангерский пояс байкалид; 5 – конвергентный шов; 6 – сбросы (а), сдвиги (б).

Квадраты – участки экспедиционных работ 2007 г.: М – Мурманский берег, К – Кандалакшский залив.

Цифры на схеме 1 – Онежско-Кандалакшский палеорифт, грабены: 1a – Кандалакшский, 1b – Центральный, 1c – Онежский

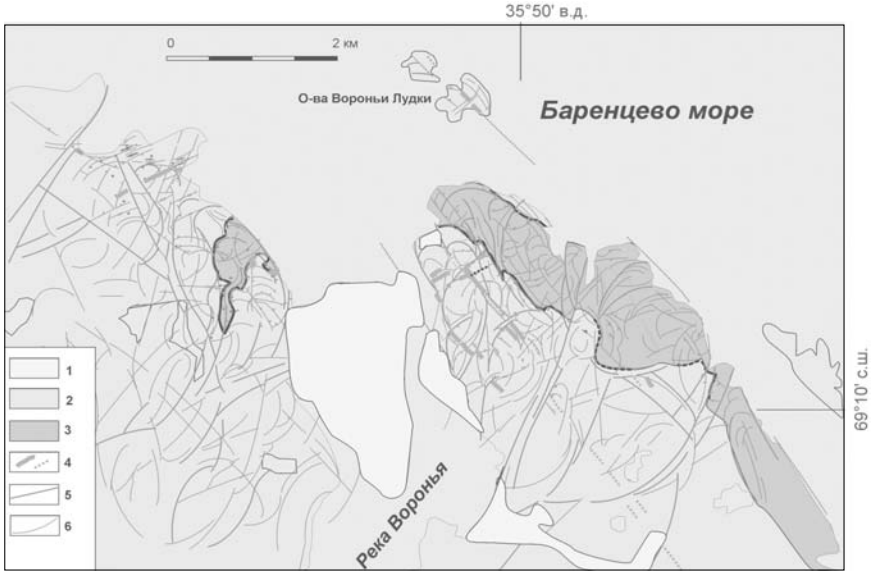


Рис. 2. Геологическая карта участка полевых работ № 1 (Мурманский берег Кольского п-ова):
1 – четвертичные отложения; 2 – граниты и гранодиориты мигматизированные (архей–палеопротерозой); 3–4 – магматические образования основного состава (рифей?):
3 – силлы долеритов, 4 – дайки; 5 – главные разломы; 6 – прочие разломы и трещины

дрения интрузивных тел, и выявлена контролирующая роль определенной системы разломов и трещин в их локализации. Анализ данных по ориентировкам трещин и кинематике смещений по разломам, возникшим на стадии рифтогенеза и на последующих этапах, позволит определить положение и динамику развития главных разломов на границе Балтийского щита и Баренцевоморской плиты на побережье, а также на прилегающем шельфе.

Важной и интересной проблемой является изучение механизма образования силлов в пределах кристаллического основания Мурманского блока. Обычно силлы формируются в хорошо выраженной слоистой осадочной или вулканогенно-осадочной толще. Здесь же они приурочены к сложнодислоцированным, мигматизированным гранито-гнейсам, а роль субгоризонтальных разделов, куда внедрялась магма, играли пологие трещины в кристаллическом субстрате (рис. 3).

Рис. 3. Обнажение нижнего контакта силла долеритов

Рис. 4. Остров Большой архипелага Средние Луды

Участок 2 – острова и побережье Кандалакшского залива Белого моря. Другим объектом экспедиционных исследований явились острова в Кандалакшском заливе (см. рис. 1). До базового лагеря, находящегося в губе Ильинка, полевой отряд добирался на арендованном частном судне из п. Умба (50 км к востоку). О-ва Средние и Долгие Луды были посещены с использованием моторной лодки. Полевые работы на втором участке были направлены прежде всего на уточнение ареала распространения рифейских отложений в пределах акватории Кандалакшского залива (на о-вах Средние и Долгие Луды и др.), неоднозначно закартированных на изданных геологических картах, а также на изучение кинематики разломов главных этапов тектогенеза и характера унаследованности структур на северо-западном замыкании Кандалакшско-Онежского палеорифта.

Отметим, что формирование современного бассейна Белого моря имело структурно-тектоническую предопределенность. Тектоническая впадина современного Кандалакшского залива Белого моря наследует и возрождает рифейский грабен, о чем свидетельствуют активные опускания Онежско-Кандалакшского палеорифта в новейшее время. Несмотря на то, что Белое море является единственным и полностью внутренним морем России, геологическая изученность его до последнего времени оставалась весьма слабой, и только в последние годы в бассейне Белого моря Морской арктической геологоразведочной экспедицией (ОАО МАГЭ) были выполнены комплексные геофизические исследования. Результаты этих и других исследований последних лет территории Беломорья значительно меняют сложившиеся представления

о строении земной коры этого региона. Если раньше предполагалось, что глубина погружения кристаллического фундамента в Кандалакшском грабене, выполненного рифейскими терригенными образованиями, достигала 3,0–3,5 км, то данные последних сейсмических исследований МОВ ОГТ в акватории Белого моря определяют эту глубину уже до 8 км, что вполне сопоставимо с современным Байкальским рифтом. Таким образом, мощность рифейских отложений в грабенах палеорифтовой системы Белого моря увеличивается фактически в 2,0–2,5 раза, однако ареал их распространения был установлен недостаточно четко. Так, на последних геологических картах (ГГК-1000, лист Q-(35)-37 – Кировск, 2004) в Кандалакшском заливе, за пределами рифейского палеорифта, на островах архипелага Средние Луды и к северо-западу от них, в пределах более молодого (позднекайнозойского) Колвицкого грабена, показаны рифейские отложения, что противоречило нашим геологическим данным.

В результате полевых работ 2007 г. установлена граница замыкания рифейского Кандалакшского грабена разломом, выраженным крутой ступенью (эскарпом) межвпадинной перемычки, возвышающейся над водной поверхностью в виде цепочки островов архипелага Средние Луды (рис. 4). Последние оказались сложены анортозитами (рис. 5), которые по своим петрологическим особенностям (видным в обнажении) аналогичны анортозитам Кандалакшско-Колвицкого массива, обнажающимся на побережье в районе Ильинской губы. При том же простирании пластообразного тела анортозитов, падающего к юго-западу под углом около 50˚, они кулисообразно смещены в плане относительно линии простирания тел анортозитов Колвицкого массива почти на 10 км, предположительно по меридиональному разлому замыкания рифейского грабена. При сбросовом или сдвиго-сбросовом правостороннем смещении по этому разлому амплитуда смещения должна составлять несколько километров. Подобное смещение, вероятно, является результирующим итогом развития структуры замыкания рифейского грабена и последующей пропагации рифта в палеозое и в новейшее время.

На трех островах архипелага Средние Луды обнаружены также дайки щелочного состава, аналогичные палеозойским, обнажающимся на Кандалакшском берегу Белого моря, и зоны дробления с жильными образованиями, замерены амплитуды и направления смещения по главенствующим трещинам. Анализ этих данных позволяет установить ориентировку главных осей палеонапряжений в центральной зоне палеорифта в период его палеозойской активизации, что важно, учитывая удаленность островов от других точек наблюдений на бортах рифтовой зоны. Судя по кучному расположению полюсов даек и близких по возрасту трещин

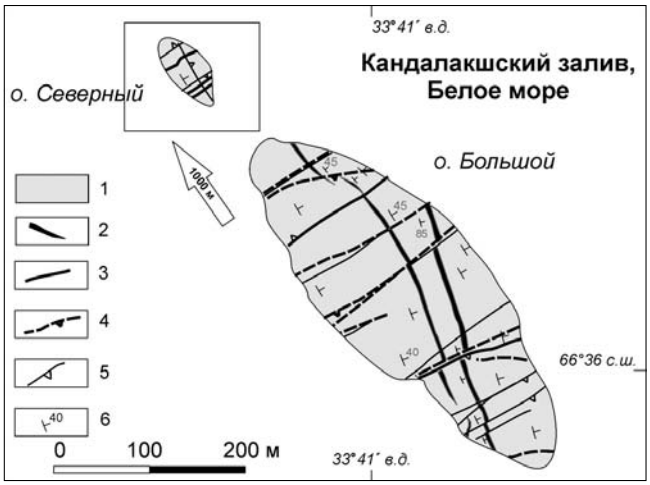


Рис. 5. Геологическая карта архипелага Средние Луды (Кандалакшский залив):

1 – анортозит (палеопротерой); 2 – пластовые тела эклогитов (палеопротерозой); 3 – дайки щелочных базальтов (поздний девон); 4 – зоны вторичной мусковитизации; 5 – трещины; 6 – элементы залегания метаморфической полосчатости

стереопроекции, в палеозое в условиях преобладающего почти одноосного растяжения ось наибольшего растяжения полого падала на северо-запад. В данных условиях, типичных для вершины растущего рифта, здесь развивались сбросовые и раздвиговые структуры северо-восточного простирания, которые в дальнейшем подновлялись (возможно, с правосторонней сдвиговой составляющей) на неотектоническом этапе. В это время поднятие Средних Луд представляло собой уже перемычку между двумя «разнополярными» трогами, так называемую зону аккомодации.

Важнейшими итогами полевых работ являются:

– расшифровка структурного положения магматических проявлений базальт-долеритовой ассоциации на Мурманском побережье, генетически связанных, вероятнее всего, с процессами континентального рифтинга в позднем рифее;

– уточнение контуров развития рифейских отложений в Кандалакшском заливе;

– выявление нового куста проявлений щелочных девонских даек на территории архипелага Средние Луды.

В ходе полевых исследований собраны разнообразный каменный материал и обширная структурная информация, требующие лабораторного и камерального изучения.

Перспективы продолжения исследований в 2008–2009 гг. Дальнейшие полевые исследования предполагается проводить по двум направлениям:

1) установление наземных структур вероятной пропагации Восточно-Баренцевского рифтогенного трога в пределы Балтийского щита (на баренцеворском побережье Кольского п-ова в районе Ивановской губы) с целью изучить связанные с ними проявления среднепалеозойского щелочного магматизма и их взаимоотношения со структура-

ми рифейского рифтогенеза;

2) изучение тектонических структур в метаморфизованных породах, слагающих на п-ове Канин возвышенность Канин Камень, входящую в состав Канинско-Тиманского складчатого пояса, с целью обосновать вероятные коллизионные процессы, проходящие на рубеже венда-кембрия в пределах северо-восточного складчатого обрамления Восточно-Европейской платформы (Тиманской окраины Балтики).

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ ПО ОНЕЖСКОМУ И ЛАДОЖСКОМУ ОЗЕРАМ

Л.П.СВИРИДЕНКО, А.В.ПЕРВУНИНА (ИГ КарНЦ РАН)

По инициативе Отделения наук о Земле и Карельского научного центра (КарНЦ) РАН 14–21 июня 2007 г. проведена геологическая экспедиция по маршруту Петрозаводск–Кижи–Толвуя–Бесов мыс–Лодейное поле–Валаамский архипелаг–Путсаари–Сортавала как одно из мероприятий МПГ 2007/08. Ее организатор – Институт геологии КарНЦ РАН в лице зав. лабораторией геофизики Н.В.Шарова. В геологической экспедиции участвовали геологи и геофизики – специалисты по геологии докембрия: А.О.Глико и Ю.А.Морозов (ИФЗ РАН, Москва), М.Г.Леонов (ГИН РАН, Москва), В.В.Щипцов и Н.В.Шаров (ИГ КарНЦ РАН, Петрозаводск) и др.

В распоряжении экспедиции было НИС «Эколог», принадлежащее КарНЦ РАН (начальник рейса В.Н.Коваленко, Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН; капитан С.В.Прошкин).

Экспедиция проведена по программе фундаментальных исследований ОНЗ РАН № 6 «Геодинамика и механизмы деформации литосферы», координаторы А.О.Глико и Ю.Г. Леонов, проект «Сейсмическая модель литосферы и современная геодинамика юго-восточной части Фенноскандинавского щита», руководитель Н.В.Шаров.

Научная цель экспедиции – изучить закономерности глубинного строения и особенности современной геодинамики земной коры юго-восточного склона Фенноскандинавского щита и разработать научно-методические подходы для создания геолого-геофизического (или геолого-геодинамического) полигона на основе интеграции образовательных и научно-исследовательских ресурсов. В частности, чтобы оценить геодинамическую ситуацию в пределах активно развивающейся Ладожской кольцевой неотектонической структуры, нужен геолого-геофизический анализ территории и отбор базовых геологических объектов, который также позволит организовать международный экскурсионный геологический маршрут «Раннедокембрийская геология и неотектонические палеосейсмодислокации».

НИС «Эколог»

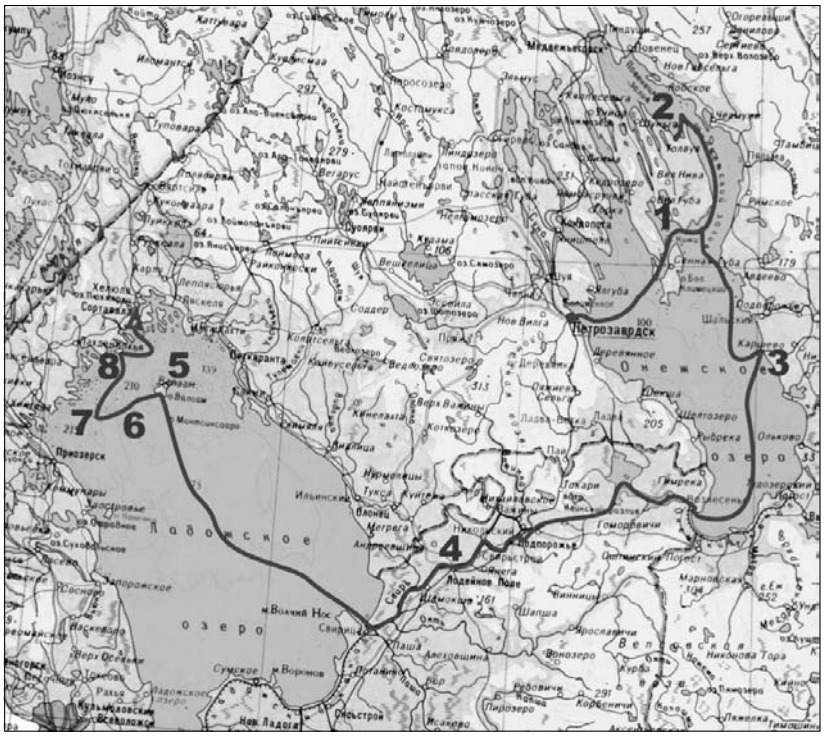
Фенноскандинавский щит содержит наиболее полный спектр этих древних пород по сравнению со всеми другими континентами мира. Обоснование полигона, расположенного в Юго-Восточной Карелии, в акваториях Онежского и Ладожского озер, – это инновационная образовательная и одновременно научно-производственная задача экспедиции, которая позволит реализовать на конкретных геологических объектах подготовку высококвалифицированных специалистов-геологов.

Объекты для геологической экспедиции были выбраны не случайно. Ладожская и Онежская вулкано-тектонические структуры являются ключевыми объектами для понимания условий формирования древних докембрийских комплексов российской части Фенноскандинавского щита.

В акватории Онеги участники экспедиции познакомились с геологическим строением Зажогинского и Максовского месторождений, где открытым способом добываются уникальные образования докембрия Карелии – шунгитоносные (высокоуглеродистые) породы; посетили одну из скважин в районе д. Тетюгино, расположенную на шунгитовой залежи Толвуйской структуры, где в рамках проекта бурения ранней Земли по международной программе научного континентального бурения (ICDP) «Арктическая Фенноскандия России» ведутся бурение, сбор и систематизация кернового материала.

Главным объектом посещения на Ладожском озере были о. Валаам и Валаамско-Салминская островная гряда, на которых обнажаются габбро-долериты и сопровождающие породы крупнейшего в Европе Валаамского силла. Помимо петрологии слагающих его пород он несет информацию о тектонике краевой части щита от позднего докембрия до наших дней. Основное внимание уделено вопросам неотектоники, интенсивно проявленной на о. Валаам, где главное значение имели

вертикальные блоковые движения, наложенные на структуру горизонтального силла. Менее развиты деформации бокового сжатия (сдвиго-надвиги). Примером подобного типа движений являются зоны дробления на южном Скалистом берегу о. Валаам. Общий итог неотектонических движений – формирование ладожской неотектонической радиально-кольцевой структуры. Активность современной геодинамики вынуждает ставить вопрос о необходимости организации геодинамического полигона котловины Ладожского озера, так как Северо-Западный экономический регион с крупными городами и высокой численностью населения, развитой промышленностью, транспортными системами требует обеспечения его геоэкологической безопасности и долгосрочного прогноза возможных нежелательных природных явлений.



Маршрут геологической экспедиции:
1 – о. Кижи; 2 – п. Толвуя, Зажогинское месторождение, Максовское месторождение, штольня в Шуньге; 3 – Бесов нос, петроглифы; 4 – Свято-Троицкий монастырь Александра Свирского; 5 – о. Валаам, Спасо-Преображенскиий Валаамский монастырь, Красный скит, Желтый скит, гора Елеон; 6 – о. Мюкериккю Валаамско-Салминской островной гряды; 7 – о-ва Хейнясенмаа Валаамско-Салминской островной гряды; 8 – о. Путсаари

Великолепный и неповторимый ансамбль природных объектов таят в себе североладожские шхеры Ладожского озера, запечатлевшие все многообразие событий геологической летописи края от ранних этапов развития Земли до наших дней, продолжительностью более 2 млрд лет. Участники экспедиции посетили береговую часть озера в районе о. Путсаари, где геофизическими и геологическими исследованиями установлен эпицентр мантийно-корового диапира с проявлением интенсивного метаморфизма вплоть до гранулитовой фации, дегидратационного плавления, инъекционной мигматизации и гранитизации.

Во время экспедиции НИС «Эколог» в кают-компании проходили семинары, лекции, в ходе которых обсуждались основные проблемы геологии региона, а также сопоставлялись геологические и геофизические результаты исследований.

Мигматиты в гнейсах ладожской серии, о. Путсаари, Ладожское озеро

Деформации бокового сжатия (сдвиго-надвиги) в габбро-долеритах юго-западного крыла пологой синклинали силла на южном Скалистом берегу о. Валаам, мыс Найсниеми

Бухта Лещевая, о. Валаам

Вместе с изучением геологических объектов маршрут экспедиции предполагал посещение уникальных памятников Русского Севера, имеющих мировую историческую и культурную ценность.

Прощаясь с участниками экспедиции, ее организаторы еще раз подтвердили готовность принять на борт «Эколога» ученых, заинтересованных в проведении геолого-геофизических или иных исследований, связанных с работой в закрытых морях. При необходимости на борту НИС «Эколог» возможно размещение дополнительного оборудования, например для проведения сейсмических исследований.

ВЫПОЛНЕНИЕ СУХОПУТНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАЙОНЕ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

М.А.РОГОВ (ГИН РАН)

В рамках работ по МПГ в августе 2007 г. проведены геологические (преимущественно, стратиграфические) исследования мезозойских (триас–нижний мел) отложений о. Надежды, о. Баренца, о. Эджа и о. Западный Шпицберген. Отрядом ГИН РАН проводились:

1) биостратиграфическое изучение,

2) геоморфологические и неотектонические наблюдения,

3) отбор образцов на магнитостратиграфию.

Из предварительных результатов следует отметить следующие:

1) в среднем триасе о. Эджа и о. Баренца установлены узкие биостратиграфические интервалы, насыщенные раковинами ортоцератид. Ранее подобные интервалы на Шпицбергене не отмечались;

2) значительно уточнена стратиграфия кимериджа и волжского яруса верхней юры разреза г. Миклегард (Зап. Шпицберген). Показано, что последовательность кимериджских фаунистических горизонтов очень близка к ранее выделенной в Восточной Гренландии. Подтверждены прежние данные Е.С.Ершовой (1969) о строении верхневолжской части разреза и его корреляции с Северной Сибирью;

3) получена предварительная петромагнитная характеристика пограничных отложений юрской и меловой систем. Из этого интервала отобрано 40 ориентированных палеомагнитных образцов;

4) в бухте Агард обнаружены признаки новейшей тектонической активности.

В 2008–2009 гг. наиболее перспективным представляется детальное изучение стратиграфии мезозоя в Сассен-фьорде (окрестности горы Янусфьеллет), где сосредоточены типовые разрезы многих формаций Шпицбергена и представлена одна из наиболее полных стратиграфических последовательностей.

55. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ НА НОВОСИБИРСКИЕ ОСТРОВА В ЦЕЛЯХ РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ ВОСТОЧНО-АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА В ПОЗДНЕМ ПАЛЕОЗОЕ–МЕЗОЗОЕ

Основные участники и организаторы экспедиции: ГИН РАН

О ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА О. СТОЛБОВОЙ (НОВОСИБИРСКИЕ ОСТРОВА), ПРОВЕДЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ИНСТИТУТОМ РАН ЛЕТОМ 2007 г.

А.Б.КУЗЬМИЧЕВ (ГИН РАН)

Введение. Остров Столбовой (47 × 10 км) (рис. 1) – один из наименее изученных островов Новосибирского архипелага. Сведения о геологическом строении острова получены А.В.Воронковым в 1956 г. во время проведения геологической съемки масштаба 1 : 1 000 000 [Воронков, 1958]. А.В.Воронков показал, что весь остров сложен толщей переслаивания песчаников и сланцев, которые он отнес к валанжину. В 1973 г. стратиграфические исследования были проведены в северо-западной части острова [Виноградов, Явшиц, 1975; Иванов и др., 1974]. В 1982 г. издана Государственная геологическая карта острова масштаба 1 : 200 000 (рис. 2), основанная преимущественно на результатах съемки А.В.Воронкова. Этими работами исчерпываются известные сведения о геологии острова.

Летом 2007 г. в соответствии с планом мероприятий МПГ Геологический институт РАН осуществил комплексное геологическое изучение южной половины о. Столбовой (рис. 2, 3). Полевой отряд состоял из четырех человек. Срок работы на острове составил 2,5 месяца – с 21 июня по 5 сентября. Лагерь экспедиции располагался в юго-восточной части острова (рис. 3, 4). Главная задача исследований: реконструкция позднеюрского–раннемелового флишевого синколлизионного бассейна, который, по мнению автора, слагает существенную часть шельфа моря Лаптевых и протягивается в юго-восточном направлении до Северной Чукотки [Кузьмичев и др., 2006]. В результате проведенных исследований получены новые данные о стратиграфии, составе, возрасте, обстановке и условиях осаднакопления, а также о структурных особенностях мезозойского терригенного комплекса. Кроме того, на острове обнаружены выходы неизвестных ранее континентальных неогеновых отложений, фиксирующих заложение рифтогенных впадин.

Структурные наблюдения. Меловые отложения в южной части острова образуют пологую мульдообразную синклиналь (рис. 3), ось которой вытянута вдоль острова. Разрывные нарушения (на карте не показаны) повсеместны и большей частью представлены крутыми сбросами и взбросами, образующими две системы: ССЗ-ЮЮВ и ЗЮЗ-ВСВ простирания. Преобладают малоамплитудные нарушения (до нескольких метров). Единичные сбросы имеют амплитуду несколько десятков метров. Структура нарушена также редкими надвигами с углами падения сместителя 26–50° (рис. 5). Надвиги преимущественно простираются вдоль оси острова и имеют юго-западную–западно-юго-западную, реже противоположную вергентность. Мы предполагаем, что все эти разрывные нарушения возникли как трещины скалывания в обстановке сжатия в конце неокомового времени. В дальнейшем вдоль этих трещин возникла компенсационная система сбросов в обстановке растяжения. Этап растяжения предположительно датируется аптом: минерализация трещин отрыва, вероятно, связана с эндогенной активностью, которая на о. Большой Ляховский фиксируется внедрением диоритов-гранитов с возрастом 120 млн лет. Сбрососообразование продолжалось и позднее: в нескольких случаях наблюдалось смещение по сбросам неогеновой коры выветривания.

Стратиграфические исследования. Исследованная часть острова сложена толщей турбидитов

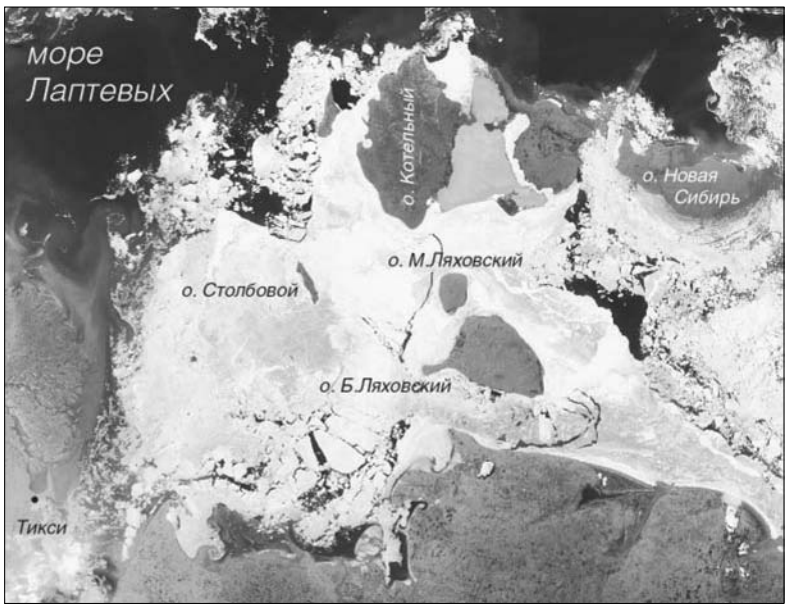


Рис. 1. Новосибирские о-ва (*http:/www.ssec.wisc.edu/~gumley/ modis_gallery/*)

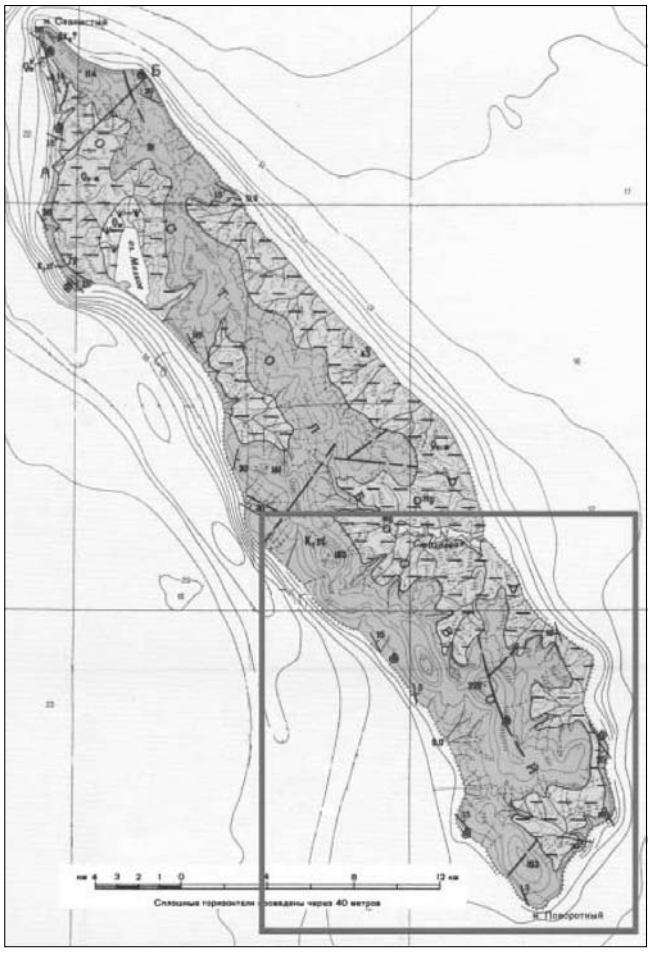


Рис. 2. Официальная геологическая карта о. Столбовой. Прямоугольником отмечена территория, изученная в 2007 г.

мощностью около 750 м. По литологическим признакам толща не может быть расчленена на пачки. Составлено послойное описание разрезов с промером мощностей вдоль большей части берегового клиффа (рис. 3), проведена корреляция частных разрезов и восстановлена общая последовательность слоев. Часть береговых обрывов задокументирована непрерывной панорамной фотосъемкой (рис. 5).

Возраст терригенных отложений ранее определялся как валанжинский [Воронков, 1958], как волжский-берриасский [Виноградов, Явшиц, 1974] или как окфордский-готеривский [Иванов и др., 1973] на основании единичных находок двустворок *Buchia* плохой сохранности. Специальные поиски позволили нам найти раковины бухий более чем в 20 пунктах и в ряде из них собрать материал хорошей сохранности и в массовом количестве. Согласно предварительным полевым определениям, возраст отложений не выходит за пределы интервала верхи волжского яруса – берриас и, скорее всего, ограничен берриасом. Этот вывод согласуется с представлениями о весьма быстром (обычно не более 1–2 млн лет) накоплении турбидитовых комплексов, подобных комплексу о. Столбовой [Mutti, 1992]. В настоящее время палеонтологические сборы обрабатывает В.А.Захаров.

Седиментологические исследования. Раннемеловые отложения представлены глубоководными дистальными турбидитами с преобладанием песчаных фаций. Грубообломочные фации отсутствуют. Гемипелагические осадки составляют менее процента мощности комплекса. Массовые (несколько сотен) замеры ориентировки ряби подводных течений, директивных подошвенных знаков и складок подводного оползания указывают на то, что турбидные потоки перемещали осадочный материал с юга–юго-запада. Главной достопримечательностью столбовского турбидитового комплекса являются мощные (до 9 м) однородные пласты, сложенные светлыми массивными, хорошо сортированными песчаниками (рис. 6). Выяснено, что подобные пласты являются результатом амальгамации нескольких менее мощных пластов. Нетипичные для турбидитовых комплексов седиментологические особенности этих пород, такие как обратная градация, широкое распространение мегаряби, флазерной слоистости и др., детально задокументированы, их изменения прослежены по простиранию.

Мощные пласты подобных песчаников разделены пакетами ритмично-слоистых менее мощных (первые дециметры) пластов. Эти пакеты в значительной степени сложены плохо сортированными черными песчаниками и диамиктитами, содержащими существенную долю глинистого материала и органического вещества. Седиментологические особенности песчаников разных типов и их изменения детально задокументированы. Эти изменения могут быть описаны в терминах трансформации турбидных потоков разной плотности и консистентности.

Литологические исследования. По разрезу меловых турбидитов систематически отобран материал для лабораторного изучения:

1) обломочной кластики,
2) тяжелой фракции песчаников,
3) пористости и проницаемости пород.

Просмотр первых шлифов показал грауваккковый состав пород и крайнюю незрелость обломочного материала (остроугольность обломков, присутствие свежего КПШ и биотита). Обломочный материал относится к первому циклу седиментации. Он не испытал дальнего переноса и является продуктом разрушения близрасположенного орогена.

Неогеновый комплекс. Комплекс обнаружен впервые. Он сложен континентальными (речными, болотными и озерными) отложениями, заполнявшими приразломные впадины. Вдоль бортов впадин описаны шлейфы глыбового материала, представленного меловыми песчаниками. Неогеновый возраст отложений предполагается по аналогии с о-вами Бельковский и Большой Ляховский, где выходят подобные породы. Отобран углистый материал для датирования пород по споро-пыльцевым комплексам.

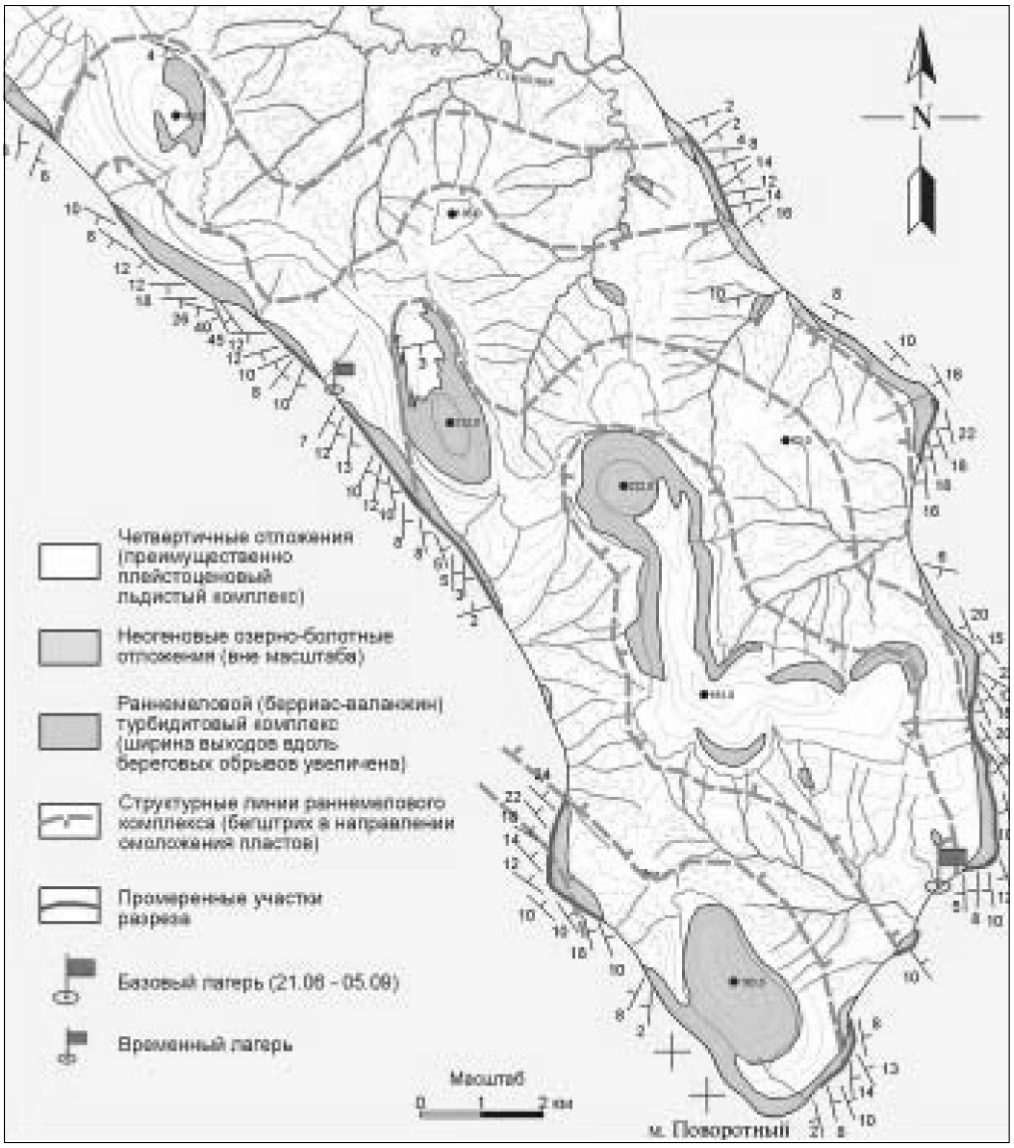


Рис. 3. Полевая геологическая карта южной части о. Столбовой, составленная в 2007 г.

Предварительные выводы.

1. Исследованный нами раннемеловой турбидитовый комплекс слагает три южных острова Новосибирского архипелага и, по-видимому, значительную часть шельфа моря Лаптевых (рис. 7). Он является существенным элементом геологического строения региона. Столбовой – единственный остров в Новосибирском архипелаге, где по условиям обнаженности этот комплекс может быть всесторонне охарактеризован. В результате проведенных полевых работ получены детальные сведения о структуре, последовательности и составе отложений, их седиментационных особенностях и возрасте.

2. Мы предполагаем, что столбовский турбидитовый бассейн возник в начале мелового периода на южной окраине Новосибирского континентального блока во время Анюйской орогении. Ороген, питающий бассейн кластикой, располагался к югу–юго-западу от о. Столбовой.

3. Богатые песчаниками мощные турбидитовые комплексы, подобные тому, который описан для о. Столбовой, содержат крупнейшие в мире месторождения углеводородов, и их седиментологическое изучение имеет важное научное и прикладное значение. Свежие обрывы, обрамляющие остров, являются уникальным полигоном для выявления седиментационных особенностей турбиди-

Рис. 4. Базовый лагерь экспедиции на берегу о. Столбовой

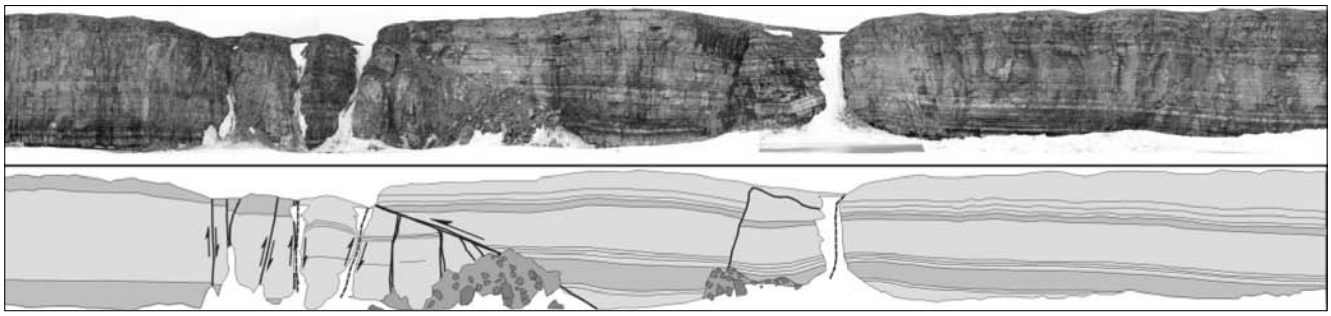


Рис. 5. Фрагмент фотопанорамы берегового обрыва в районе мыса Поворотный (см. рис. 3).
На прорисовке показаны разрывные нарушения и их кинематика. Высота обрывов около 30 м, длина фрагмента около 300 м

тов подобного типа. Песчаники о. Столбовой, по-видимому, утратили коллекторские свойства вследствие полной цементации, однако в удаленных от орогена участках бассейна раннемеловые породы могли быть захоронены в обстановке, благоприятной для генерации и накопления углеводородов. Такую перспективу следует иметь в виду при планировании морских работ в море Лаптевых.

4. Неогеновый комплекс, описанный нами на о. Столбовой, заполняет приразломные впадины и фиксирует главную фазу рифтогенеза в регионе. Эти данные следует учитывать при определении возраста рыхлых отложений, заполняющих грабены, выявленные на сейсмической записи в акватории моря Лаптевых.

Заключение. Геологические исследования Новосибирских о-вов проводятся коллективом с 2000 г. Генеральная цель этих исследований – реконструкция тектонической эволюции Восточной Арктики в конце палеозоя – в мезозое. Экспедиция 2007 г. организована на средства из следующих источников:

– грантов РФФИ № 05-05-64028а и 07-05-10055к,

– программы ОНЗ РАН № 14,

– гранта «Научные школы России» № НШ-748.2006.5,

– программы поддержки молодых ученых РАН.

Коллектив планирует продолжить геологическое изучение Новосибирских о-вов в 2008 г., что осуществимо лишь при условии дополнительного финансирования. Намечено несколько первоочередных объектов на разных островах; выбор конкретного объекта прямым образом зависит от объема финансирования.

Список литературы

Виноградов В.А., Явшиц Г.П. Стратиграфия верхнеюрских и нижнемеловых отложений северной части острова Столбовой // Геология и полезные ископаемые Новосибирских о-вов и о. Врангеля. Л., 1975. С. 38–42.

Воронков А.В. Геологическоге строение о. Столбового архипелага Новосибирские о-ва // Сб. статей по геологии Советской Арктики. 1958. Вып. 9. С. 37–43.

Иванов В.В., Клубов Б.А., Похилайнен В.П. Новые данные по геологии о. Столбовой (Новосибирский архипелаг) // ДАН. 1974. Т. 216. № 4. С. 879–880.

Кузьмичев А.Б., Соловьев А.В., Гоникберг В.Е., Шапиро М.Н. и др. Синколлизионные мезозойские терригенные отложения о. Большой Ляховский (Новосибирские о-ва) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2006. Т. 14. № 1. С. 33–53.

Mutti E. Turbidite Sandstones. Universita di Parma, AGIP, 1992. 276 p.

Рис. 6. Мощные амальгамированные пласты турбидитовых песчаников. В нижней части пласта – горизонт аргиллитовых кластов «rip-up» – результат эрозии подстилающего глинистого пласта турбидным потоком

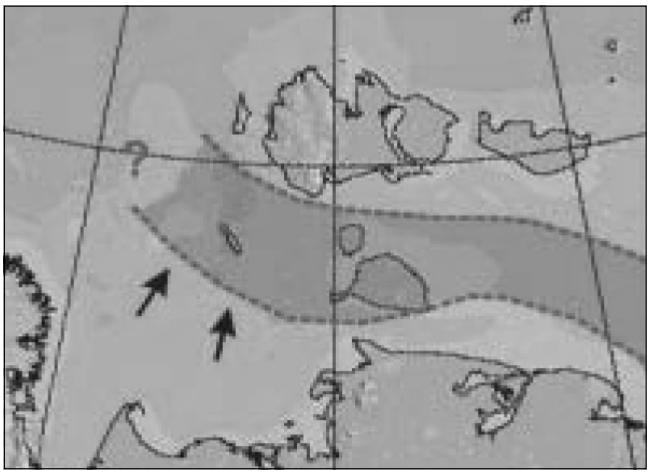


Рис. 7. Предполагаемые контуры раннемелового турбидитового бассейна. Стрелки – направление транспортировки обломочного материала

56. КОМПЛЕКСЫ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ЯДЕР АРКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ВЕРХОЯНО-КОЛЫМСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ И НА ЧУКОТКЕ

Основные участники и организаторы экспедиции: ИГАиБМ СО РАН

ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОФИОЛИТОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧУКОТКИ: УСТЬ-БЕЛЬСКИЙ ТЕРРЕЙН

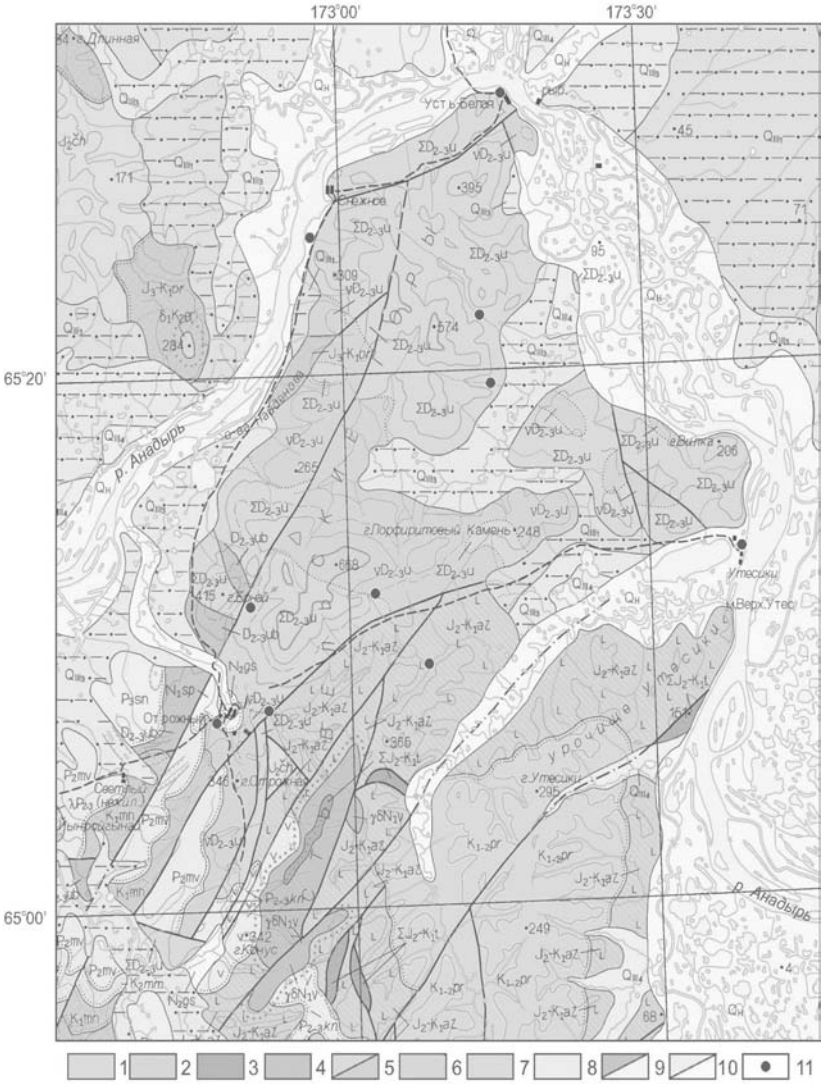
С.Д.СОКОЛОВ, Г.В.ЛЕДНЕВА, С.А.ПАЛАНДЖЯН, А.В.МОИСЕЕВ (ГИН РАН, Россия); А.ИШИВАТАРИ, С.МАЧИ (Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Kanazawa University, Japan); Я. ХАЯСАКА (Department of Earth and Planetary System Science, Faculty of Science, Hiroshima University, Japan), Б.А.БАЗЫЛЕВ (Институт геохимиии и аналитической химии им. В.И.Вернадского, Россия)

Геологический институт РАН (ГИН РАН) в тесном сотрудничестве с коллегами из Японии и других институтов РАН ведет планомерные исследования офиолитов в труднодоступных районах Чукотки и Корякского нагорья на протяжении последних 25 лет.

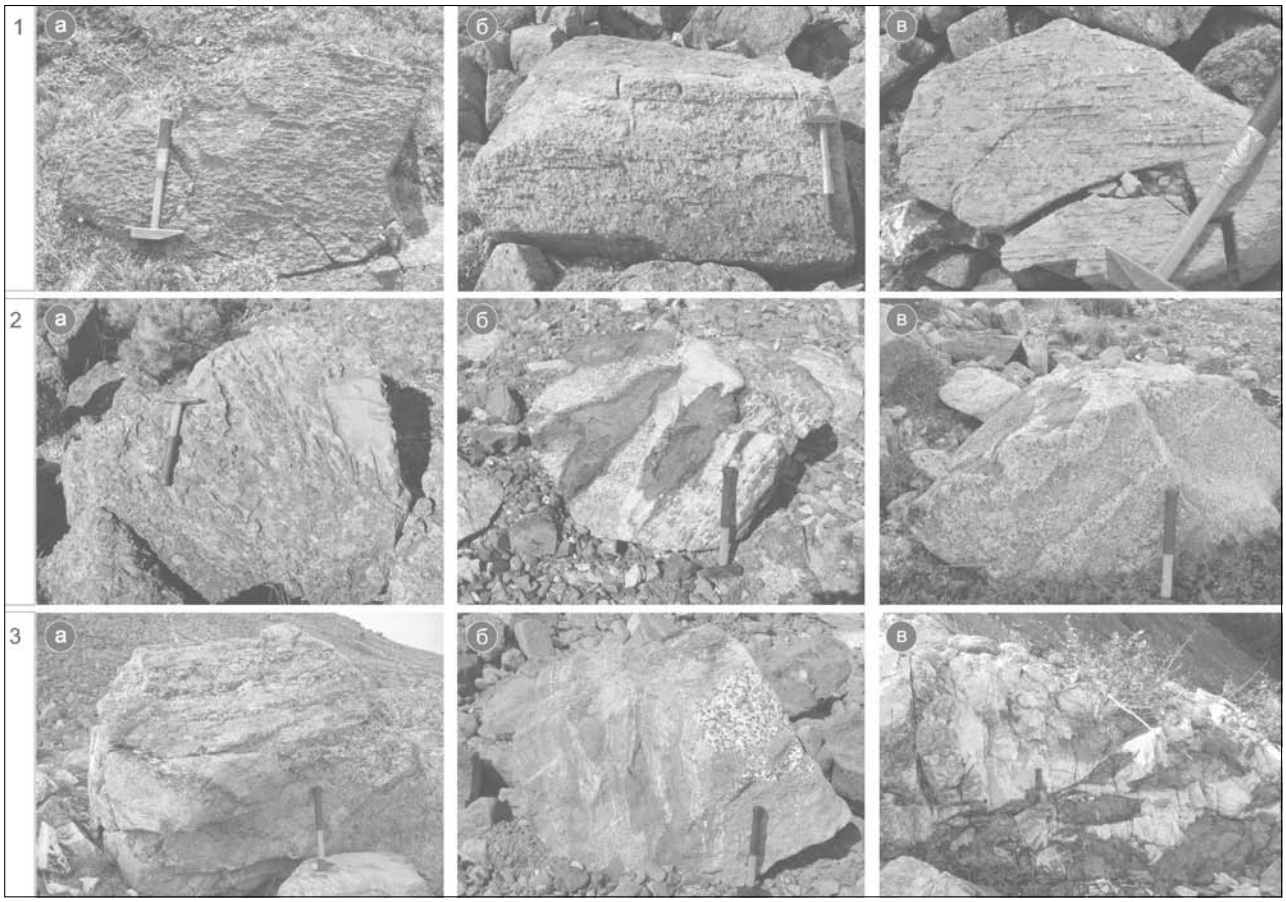
В июле–августе 2007 г. сотрудники лаборатории тектоники океанов и приокеанических зон ГИН РАН при участии геологов из Университетов Каназавы и Хиросимы (Япония), а также Института геохимии и аналитической химии РАН им. В.И.Вернадского (ГЕОХИ РАН) организовали экспедицию в Усть-Бельские горы Чукотки и на правобережье р. Анадырь. Исследованы офиолиты, которые принято рассматривать как фрагменты древних океанов. Усть-бельские офиолиты относятся к позднепалеозойским образованиям (380–350 млн лет), изучение которых позволяет восстановить историю древнего океана Панталассы, покрывавшего большую часть земной поверхности. Предполагается, что образовавшиеся офиолиты перемещались на значительные расстояния и причленились к Азиатскому континенту, вдоль края которого существовала сложная система островных дуг. Многие вопросы, касающиеся генезиса, времени формирования и геодинамической природы этих офиолитов, их потенциальной хромито- и платиноносности до сих пор дискуссионны.

Экспедиционные работы 2007 г. в пределах Усть-Бельского офиолитового террейна были направлены на изучение:

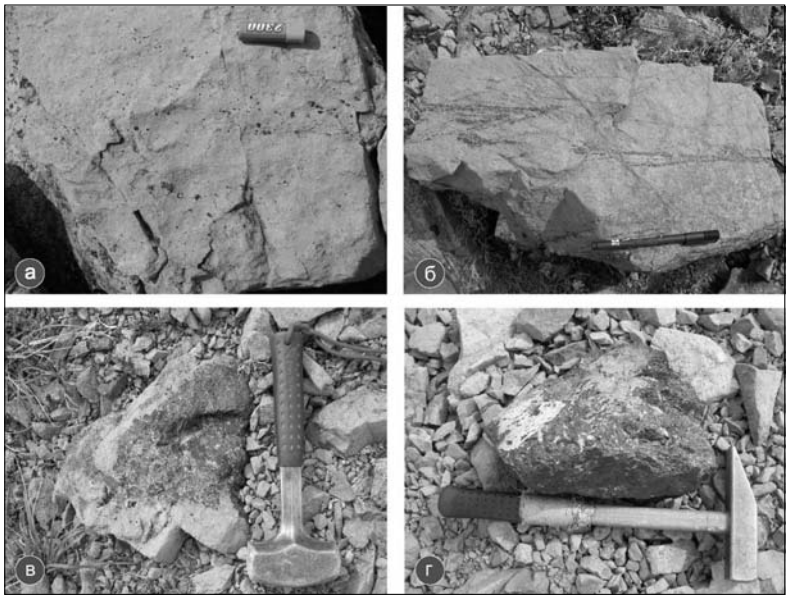
1) структурного положения, состава и возраста офиолитов;



Фрагмент геологической карты масштаба 1 : 500 000, составленной ФГУГП «Георегион», г. Анадырь:
1 – ультраосновные породы; 2 – габброиды; 3 – серпентинитовый меланж;
4 – средний–верхний девон: вулканиты, известняки, терригенные породы;
5 – верхняя юра–нижний мел: базальты, кремни, терригенные породы;
6 – нижний мел: песчаники, алевролиты, аргиллиты;
7 – нижний и верхний мел: терригенные породы;
8 – палеоген: вулканогенно-осадочные образования;
9 – неоген: граниты, песчаники; 10 – четвертичные отложения;
11 – местоположение базовых лагерей экспедиционного отряда ГИН РАН



Основные разновидности пород, слагающие офиолиты Усть-Бельской пластины:
1 – мантийные перидотиты: а – массивные шпинелевые лерцолиты, богатые пироксенами, без признаков минеральной линейности,
б – тело реплазивных гарцбургитов и дунитов в шпинелевых лерцолитах,
в – шпинелевые гарцбургиты с отчетливо выраженной линейностью;
2 – комплекс плагиоклазовых перидотитов – троктолитов – оливиновых габбро: а – дендритовидные клинопироксены в дунитах,
б – ксенолиты перидотитов в оливиновых габбро, в – переслаивание плагиоклазовых перидотитов и троктолитов;
3 – комплекс габбро-амфиболитов (метагаббро): а – жилы пегматоидных плагиоклаз-амфиболовых пород в троктолитах, б – габбро-амфиболиты,
в – мощная жила плагиоклазитов в метагаббро



Типы хромитовой минерализации в дунитах, связанных постепенными переходами с шпинелевыми гарцбургитами: (а) рассеянно-вкрапленные, (б) струйчатые, (в) орбикулярные и (г) массивные выделения хромитов

2) структуры и тектонической истории региона.

Проведено площадное опробование офиолитов Усть-Бельского террейна и офиолитов вдоль трансекта верховья р. Головка–гора Отрожная–р. Левая Маврина–р. Перевальная–устье р. Утесики. В результате полевых работ собран представительный материал для изучения стратиграфии, структуры, литологии, изотопной геохронологии, петрографии, петрохимии и геохимии пород.

Усть-Бельский офиолитовый террейн – это пакет тектонических пластин, сложенных, по данным наших исследований, следующими породными комплексами:

– мантийными перидотитами, представленными шпинелевыми лерцолитами и гарцбургитами;

– массивными дунитами, связанными постепенными переходами с шпинелевыми гарцбургитами;

– кумулятивными дунитами–верлитами–оливиновыми клинопироксенитами;

– кумулятивными плагиоклазовыми перидотитами–троктолитами–оливиновыми габбро-анортозитами и габбро-амфиболитами.

Характер контактов между блоками, сложенными разными комплексами, часто не ясен из-за фрагментарности обнажений и преобладания иллювиально-делювиальных отложений.

С запада на восток отмечается закономерная смена богатых пироксенами лерцолитов более бедными пироксенами гарцбургитами и затем дунитами, локально переходящими в тонкорасслоенные оливин-клинопироксеновые кумуляты. Для дунитов типичны участки, богатые хромитами.

Локально маломощные тектонические пластины разделены зонами милонитов или будинированы с развитием многочисленных зеркал скольжения. Во всех точках наблюдения контакты между блоками мантийных перидотитов и габброидов тектонические. Породы офиолитового комплекса интрудированы дайками диабазов–микрогаббро–габбро, биотитовых микрогранитов и плагиоклаз- и кварц-плагиоклаз-порфировых риолитов–аплитов. Породы даек отмечены в виде линз в зонах милонитизации.

Крупные пластины офиолитов Усть-Бельского террейна перекрыты образованиями серпентинитового меланжа, относимого к отрожненской пластине. Этот меланж содержит перидотиты и габброиды, петрографически сходные с породами Усть-Бельского комплекса, блоки интенсивно деформированных глинистых и эпидот-хлорит-актинолитовых сланцев, амфиболитов, гранатовых амфиболитов и гнейсов, метаморфизованных в эпидот-амфиболитовой фации туфов, миндалекаменных базальтов и сургучно-красных яшм. Наличие среди вулканитов андезитов, обилие пирокластических разностей и туфогенно-осадочных пород, перекрывающих вулканиты, свидетельствует об островодужной природе вулканогенного комплекса. Однако этот предварительный вывод требует дальнейшего подтверждения геохимическими данными. В туфосилицитах встречаются единичные радиолярии, выделение и определение которых дает перспективу датировать верхнюю часть офиолитового разреза.

Нижнее структурное положение занимают более молодые мезозойские сильно деформированные офиолиты, превращенные в серпентинитовый меланж. Они встречаются вместе с породами кремнисто-базальтовой ассоциации и туфо-терригенными отложениями. Здесь широко развиты необычные образования, названные местными геологами «шуха». Это интенсивно брекчированные породы, в которых по многочисленным разноориентированным трещинам (объемная трещиноватость) развиты агрегаты вторичных низкотемпературных минералов (пренит, цоизит, цеолит и др.). Идентифицировать первоначальный состав пород в полевых условиях невозможно, и их генезис остается неясным.

Работы проведены при финансовой поддержке программы ОНЗ РАН №14, РФФИ (гранты № 07-05-10055, 06-05-66947, 05-05-65052, 06-05-64935) и Ведущей научной школы (НШ-9664.2006.5). Авторы благодарны за помощь в организации и проведении работ В.В.Лебедеву и А.Д.Киевскому (ФГУГП «Георегион», г. Анадырь).

57. СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛЕЙСТОСЕЙСТОВЫХ ОБЛАСТЕЙ ХАРАУЛАХСКОЙ ГРУППЫ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ПАЛЕОЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ (ТРЕНЧИНГ, ВОЗРАСТНЫЕ ДАТИРОВКИ)

Основные участники и организаторы экспедиции:
ИГАиБМ СО РАН, ИЗК СО РАН

ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛЕЙСТОСЕЙСТОВЫХ ОБЛАСТЕЙ ХАРАУЛАХСКОЙ ГРУППЫ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Л.П.ИМАЕВА (ИГАиБМ СО РАН)

Район исследований – полевые работы проводились на побережье губы Буор-Хая моря Лаптевых. Источник финансирования – проект РФФИ Арктика–Дальний Восток. Объем произведенных затрат – 250 000 руб.

Вид работ – геолого-структурные и палеосейсмогеологические исследования в Приморской сбросо-сдвиговой зоне прибрежно-шельфовой части моря Лаптевых. Для статистического анализа трещиноватости горных пород района западного побережья губы Буор-Хая было сделано около 26 тысяч замеров трещин. Их статистическая обработка методами тектонофизического анализа позволила установить характер напряженного состояния земной коры и кинематику активных разрывов. Выявлена и обследована Корякинская палеосейсмодислокация, генетически связанная с разломами субширотного простирания правосдвиговой кинематики, которая трассируется с моря в сторону континента на протяжении 5 км. Расчетная магнитуда землетрясения, с которым может быть связано образование данной сейсмогенной структуры, равна 7,0.

Выполненные исследования указывают на существование в данном районе нескольких зон с разным типом современного напряженного состояния земной коры, каждая из которых характеризуется развитием определенного парагенезиса разрывных нарушений. При этом выявлен разнообразный спектр сколов, трещин от сбросов, сдвигов и надвигов до возможных их комбинаций. Установлено, что исследуемая территория находится в области влияния противоположных тектонических процессов – на ней сказывается воздействие процессов растяжения, происходящих в хребте Гаккеля, и сжатий, протекающих в сейсмотектонической зоне хребта Черского.

Отобраны пробы для дополнительных радиоуглеродных определений абсолютного возраста по ряду опорных литолого-фациальных разрезов позднего кайнозоя прибрежно-шельфовой зоны.

Перспективы продолжения исследований на 2008–2009 гг. На основе комплексного литолого-стратиграфического, геохимического и минералогического изучения будет проведено фациально-стратиграфическое расчленение неоплейстоценовых отложений, что позволит реконструировать палеогеографические обстановки на различных этапах их формирования. Это позволит существенно уточнить схему стратиграфии четвертичных отложений Северного Верхоянья.

Планируется провести новые определения абсолютного возраста едомных отложений методом AMS в лаборатории им. Лейбница в г. Киль (Германия). Ориентировочная стоимость определений – 6800 евро или 235 280 руб.

По второму направлению исследований (новейшие структуры, геодинамика и сейсмичность) запланировано проведение полевых работ в плейстосейстовых областях Хараулахской группы катастрофических землетрясений».

59. ЭТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ АРКТИКИ. ОЦЕНКА АДАПТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НАСЕЛЕНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ПОСЕЛКОВ К ИЗМЕНЕНИЯМ ПРИРОДНОГО И АНТРОПОГЕННОГО ГЕНЕЗИСА

Основные участники и организаторы экспедиции: ИСА РАН, ИО РАН, РосНИИ Культурного и природного наследия им. Д.С.Лихачева

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ЗАПОЛЯРЬЯ – ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АРКТИКИ

А.А.ВИНОГРАДОВА
(Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН)

Арктика – регион, удаленный от основных областей активной деятельности человека. Это способствовало формированию на арктической территории очень чистых природных объектов (воздуха, морских и пресных вод, льда, почв и т.д.). С наступлением индустриальной эпохи ситуация сильно изменилась. Перенос антропогенных загрязнений в природные среды Арктики происходит по двум основным каналам:

1) воздушными потоками;

2) водами рек, впадающих в Северный Ледовитый океан (СЛО).

Понятно, что чем ближе источник загрязнений, тем больше примесей от него поступит в изучаемые районы. Поэтому возникновение и бурное развитие горнодобывающих, обогатительных и металлургических комплексов в Заполярье (на Кольском п-ове и в районе Норильска) привело к загрязнению окружающей среды Арктики (в первую очередь, ее российской части) целым рядом антропогенных примесей, в частности тяжелыми металлами (ТМ).

В Институте физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН уже более 20 лет ведутся работы по изучению загрязнения арктической атмосферы антропогенными химическими элементами, переносимыми воздушными массами на дальние расстояния (до 5–10 тыс. км) в составе аэрозольных частиц, имеющих размеры порядка 1 мкм и менее. В 2007 г. в рамках проекта № 323 МПГ «Эоловый и ледовый перенос и потоки вещества (включая экотоксиканты) в Арктике (КРИОЭОЛ)» были выполнены модельные оценки вклада промышленности Заполярья в загрязнение тяжелыми металлами (Ni, Cu, Pb, Cd) окружающей среды российских прибрежных морей СЛО.

Исходными данными были ежедневные 5-суточные траектории движения воздуха от источников, расположенных на севере Кольского п-ова и в районе Норильска, рассчитанные для января, апреля, июля и октября на протяжении 20 лет с 1981 по 2000 г. Использованы модель HYSPLIT 4 и данные реанализа полей давления и ветра NOAA (NCEP/NCAR Reanalysis Data Files).

Оценены сезонные и долговременные изменения средних концентраций экотоксикантов в приземной атмосфере и в осадках, а также их потоков на подстилающую поверхность в акваториях морей Российской Арктики и на прилегающих территориях (рис. 1).

Выполнены детальные оценки для побережья моря Лаптевых в районе п. Тикси, где в рамках МПГ 2007/08 была развернута международная метеостанция. Полученные результаты хорошо согласуются с приведенными в литературе данными натурных наблюдений в Белом и Баренцевом морях, а также на российских арктических островах.

На не слишком больших ограниченных территориях (например, над акваториями Белого, Печорского или Карского морей) перестройка процессов циркуляции атмосферы в конце XX века оказала не

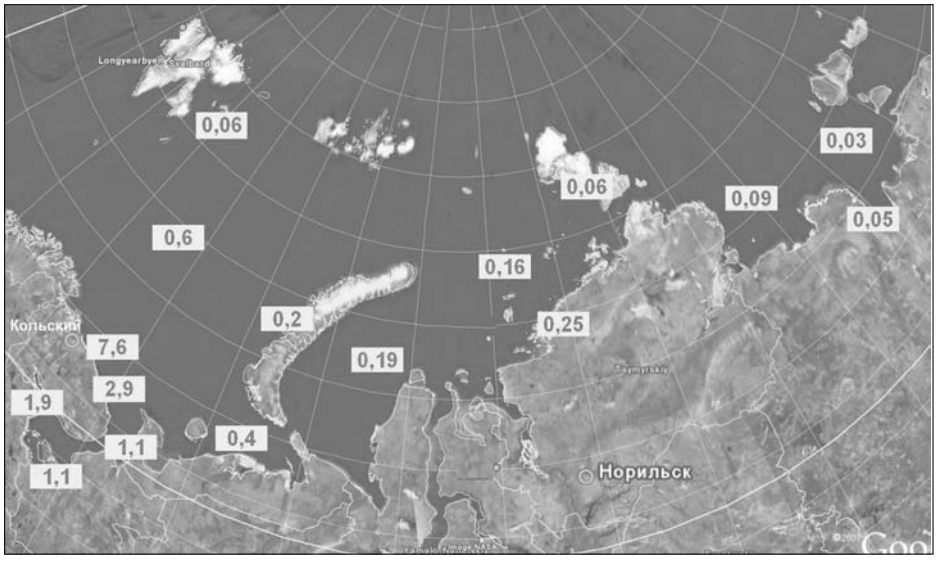


Рис. 1. Среднее для 1990-х гг. пространственное распределение потока Ni от обоих источников на поверхность арктических морей России, кг/(км^2·год)

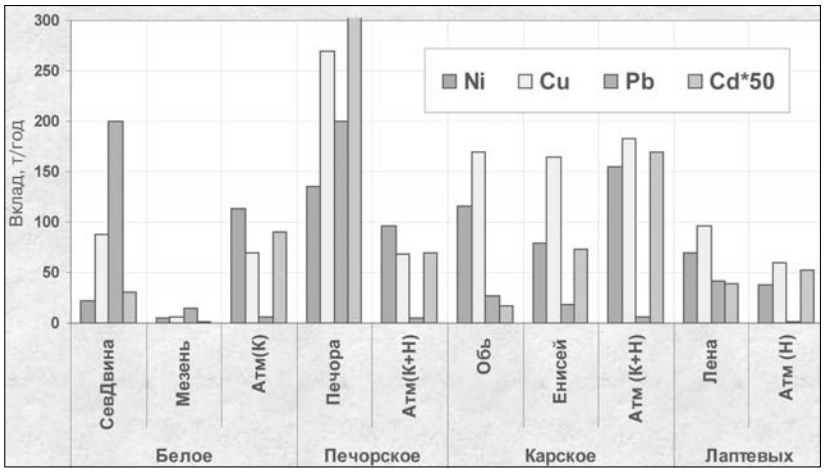


Рис. 2. Вклады промышленности Кольского п-ова (К) и Норильска (Н) по атмосферному каналу и самых крупных впадающих рек в поставку ТМ в центральные воды арктических морей России

меньшее воздействие на количество ТМ, осажденных из атмосферы, чем изменение эмиссии источников за тот же период. По данным Росгидромета, эмиссия Ni и Cu рассматриваемыми источниками в 1990-х гг. уменьшилась по сравнению с 1980-ми гг. В результате в 1990-х гг. загрязнение акватории всех морей уменьшилось на 30–40 % по сравнению с 1980-ми гг.

Природные объекты акватории Белого и Баренцева морей находятся под мощной антропогенной нагрузкой со стороны Кольского п-ова, а акватории моря Лаптевых – преимущественно со стороны Норильска, над Карским морем происходит смена лидирующего источника загрязнений.

Восточно-Сибирское и Чукотское моря в меньшей степени подвержены влиянию промышленности Норильска, а вклад выбросов Кольского п-ова там ничтожен. В отношении загрязнения Pb рассматриваемые регионы-источники не являются основными для всех арктических морей.

В целом годовой поток Ni, Cu и Cd в воды Белого, Баренцева, Карского морей и моря Лаптевых, поступающий по атмосферному каналу с территорий Кольского п-ова и из района Норильска, вполне сравним с потоком этих же элементов во взвеси наиболее крупных впадающих рек (после очищения в зоне маргинального фильтра) (рис. 2). Таким образом, атмосферный канал поступления ТМ в центральные воды российских арктических морей обязательно должен учитываться при изучении процессов формирования состава морских вод, льдов и донных осадков.

В заключение подчеркнем, что распространение в атмосфере ТМ от промышленных источников Заполярья приводит к антропогенному загрязнению не только воздушной среды и «неживой» природы Арктики, но также к попаданию экотоксикантов (через пищевые цепочки) в организмы животных и людей.

Средние за 1990-е гг. потоки ТМ на поверхность российских арктических морей, т/год

Металл	Белое море	Баренцево море	Печорское море	Карское море	Море Лаптевых
Ni	113	1190	96	77	37
Cu	71	775	66	92	60
Pb	5,6	60	4,7	2,9	1,0
Cd	1,8	17	1,4	1,7	1,0
Процент эмиссии	5,6	59,6	3,3	2,6	4,0
Источники	Кольский	Кольский	Кольский + Норильск	Кольский + Норильск	Норильск

О ПЕРВОМ ДЕМОНСТРАЦИОННОМ ПРОЕКТЕ ПО РЕАБИЛИТАЦИИ ТЕРРИТОРИИ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА

Ю.С.ЛУКЬЯНОВ, А.В.ЧЕРКАСОВ (ГОИН);
С.Б.ТАМБИЕВ (Проект ЮНЕП/ГЭФ «НПД-Арктика»)

Введение. Загрязнение арктических территорий. Последние тенденции в области политики защиты окружающей среды демонстрируют рост внимания со стороны государства к этим проблемам. Заседание Совета Безопасности 30 января 2008 г. было целиком посвящено экологии. Министр природных ресурсов РФ Юрий Трутнев в интервью СМИ от 6 февраля 2008 г. отметил: «…во всех странах, которые достигают определенного уровня экономического развития, вопрос экологии становится главенствующим. Россия к этому уровню экономического развития, на наш взгляд, подошла».

Влияние хозяйственной деятельности связано обычно с дополнительной нагрузкой на окружающую среду. Задача государства и уполномоченных им органов в области охраны окружающей среды – минимизировать отрицательное воздействие человеческой деятельности на природу.

Антропогенное воздействие на природу особенно отрицательно сказывается в Арктике. Устойчивость арктических биоценозов значительно меньше, чем в средней полосе. Биохимическая деструкция различных загрязнителей органического происхождения идет существенно медленнее из-за низкой температуры. В зоне полярных пустынь многие

органические загрязнители вообще не разлагаются.

История освоения российского Заполярья связана с интенсивным использованием арктических территорий. К ним, в частности, относится самая северная точка Евразии – ЗФИ, расположенная в пределах 80–82° с.ш.

ЗФИ – сложная система крупных (площадью более 1000 км^2) и мелких (10–100 км^2 и менее) островов и разделяющих их глубоких (300–600 м) проливов. В разных работах указано от 152 до 282 островов в зависимости от того, включены ли в подсчет отдельные скалы и осушающиеся отмели. Протяженность архипелага по параллели – 375 км, по меридиану – 234 км. Большая часть островов ЗФИ представляет собой останцы обширного базальтового плато, расчлененного тектоническими разломами на отдельные блоки и сильно разрушенного в результате воздействия ледников и денудации. Благодаря горизонтальному положению базальтовых покровов поверхность многих островов имеет платообразный характер. Ледники покрывают 85 % суммарной площади островов.

Работа пресса: слева – бочка современного производства сплющена и лежит перед прессом, справа – видимых изменений с бочкой старой конструкции не произошло (вмятина сверху была раньше)

В СССР освоение высокоширотного архипелага началось в 1930-х гг. Первая полярная станция была основана на о. Гукера в 1935 г., а затем на о. Рудольфа была создана круглогодичная полярная станция, которая прославилась тем, что обеспечивала работу первой дрейфующей полярной станции «Северный полюс-1» в 1937/38 г. С конца 1950-х и до начала 1990-х гг. острова архипелага активно эксплуатировались в интересах различных отраслей науки, экономики и обороны страны.

Согласно отчету АМАП, представленному в Арктический совет в 1997/98 и в 2002 гг., окружающая среда в районе Шпицбергена и ЗФИ имеет самый высокий уровень загрязнения полихлорированными бифенилами (ПХБ) по сравнению с другими регионами Арктики. На территории ЗФИ выделяются несколько зон сложной экологической обстановки. Это о-ва Гофмана, Грем-Белл, Земля Александры, Хейса, Рудольфа и Гукера, на которых в разное время находились объекты Росгидромета, Минобороны и некоторых других ведомств и куда в больших количествах завозились техника, строительное оборудование и ГСМ.

Чтобы иметь более полную картину экологического состояния ЗФИ, Росгидромет совместно с некоммерческой организацией «Фонд полярных исследований» («Полярный фонд») провели в конце августа – начале сентября 2004 г. предварительное обследование о. Грем-Белл. Основной целью проведенных исследований было выявление уровня содержаний ПХБ в почвах и в технических жидкостях, находящихся в бочках и цистернах. По результатам обследования подготовлен отчет, в котором отмечено, что основными загрязнителями окружающей среды являются пустые или заполненные бочки с ГСМ. Кроме бочек здесь имеется множество цистерн (тоже пустых или заполненных), где хранился запас ГСМ в межнавигационный период, а также трубопроводы от берега к самим базам, брошенная техника и различные строения.

Проведенные работы выявили наличие ПХБ практически во всех пробах почвы, отобранных на обследованной территории. При этом в 30 % образцов почв суммарные концентрации ПХБ превышали ПДК, в некоторых случаях – более чем в 5 раз. Общее содержание ПХБ в пробах технических жидкостей колебалось от 0,4 до 400 нг/л и более (т.е. разница превышает три порядка). В отчете также отмечено значительное загрязнение территории остатками нефтепродуктов. Однако конкретные цифры не приведены, так как оценка загрязнения нефтепродуктами не входила в задание группы.

Международный проект. В докладе «Обновление перечня экологических «горячих точек» в российской части Баренцева региона: предложения по экологически значимым инвестиционным проектам», подготовленном НЕФКО/АМАП по поручению Киркенесской встречи на высшем уровне Баренцева Евро-Арктического Совета в январе 2003 г., ЗФИ названа предметом особой тревоги и выделена в перечне горячих точек и приоритетных проектов (проект № А 7-2).

Стартовавший в июле 2005 г. проект «Российская Федерация: поддержка национального плана действий по защите арктической морской среды» (проект НПД-Арктика) подготовлен при содействии Глобального экологического фонда и Программы ООН по окружающей среде. Министерство экономического развития и торговли РФ определено в качестве исполнительной организации. В рамках этого проекта в 2007 г. проведены конкурсы на выполнение ряда демонстрационных проектов, предусмотренных планом действий Проекта НПД-Арктика и утвержденных Управляющим комитетом (*http://www.npa-arctic.ru*). «Полярный фонд» выиграл конкурс на осуществление проекта «Восстановление окружающей среды в районе снятых с эксплуатации военных объектов» и сразу же приступил к его реализации. Из всего многообразия островов в качестве объекта для данного проекта выбран о. Земля Александры. Этот выбор обусловлен:

Объем работы на будущее

– представительностью данной территории с точки зрения количества и состава загрязнений, в частности наличием множества бочек и цистерн с ГСМ и их остатками, что необходимо для практической отработки технологии очистки арктических островов и побережья от подобных загрязнений;

– благоприятным географическим расположением – он находится на западной границе ЗФИ и сравнительно легко доступен практически круглый год без ледокола;

– наличием необходимой для проведения работ инфраструктурой.

Подготовка экспедиции. Представители «Полярного фонда» совершили рекогносцировочную поездку на о. Земля Александры. Территория вокруг выбранного объекта – типичная арктическая пустыня: почвенного покрова нет, каменистый грунт местами покрыт лишайниками, а в понижениях рельефа из-за переувлажнения – водорослями. По снимкам из космоса и аэрофотосъемке с вертолета, в районе выбранных под очистку площадок и на берегу у рейдовой стоянки находится не менее 2 млн бочек и несколько сотен цистерн. От объекта к берегу (на расстояние примерно 5 км) в свое время было проложено множество трубопроводов, ныне не действующих. Кроме бочек, цистерн и трубопроводов имеется большое количество сломанной и разбитой техники, в том числе несколько самолетов, и бытовой мусор. По результатам поездки «Полярный фонд» выбрал необходимое оборудование и материалы для производства работ по демонстрационной реабилитации участка территории.

Для выполнения демонстрационного проекта заказано соответствующее оборудование:

– гидравлический пресс,

– аппарат высокого давления (мойка с подогревом воды),

– система очистки воды,

– мини-трактор,

– бензогенераторы на 220 В,

– насосы для перекачки ГСМ,

– биопрепараты «Деворойл» и «Петро-Трит» для бактериального разложения нефтепродуктов в почве после механической очистки территории,

– мини-культиватор.

Для доставки оборудования, материалов и экспедиционного отряда было задействовано НЭС «Михаил Сомов» Северного УГМС. «Полярный фонд» оплатил расходы по частичной аренде судна и использованию вертолета в погрузочно-разгрузочных работах и в качестве транспортного средства для отбора проб на загрязнение на островах ЗФИ.

Предложена следующая схема работ по очистке территории:

– выгрузка материалов и оборудования с НЭС «Михаил Сомов» на объект на о. Земля Александры;

– выбор одного или двух участков, подлежащих очистке, общей площадью не более 1 га;

– расконсервация и монтаж оборудования (одновременно с выбором участков) и подготовка рабочей площадки;

– сбор первой партии пустых бочек и хозяйственного мусора и доставка его на рабочую площадку (в это время продолжается монтаж оборудования и подготовка насосов для откачки ГСМ в емкости в возможной близости от демонстрационных участков);

– отбор проб почвы для количественного определения загрязняющих веществ;

– мойка пустых бочек реагентами;

– прессование вымытых бочек;

– регенерация использованной воды с помощью системы очистки воды;

– сбор следующих партий бочек, откачка остатков ГСМ в приемные емкости;

– мойка, прессование и упаковка пустых бочек, складирование хозяйственного мусора;

– подготовка очищенных участков (культивирование) к внесению биопрепаратов;

– внесение биопрепаратов и удобрений на части участка и укрытие обработанных площадок «дышащим» полиэтиленом;

– консервация оборудования, оставляемого на объекте, и упаковка материалов и оборудования для погрузки на НЭС «Михаил Сомов».

На всю работу вместе с выгрузкой экспедиции и погрузкой обратно на НЭС отводилось только 7 сут.

Производство работ. Отряд, выполнявший работы по демонстрационному проекту, состоял из восьми человек, среди которых представитель ГОИН Ю.С.Лукьянов, представитель проекта ЮНЕП/ГЭФ НПД-Арктика С.Б.Тамбиев. Пробы на загрязнение почвы и на наличие остатков жидкостей, содержащих ПХБ, в брошенной технике и емкостях отбирали сотрудники ААНИИ под руководством Н.В.Кубышкина.

Очистку территории старались выполнять по запланированной схеме, однако, по независящим причинам, произошло множество изменений. Порядок работ сохранялся полностью. Работы по очистке территории начались утром 17 сентября.

Собрав первую партию бочек и откачав остатки жидкостей в приемные емкости, их доставили на рабочую площадку для мойки. Во избежание загрязнения почвы на рабочей площадке, мойка бочек производилась в деревянных поддонах, обшитых полиэтиленом. В процессе мойки выяснилось, что пистолет моечного агрегата неудобен для мойки бо-

чек. Для мытья верхней части бочки, прилегающей к заливочному отверстию, ее необходимо переворачивать, в результате на мойку одной бочки тратится 15–20 л промывочной жидкости (воды с реагентом). При дефиците воды такие ее траты слишком расточительны. Из-за низкой температуры (в период работы она достигала ночью –3 °С) остатки воды замерзают в сопле и трубопроводах. Высушить трубопроводы без полной разборки мойки невозможно. Возникает риск выхода мойки из строя в результате разрыва трубопроводов. Аналогичное замечание относится к системе очистке воды.

Гидравлический пресс для сплющивания бочек испытывался на заводе-изготовителе «Точная механика» в Москве. 200-литровая бочка превращалась в блин высотой 14 см за 23 с. Однако пресс испытывался на современных бочках. Подавляющее большинство тары из-под ГСМ на объекте – это старые армейские стальные бочки с толщиной стенок порядка 2 мм и тремя ребрами жесткости. Как написано в полевом отчете, при попытке прессовать эти бочки «видимых изменений не произошло».

Очистив от бочек и другого мусора достаточную площадь, приступили к культивации участка. Миникультиватор выдержал менее 4 ч непрерывной работы, после чего полностью вышел из строя. Почва с таким количеством камней не предназначена для культивации. Площади культивированного участка хватило для внесения половины биопрепарата «Деверойл». Остальную часть биопрепарата «Деверойл» и биопрепарат «Петро-Трит» вносили на некультивированные части участка. До внесения биопрепаратов в почву были отобраны пробы на загрязнение.

После внесения биопрепаратов примерно половина обработанных площадей была укрыта дышащим полиэтиленом. Через год можно будет сравнить результативность очищающей способности биопрепаратов в открытом и укрытом грунте.

Работы по реабилитации территории продолжались немногим менее 4 сут.

Краткие итоги и выводы. Очищено от бочек и мусора два полигона. Всего складировано 218 бочек: на полигоне № 1 – 77 (24 вымыто и 6 спрессовано), на полигоне № 2 – 141 (7 вымыто и 5 спрессовано).

Проведена культивация почвы, на полигоне № 1 она обработана препаратом «Деворойл», внесены удобрения, укрыт «дышащим» полиэтиленом участок площадью 0,018 га; препаратом «Петро-Трит» обработан и укрыт «дышащим» полиэтиленом участок площадью 0,032 га.

Отобрано восемь проб на определение загрязняющих веществ.

Приобретенный пресс невозможно использовать для прессования имеющихся на о. Земля Александры бочек из-за недостаточного усилия, оказываемого им на бочки.

Аппарат для мойки и систему водоочистки фирмы «Kärcher» невозможно использовать на открытом воздухе из-за температурных условий на о. Земля Александры. Кроме того, сопло мойки не предназначено для мытья закрытых объемов, в частности бочек. Грунт на о. Земля Александры не подлежит культивации из-за очень большого содержания в нем камней.

Поставленные задачи в отпущенные для работы сроки (четыре неполных рабочих дня вместо запланированных семи) и при существующих условиях (невозможность использования пресса, частичная непригодность мойки, структура грунта и др.) выполнены полностью.

Несмотря на весьма скромный результат, общий вывод о возможности реабилитации территорий ЗФИ, загрязненных отходами хозяйственной деятельности, положительный.

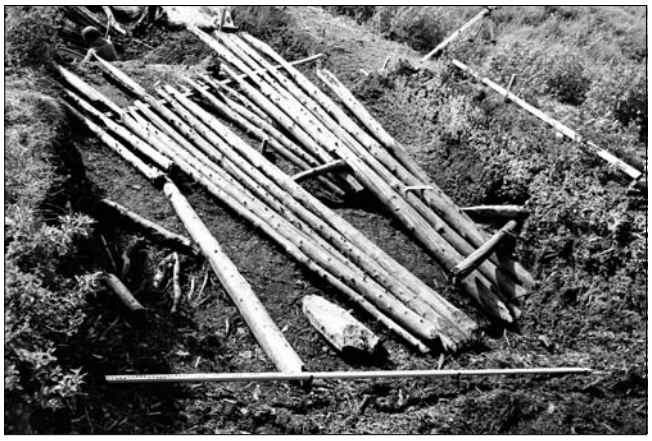
До начала полномасштабных работ по очистке территорий полярных островов и побережий следует выполнить еще один-два демонстрационных проекта для точного расчета количества и номенклатуры необходимого оборудования, а также состава экспедиционного отряда.

Для сплющивания бочек нужен более мощный пресс. Определить необходимое усилие можно по бочкам, специально привезенным в Москву с о. Земля Александры. Вместо мойки бочек, вероятно, следует применять обжиг, тем более что остатков дизельного топлива, бензина и т.п. на территориях, подлежащих реабилитации, в избытке. При высокой температуре и дополнительном воздушном поддуве нефтерподукты сгорают без образования токсичных отходов. Следует разработать технические требования на создание такой печи. Также надо разработать систему погрузки металлолома на суда. Вероятно, наилучший вариант – ленточный конвейер с достаточной стрелой выноса.

«АНТРОПОГЕННЫЙ ФАКТОР И СРЕДА: ИСТОРИЯ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ДРЕВНОСТИ ДО XIX в.»: РАБОТЫ В ЯМАЛО-НЕНЕЦКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ В РАМКАХ ПРОЕКТА МПГ 2007/08

Н.В.ФЕДОРОВА (Ямало-Ненецкий окружной музейно-выставочный комплекс им. И.С.Шемановского)

Основная цель проекта – изучение истории формирования систем хозяйственной и культурной адаптации человеческих коллективов к нестабильным условиям природной среды Крайнего Севера Западной Сибири; создание тем самым научной базы для разработки мер по сохранению традиционных типов хозяйства, повышению качества жизни коренного населения. Создание на примере одного региона – Крайнего Севера Западной Сибири – модели формирования и разви-



Фрагмент деревянного частокола XV века.
Войкарский городок

тия традиционной экономики и культуры у коренных малочисленных народов циркумполярной зоны планеты.

Естественно, сформулированные таким образом цели отражают самое общее направление исследований творческого коллектива. Конкретное воплощение они находят в комплексном (мультидисциплинарном) исследовании археологических памятников севера Западной Сибири по трем базовым направлениям, а именно:

1. Древнее святилище Усть-Полуй как средоточие проявлений систем культурной и хозяйственной адаптации в эпоху раннего железного века.

2. Феномен западносибирских городков эпохи средневековья и нового времени на примере Войкарского городка (XIV–XVIII вв.) и его округи.

3. Становление кочевой оленеводческой культуры в тундре п-ова Ямал.

Первое направление: древнее святилище Усть-Полуй. Исследования археологического памятника, имеющего сложное наименование «городище (жертвенное место) Усть-Полуй», ведутся си-

На раскопках средневековой стоянки Юнета-яха III.
2006 г.

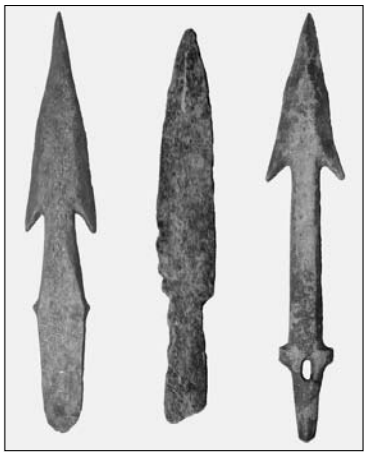
лами творческого коллектива, объединенного вокруг Ямальской археологической экспедиции с 1993 г. по настоящее время. Памятник был открыт в 1932 г., неоднократно исследовался и до нас. Наши предшественники В.С.Адрианов, В.Н.Чернецов, В.И.Мошинская определили общую дату, его место в ряду культур эпохи раннего железного века, позиционировали его важность как феномена многочисленных проявлений древней духовности. Ставился вопрос о происхождении населения, оставившего этот памятник (Л.А.Чиндина, К.Моберг), его связях с другими территориями (Х.Ларсен, Ф.Рейни). Наши работы, проведенные до 2006 г., позволили сделать некоторые важные выводы. Во-первых, была уточнена дата основного слоя Усть-Полуя на основе дендрохронологического метода – I в. до н.э. Во-вторых, стало возможным представить общий климатический фон этого времени – более теплый, чем современный. В-третьих, результаты наших полевых работ позволили определить основную функцию памятника как крупного, возможно, межплеменного святилища, тогда как наши предшественники считали его поселением (городищем), на котором совершались некоторые религиозные церемонии. Наконец, в-четвертых, комплексные исследования материалов Усть-Полуя позволили поставить вопрос о возникновении транспортного оленеводства в регионе не позднее 1 в. до н.э., что существенно удревнило время появления этой отрасли хозяйства.

За 2006 и 2007 гг. получены новые данные, которые, с одной стороны, подтвердили выводы, сделанные в прошлый период времени, с другой – вызвали новые вопросы, ответы на которые мы надеемся получить после обработки всех материалов, в том числе коллекций из раскопок 1935–1936 гг., хранящихся в Музее антропологии и этнографии (Кунсткамере) РАН в Санкт-Петербурге.

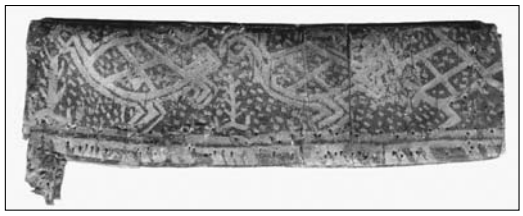
За два последних полевых сезона открыты культовые сооружения – настилы и рамы из дерева с выкладками из костей животных, орудий труда и оружия, имеющие аналогии в культовой практике современных северных ханты. Было зафиксировано несколько комплексов-выкладок из частей вооружения (наконечников стрел, фрагментов доспехов). Преднамеренное расположение некоторых, типологически наиболее «древних» костяных наконечников стрел, воткнутых под углом к древней поверхности, также вызывает в памяти аналогичные действия современных обских угров (ханты и манси), стреляющих из лука при приближении к особо почитаемым святилищам. В совокупности с ранее полученными результатами эти новые наблюдения позволяют с уверенностью полагать Усть-Полуй святилищем, имеющим огромное значение для населения достаточно большой территории Нижнего Приобья.

В полевых сезонах 2006–2007 гг. нами были зафиксированы остатки цветной металлобработки на памятнике, что не противоречит выводу о его куль-

товом назначении. Остатки эти, с одной стороны, свидетельствуют о довольно примитивном характере действий с металлом, с другой, дают образцы изделий, моделей для отливок и даже форм весьма совершенных по качеству.



Наконечники стрел (кость), Усть-Полуй, I в. до н.э.



Берестяные ножны с изображением трех глухарок (эпоха средневековья). Войкарский городок

Ложка с изображением головы хищной птицы на рукояти (кость), Усть-Полуй, I в. до н.э.

Важный вопрос, который мы пока только ставим: что значат эти разные по уровню совершенства остатки? Разный уровень мастеров? Разные технологии, применяемые в разных обстоятельствах, связанных с какими-то религиозными действиями? Или расширение округи притяжения святилища, на которое попадали как люди, профессионально умевшие обращаться с металлом, так и те, для кого это было лишь особым видом культовой практики? Ответ на этот вопрос, очевидно, даст новое знание в рамках поставленной в цели проекта проблемы.

Трасологические исследования костяных и каменных артефактов из коллекций Усть-Полуя ведутся нашим коллективом уже много лет, результаты их в значительной степени способствуют основательности наших выводов, но в 2007 г. впервые были проведены полевые экспериментально-трасологические работы. На раскопках в составе международной группы были специалисты из Института истории материальной культуры (ИИИМК РАН) и Музея антропологии и этнографии (Кунсткамера) РАН (Санкт-Петербург), а также университета Ла Сапиенца (Рим, Италия).

Работы проводились с учетом научно-исследовательских задач по совместному проекту МВК им. И.С.Шемановского и МАЭ (Кунсткамеры) им. Петра Великого и проекту ICRG Project (Infrared spectroscopy analyses of archaelogical tools) в рамках международной программы FTIR (Infrared spectroscopy archaeometrical technique), поддержанной Фондом Wenner Gren Project. Международный коллектив ставил перед собой три группы задач:

– первая затрагивала проблемы реконструкции технологии производства орудий, оружия, бытовых и сакральных предметов;

– вторая связана с определением функционального назначения отдельных вещей и комплексов, найденных на памятнике Усть-Полуй, что в дальнейшем поможет воссоздать, реконструировать разные занятия его обитателей (хозяйство, быт, военное дело, обряды);

– третья развивает собственно экспериментально-трасологический метод, расширяет его возможности, как за счет увеличения количества материалов, так и за счет интеграции его с методами других научных дисциплин (FTIR-анализ, сравнительная трасология археологических и этнографических предметов). Третья группа задач направлена в конечном счете на более успешное решение двух первых.

Всего участниками работ было проведено девять различных экспериментов, взяты пробы для FTIR-анализа, в настоящее время ведется обработка полученных данных.

Второе направление: западносибирские городки на примере Войкарского городка XIV–XVIII веков. Эпическая традиция обских угров постоянно упоминает городки как резиденции обских князей (богатырей) и их дружины. Из них начинались походы, их брали после осады, их укрепляли частоколом и рвом и т.д. Г.Ф.Миллер в своем труде упоминает более десятка таких городков. После него этот феномен неоднократно обсуждался в научных и научно-популярных работах, источником которых был, как правило, все тот же героический эпос. А.В.Головнев, суммируя сведения об этих укрепленных поселениях, пишет: «В двух способах защиты: возведении крепости на открытом месте (обычно высоком берегу реки) или сокрытии поселения в низине выражен военный статус жителей. Поставить городок на мысу мог себе позволить богатырь, способный отразить прямое нападение врагов, укрыться в низине тот, кто предполагал наличие в округе более сильных соперников». Естественно, что героический эпос как жанр отражает прежде всего военную тематику в жизни общества, меньше всего в его сюжетах затронуты повседневная жизнь, ремесла и торговля.

В последнее десятилетие началось археологическое изучение «обских городков», хотя пока стационарным раскопкам и последующему изучению подверглись всего четыре таких памятника, включая и Войкарский городок. От «обычных» археологических поселений они отличаются наличием искусственно-мерзлого культурного слоя, способствующего сохранению всей массы строительных деталей и артефактов, в том числе изготовленных из материалов, обычно не встречающихся в раскопках: деревянных, берестяных, кожаных и т.д.

Исследования Войкарского городка ведутся с 2003 г. Собственно памятник представляет собой

холм высотой 7 м, расположенный на низком пойменном полуострове, образованном обской протокой и руслом ручья. Пока раскопана небольшая часть его, и наши выводы еще далеко не окончательны. Но некоторые важные элементы жизни и деятельности его населения удалось зафиксировать. Так, выделено шесть строительных горизонтов, включающих в себя жилые конструкции, настилы – тротуары, фрагменты оборонительных сооружений. Самый нижний из раскопанных к настоящему времени слоев датируется началом XIV века, самый верхний – концом XVIII – началом XIX века. Все даты установлены по дендрохронологическому методу.

На основании изучения коллекций артефактов из раскопок сделан вывод об общей традиции в материальной и художественной культуре населения городка с XIV по XVIII век. Орнаменты в целом аналогичны орнаментике подобных памятников и современным орнаментам северных ханты, что важно для понимания процессов формирования художественной культуры в регионе.

Прослежен переход строительных традиций от так называемых каркасных построек с шатровым перекрытием и открытым очагом в центре к срубным жилищам с очагом-чувалом в углу. Эта смена произошла, по нашим данным, между XIV и концом XVI века. В 2007 г. нам удалось выяснить, как утеплялись стены каркасных домов. Вокруг всего жилища сооружался плетень, промежуток между стеной и плетнем засыпался отходами деревообработки, мхом, землей, что создавало довольно мощную систему, непроницаемую для ветра. В результате работ, проведенных в 2007 г., были поставлены еще три вопроса, которые могут стать своего рода краеугольными камнями в реконструкции исторического процесса в этом регионе.

Во-первых, вопрос о назначении городков. Всегда ли появление «городка» было связано с «военным статусом» жителей, наличием князя и его дружины? Огромное количество отходов деревообработки, изделий из дерева и их фрагментов, небрежение к оборонительным сооружениям, заметное с конца XVII века, наконец, расположение городка на удобном для торговли месте – все это заставляет предположить, что главным занятием населения было ремесло, а не война или грабительские набеги.

Второй вопрос тесно связан с первым: представляется вполне вероятным, что в понятие «городки» включены разные по назначению поселения, а именно, резиденция «князя» с дружиной, ремесленно-торговый центр, возможно, еще какое-нибудь иное.

Наконец, третий вопрос: каким образом формировалась округа Войкарского городка, существовали ли здесь одновременные ему поселения, какова «историческая база» этой округи?

Разведочными изысканиями, проводившимися ЯАЭ в начале 1990-х гг., выявлено несколько как средневековых, так и более ранних памятников на р. Войкар и берегах озера Войкарский сор. Но полное обследование этого района еще далеко от завершения.

Третье направление – становление оленеводческой культуры на п-ове Ямал. Работы по этому направлению наиболее затратны в проведении экспедиций, поэтому нам приходится следовать необходимости проведения экспертных работ на территориях строящихся или проектируемых объектов. Это имеет свои плюсы и минусы. Плюсы таких работ в том, что проводится полное, детальное обследование района, например, Бованенковского газоконденсатного месторождения. Минусы же в необходимости вести раскопки памятников, которым угрожает неминуемое разрушение, а не тех, которые могут, по нашему мнению, содержать более интересную информацию.

Тем не менее за последние годы, в том числе в 2006 и 2007 гг., на территории Бованенковского ГКМ, вернее, в бассейне рек Нгури-яха, Юнета-яха и Се-яха обнаружено около 20 новых памятников археологии и этнической культуры, некоторые из них подверглись раскопкам, в результате которых подтвердились следующие предположения:

– к северу от р. Юрибей на п-ове Ямал не встречаются памятники ранее V–VI вв. н.э.;

– все памятники представляют собой остатки летних стоянок охотников на оленей или оленеводов.

Важным представляется наблюдение о совпадении многих мест средневековых поселений с остатками стоянок современных ненцев, свидетельствующее, по-видимому, о сходстве их хозяйственных циклов.

В заключение отметим, что работы по проекту ведутся в сотрудничестве с Институтом экологии растений и животных УрО РАН, Музеем антропологии и этнографии (Кунсткамера) РАН и Арктическим центром Лапландского университета (Рованиеми, Финляндия).

60. ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В ПЕРИОД СЕЗОННЫХ ОПЕРАЦИЙ В АРКТИКЕ 2007 И 2008 г. ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ УДАЛЕННОГО ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ СЕВЕРНОЙ ПОЛЯРНОЙ ЗОНЫ

Основные участники и организаторы экспедиции: ААНИИ

ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПОЛЯРНЫХ ЗОН РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКОЙ СИСТЕМЫ ПРОФИЛАКТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Ю.И.СЕНКЕВИЧ
(Институт информатики и автоматизации РАН)

Охрана здоровья людей, работающих и живущих в полярных зонах,– это одно из главных направлений Научной программы участия России в проведении МПГ 2007/08. Конкретно в разделе «Качество жизни населения и социально-экономическое развитие полярных районов» программы указано, что важной целью направления является улучшение качества жизни коренного и пришлого населения, проживающего в отдаленных и труднодоступных районах Крайнего Севера и приравненных к нему регионах за счет обеспечения полноценного медицинского обслуживания населения и снижения риска неблагоприятного воздействия окружающей среды на здоровье людей. Достижение поставленной цели невозможно представить без функционирования системы диспансеризации населения, в настоящее время практически отсутствующей в полярном регионе России. Поэтому начинать надо именно с восстановления системы профилактических осмотров.

Профилактика играет огромную роль в снижении заболеваемости и смертности населения и увеличении продолжительности жизни. Мировой опыт показывает, что основные неинфекционные болезни в значительной степени могут быть предупреждены с помощью превентивных мер, направленных против основных факторов риска. Профилактика заболеваний входит в приоритетные программы охраны здоровья граждан всех государств мира. Доказательством этому служит постоянное участие государств в профилактических проектах Всемирной организации здравоохранения («Информационный бюллетень для руководителей здравоохранения. Документы ВОЗ и международные проекты», выпуск июля 2005 г.).

В России деятельность медицинских учреждений по вопросам профилактики заболеваний регламентируют такие стратегические документы, как Приказ Минздрава РФ № 455 от 23 сентября 2003 г. «О совершенствовании деятельности органов и учреждений здравоохранения по профилактике заболеваний в Российской Федерации» и Концепция охраны здоровья в Российской Федерации (приложение к Приказу Минздрава РФ №113 от 21 марта 2003 г. «Об утверждении Концепции охраны здоровья здоровых в Российской Федерации»). В Концепции, в частности, заявлено: «Анализ состояния проблемы охраны здоровья здоровых в Российской Федерации доказывает ее безусловную актуальность как фактора национальной безопасности и стратегической цели отечественного здравоохранения».

Особую остроту проблемы предупреждения заболеваний приобретают в условиях полярных зон, когда квалифицированная полноценная медицинская помощь оказывается практически недоступной по причине больших расстояний до лечебно-профилактических учреждений. В такие условия высокого риска попадают полярные экспедиции, работающие в Арктике и Антарктике, жители островной и прибрежной части Северного Ледовитого океана. Длительная автономность и экстремальные климатические условия обостряют сложности оказания помощи здесь даже при наличии медицинского специалиста. Ограниченный перечень медицинских приборов и лекарственных препаратов, узкая специализация медицинского персонала или его полное отсутствие выводят задачи охраны здоровья на уровень экстремальных. Однако можно если и не решить проблему оказания медицинской помощи, то, по крайней мере, в значительной мере сократить возможный риск от заболевания. Для этого необходимо решить три задачи:

1) повысить качество медицинских отборочных комиссий,

2) создать мониторинг процесса адаптации и основных показателей здоровья в течение пребывания специалистов в экспедиции,

3) оказать высококвалифицированные консультации на момент обнаружения признаков заболевания или болезни.

Перечисленные задачи можно решить в рамках одной технической системы удаленной профилактики заболеваний. Прежде чем изложить методологию построения такой системы, целесообразно рассмотреть существующую проблему разработки медицинских информационных

систем в масштабе региона и на федеральном уровне.

Отставание отечественного здравоохранения в области профилактики можно компенсировать интенсивным внедрением информационно-коммуникационных технологий. Это положение подтверждено опытом пилотных проектов, реализованных в России. Например, в проекте «Система профилактических мер и здоровье населения России», выполненном в 1997–2001 гг. при поддержке Европейского Сообщества, представлен, в частности, опыт внедрения новых методов мониторинга здоровья населения в регионах России (*http://zdravinform.ru/dev/html/rus/projects/pr_passport.php*). Однако практически все известные российские проекты, связанные с профилактикой и диспансеризацией населения, можно классифицировать как организационно-методические, которые не затрагивают аспектов технической поддержки и решения присущих данному направлению задач. Знакомство с многочисленными источниками в интернете и открытой печати, посвященными разработке медицинских информационных систем (МИС), показывает, что в доступных средствах информации практически нет публикаций, посвященных системному анализу создания технических средств профилактики на базе современных информационных технологий. В частности, большая часть представленных в интернете российских разработок МИС не включают в свой состав средства, предназначенные для профилактики заболеваний, или включают их в качестве факультативных функций (например, проект «ГЛОБУС: Глобальное объединение усилий против СПИДа» 2004–2009 гг.; Медицинские информационные системы: Монография. А.В.Гусев, Ф.А.Романов, И.П.Дуданов, А.В.Воронин. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ).

Интересный опыт теоретических исследований и практической информатизации медицины с включением частных вопросов профилактики заболеваний представлен исследовательским центром медицинской информатики Института программных систем РАН в виде описания интегрированной распределенной медицинской информационной системы «Интерин» (*http://www.interin.ru* или в книге Г.И.Назаренко, Я.И.Гуляева, Д.Е.Ермакова «Медицинские информационные системы: теория и практика» / Под ред. Г.И.Назаренко, Г.С.Осипова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005).

Обзор материалов, освещающих теорию и практику информатизации профилактики заболеваний как научно-практического направления здравоохранения, указывает на недостаточное внимание исследованиям, посвященным данному вопросу. Этот факт подтолкнул специалистов Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН к разработке пилотного проекта, цель которого – создать теоретические основы построения медицинской информационной системы профилактики заболеваний полярных зон и отработать практические алгоритмы дистанционной диагностики. В рамках мероприятий МПГ 2007/08 предполагается охватить следующий круг задач:

– в теории медицинских информационных систем провести системный анализ, сравнение и обобщение основных структур представления МИС, известных моделей удаленного медицинского наблюдения и консультаций;

– определить принципы построения систем дистанционной профилактики заболеваний;

– разработать объектную модель системы удаленной медицинской оценки состояния здоровья пациентов в интересах профилактики заболеваний;

– разработать основные алгоритмы функционирования МИС профилактики в режимах индивидуальной оценки состояния здоровья и оценки состояния здоровья групп населения;

– разработать алгоритм оптимизации управления МИС профилактики заболеваний в условиях ведомственного контроля;

– разработать алгоритмы проведения телемедицинских консультаций в режиме параллельного использования каналов связи с различными свойствами;

– разработать критерии эффективности МИС профилактики заболеваний;

– разработать теоретические основы выделения информационных структур в последовательностях диагностических данных;

– разработать метод и алгоритм выявления логических закономерностей последовательности клинических измерений;

– разработать метод и алгоритм выявления многоуровневых связей между совокупностями логических закономерностей последовательностей клинических измерений;

– исследовать применимость метода экспресс-диагностики на базе алгоритма многоуровневых связей между совокупностями логических закономерностей последовательностей клинических измерений в структуре МИС профилактики заболеваний.

Исследования носят характер прикладных задач, имеющих большое значение для развития практической медицины и в полярных зонах, и на уровне охраны здоровья граждан Севера России. В работе отражен новый взгляд на проблему профилактики населения, она нацелена на теоретическое обоснование целесообразности информатизации системы профилактики как государственного института, описывает исследования в области строительства МИС профилактики, новых путей реализации частных задач обработки данных в интересах выработки оптимальных

решений управления и обеспечения задач охраны здоровья.

Базисом предлагаемых исследований являются работы, выполненные в рамках Федеральной целевой программы «Мировой океан» (подпрограмма «Изучение и исследование Антарктики», направление 2, раздел 5 «Медицинские исследования»; направление 5 раздел 2 «Переоснащение антарктических станций современными системами связи и коммуникаций», *http://south.aari.nw.ru/*).

На выполненном первом этапе (1999 – 2002 гг.) и продолжающемся втором (2003–2007 гг.) этапе в результате многочисленных исследований и экспериментов разработана и создана телемедицинская система Российской антарктической экспедиции. Научные исследования и опыт практической эксплуатации компонентов системы в течение восьми лет позволили сформулировать основные идеи, которые представлены в данной заявке.

Продолжение исследований в настоящее время осуществляется в рамках второго этапа названной ФЦП и будет продолжено на третьем этапе до 2012 г. За это время предполагается разработать и создать действующий макет медицинской информационной системы профилактики, который в качестве составного звена будет включать действующую телемедицинскую систему Российской антарктической экспедиции «Ambulance-Consultant AARI/RAE» как технологическую основу системы контроля адаптации полярников и удаленного мониторинга основных функций их жизнедеятельности. Планируемая серия исследований, в частности, имеет целью поиск путей интеграции и разработки методов профилактического применения телемедицинской системы в качестве телемедицинской системы профилактики, имеющей для медицинской службы Российской антарктической экспедиции принципиальное значение.

Сегодня телемедицина, точнее выражаясь, телемедицинские средства и системы могут стать основой нового научного направления – телемедицинской профилактики. Это положение выделяется как концептуальное. Такие свойства телемедицинских систем, как удаленный мониторинг важнейших показателей жизнедеятельности человека, наработанный опыт подключения экспертного сервиса, оперативность обмена информацией, интеграция с мультимедийными средствами глобальной компьютерной сети, делают телемедицину идеальной платформой для разработки технической платформы системы профилактики. Делая телемедицину базисом современной профилактики заболеваний, здравоохранение получает мощный инструмент, опирающийся на возможности информационно-коммуникационных технологий, отлично зарекомендовавшие себя при организации удаленной медицинской помощи.

Основным результатом представляемого проекта станет совокупность теоретически проработанных материалов. Среди них уже получены частично материалы системного анализа МИС профилактики, в том числе результаты математического моделирования и практических экспериментов, подтвержденные актами испытаний ведущих профилирующих учреждений Санкт-Петербурга.

В ходе исследований предполагается разработать ряд компьютерных программных приложений, включающих в себя базу данных профилактических осмотров и хранения результатов профилактического мониторинга, программу оценки состояния здоровья населения по совокупности основных клинических показателей, программу выделения общностей людей с нарушением состояния здоровья по определенным нозологическим группам, программы унифицированного подключения разнотипных медицинских приборов и сбора разнородной медицинской информации и др.

Главным практическим результатом исследований должна стать опытная виртуальная профилактическая сеть, охватывающая полярные экспедиции и поселения Севера РФ в качестве клиентов с сервисным центром в Санкт-Петербурге, объединяющая экспертными задачами ведущие медицинские учреждения оказания экстренной консультативной помощи Санкт-Петербурга – Балтийский центр телемедицины НИИ скорой помощи им. И.И.Джанелидзе, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины МЧС России, которые выразили свое согласие на участие в совместном проекте.

В результате планируемых исследований в рамках МПГ 2007/08 ожидается получить:

– интегральную Арктическую систему профилактических наблюдений, которая станет составной частью системы социальных наблюдений;

– оценку экономической и социальной эффективности реализации концепции оказания медицинской помощи на территориях с низкой плотностью населения с использованием сменных выездных бригад врачей и современных медицинских технологий;

– комплексную оценку эффективности автоматизированных систем диагностики и системы космической телемедицинской консультативной связи;

– практическую реализацию концепции оказания медицинской помощи на территориях Крайнего Севера с низкой плотностью населения с широким привлечением современных технологий;

– автоматизированную систему профилактического мониторинга, направленную на снижение факторов риска здоровья населения.

РАБОТЫ ЦЕНТРА ПОЛЯРНОЙ МЕДИЦИНЫ ПО ПРОГРАММЕ МПГ 2007/08

В.Н.ШЕПОВАЛЬНИКОВ, Щ.Б.ТЕШЕБАЕВ, В.А.ОНОШКО (ААНИИ)

В соответствии с планом работ, который предусмотрен планом МПГ 2007/08, Центром полярной медицины ААНИИ был выполнен и выполняется в настоящее время ряд экспедиционных работ в различных северных регионах России.

Обследование детского населения в отдаленных и труднодоступных населенных пунктах Республики Саха (Якутия) выполнялось с участием врачей высшей квалификации (двух докторов и трех кандидатов медицинских наук). В результате обследования осмотрено более 1000 детей Булунского и Нижне-Янского района Республики Саха (Якутия). Во время пребывания экспедиции в Тикси был организован медицинский осмотр сотрудников Тиксинской ГМО с применением ультразвукового обследования.

Дана медико-экологическая оценка Тикси и Тиксинской ГМО в целом и в частности оценка соответствия строений Тиксинской ГМО медико-санитарным регламентам, установленным для учреждений гидрометеорологической службы.

Проанализирована возможность организации консультативной медицинской помощи в Якутии и Среднесибирском УГМС с учетом использования систем телемедицинской и радиосвязи.

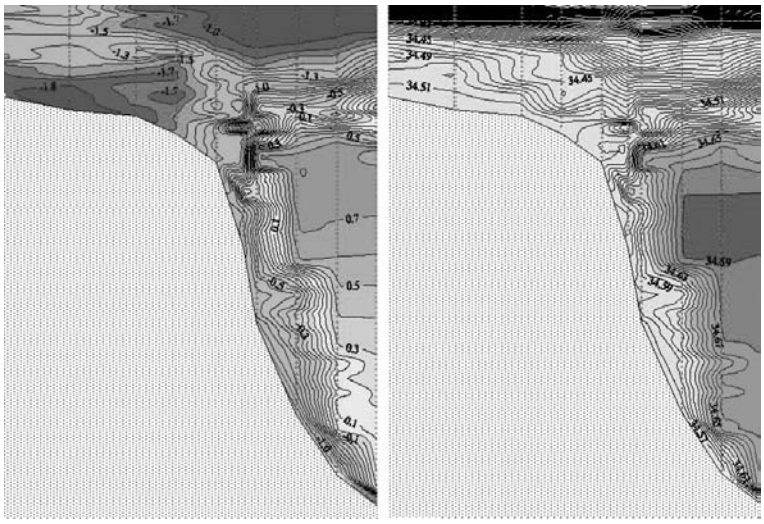
С 10 августа 2007 г. аналогичные работы проводятся в Ямало-Ненецком автономном округе. Более 1000 детей, проживающих в населенных пунктах Харп, Аксарка и Белоярск, осмотрено врачами высшей квалификации (в том числе узкими специалистами). Организованы диспансерные осмотры взрослого населения этих пунктов хирургом-онкологом, кардиологом и гастроэнтерологом с применением средств рентгенологических, кардиографических и ультразвуковых исследований. Эти же специалисты провели диспансеризацию кочующих оленеводов и членов их семей, проживающих в тундре.

В части реализации медико-экологических задач оценивалось содержание тяжелых металлов (хрома, никеля, кадмия, марганца и свинца) в п. Харп, где организовано дробление и складирование хромсодержащих руд. Контрольные исследования проведены в Аксарке и Белоярске. Пробы отобраны на улице и в помещениях, в том числе в детских учреждениях, в растениях и грунте.

Со 2 по 29 ноября экспедиция будет продолжена на НЭС «Михаил Сомов» с выполнением медицинских и медико-экологических задач во время заходов НЭС на полярные труднодоступные станции Росгидромета, где в первую очередь планируется осмотр сотрудников станций и их семей, в том числе детей. Кроме того, будет оценено соответствие строений труднодоступных станций Северного УГМС регламентам, установленным для учреждений гидрометеорологической службы, а также будет проанализирована возможность организации медицинских консультаций с использованием систем телемедицинской связи и радиопомощи.

териковый склон», что является причиной достаточно редкого проведения здесь океанографических работ.

В результате проведенных наблюдений удалось получить подробную картину распределения температуры и солености, на основании которой определить типы водных масс и их характеристики. Получено экспериментальное подтверждение формирования в этом регионе антарктических донных вод, опускание которых проявляется в низких значениях температуры и солености придонного слоя над материковым склоном на разрезе по 70° в.д. Установлено также, что наблюденные донные воды являются результатом смешивания модифицированной циркумполярной глубинной воды с холодными шельфовыми водами, формирующимися в основном на юге залива Прюдс, вблизи шельфового ледника Эймери.



Распределение температуры (слева) и солености (справа) на разрезе по 70° в.д.

Тонкая структура на вертикальных профилях температуры и солености в районе склонового фронта отражает активную роль опускающихся плотных вод в вентиляции (обогащении кислородом) глубинных вод на промежуточных глубинах и в пополнении слоя донных вод, распространяющихся в этот район из моря Уэдделла. Сравнение распределения температуры и солености между разрезами по 70, 64 и 62° в.д. показывает, что интенсивность опускания образующихся антарктических донных вод вниз по материковому склону возрастает в западном направлении, по мере сужения шельфа и увеличения уклона его дна в мористую сторону. Антарктический склоновый фронт на выполненных разрезах выражен в аномально высоких по сравнению с наблюденными в других районах Антарктики горизонтальных градиентах гидрологических параметров в слое 400–800 м. Ширина фронта оценивается в 10 км, по мере смещения на запад в нем заметно возрастают градиенты температуры и солености.

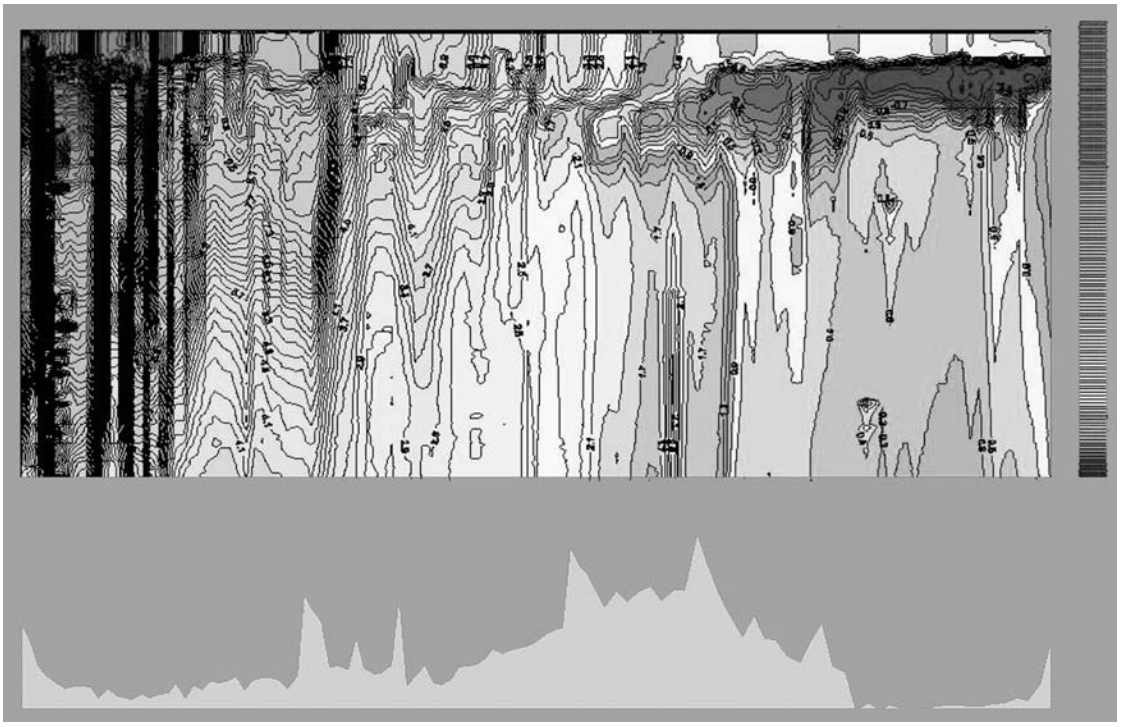
Выполненные исследования – российская часть кластерного проекта МПГ 2007/08 № 8 «Взаимодействие вод антарктического склона и шельфа» (Synoptic Antarctic Shelf Slope Interaction Study – SASSI). В результате выполнения этого проекта, в котором помимо России участвуют Австралия, Бразилия, Великобритания, Германия, Италия, Испания, Китай, Норвегия, США, Франция, Япония, область антарктического склона вокруг всего континента будет покрыта системой разрезов. Российский вклад в этот проект является одним из самых крупных, так как нами запланировано выполнение аналогичных разрезов в разных секторах Южного океана и в сезоны 2007/08 и 2008/09 гг.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЮЖНОГО ОКЕАНА, ВЫПОЛНЕННЫЕ ААНИИ ПО ДВУМ КЛАСТЕРНЫМ ПРОЕКТАМ МПГ В 2008 г.

Н.Н.АНТИПОВ, А.В.КЛЕПИКОВ (ААНИИ)

При помощи отрывных батитермографов (XBT) 9–14 февраля 2007 г. выполнен океанографический разрез из 108 станций от Антарктиды до Африки (35–65° ю.ш., 0–20° в.д.). Этот разрез стал вкладом России в кластерный проект МПГ 2007/08 № 132 «Климат Антарктики и Южного океана» (Climate of the Antarctic and Southern Ocean – CASO), направленным, в частности, на решение задач, поставленных в международных программах CLIVAR (»Климатические изменения») и CLIC (»Криосфера и климат»), а также в национальной подпрограмме «Изучение и исследования Антарктики» ФЦП «Мировой океан».

В рамках указанных международных программ полученные данные используются для определения потоков океанического тепла, в частности через районы межбассейнового обмена, для определения теплосодержания верхнего слоя. Кроме того, при помощи соотношения температуры верхнего слоя океана и динамических высот данные XBT будут использованы для получения выводов о скоростях течений. При решении этой задачи используются данные о возвышении поверхности океана, определенные путем наблюдений с искусственных спутников (спутниковая альтиметрия). Положение разреза соответствует линии таких наблюдений. Регулярное повторение таких наблюдений (не требующих специальных затрат времени, поскольку наблюдения при помощи XBT производятся на ходу судна) позволит получить информацию о межгодовой и сезонной изменчивости расходов течений, а следовательно, и тепло- и водообмена.



Температура верхнего 750-метрового слоя океана на разрезе между Африкой и Антарктидой по данным XBT-зондирования. Внизу показан профиль топографии океанского дна по линии разреза

Исследование структуры и циркуляции вод Южного океана, определение положения основных фронтов и его изменчивости – одна из важных задач океанографии. Наблюдения на разрезе, выполненные с высоким пространственным разрешением (расстояние между зондированиями составляло 15–20' широты), позволили получить подробную картину термической структуры верхнего слоя океана, определить положение и некоторые характеристики фронтов и границ Антарктического циркумполярного течения и примыкающих циркуляционных систем – субполярного круговорота Уэдделла на юге разреза и течения Агульяс на севере.

Северной границей Южного океана принято считать субтропический фронт (СТФ), разграничивающий поверхностные субтропические и поверхностные субантарктические воды.

С точки зрения общей схемы крупномасштабной циркуляции и распределения водных масс акваторию Южного океана можно разделить на три области:

1) АЦТ;

2) субантарктическую между АЦТ и СТФ, где взаимодействуют воды АЦТ и субтропических круговоротов;

3) субполярную, расположенную между АЦТ и берегом Антарктиды.

В пределах АЦТ установлены три фронта, к которым приурочены основные струи потока:

1) субантарктический (САФ),

2) антарктический полярный (АПФ),

3) южный (ЮФ).

Выполненный разрез практически полностью пересекает все основные зоны Южного океана, достигая на севере области субтропического круговорота. Южная оконечность разреза находится вблизи основания материкового склона.

Фронты (и фронтальные зоны) являются областями обострения горизонтальных градиентов свойств. Как видно из рисунка, наиболее ярко зоны повышенных градиентов температуры выражены для субтропического и субантарктического фронтов. Эти фронты прослеживаются в пределах всего 750-метрового слоя вод. Полярный и южный фронты и южная граница АЦТ также выделяются в распределении горизонтальных градиентов температуры, однако менее ярко и с разной степенью выраженности по глубине.

Обострения горизонтальных градиентов, не связанные с указанными фронтами, являются отражением мезомасштабных образований – меандров и вихрей. На севере разреза, в субантарктической и субтропической областях, увеличение наклона (и изменение его знака) изотерм связано с меандрированием потоков, в частности с разворотом течения Агульяс.

В области круговорота Уэдделла хорошо выражены вихревые образования. Их формирование связано с взаимодействием потока теплого противотечения Уэдделла и поднятия Мод, северо-западный склон которого виден в профиле дна океана южнее 64° ю.ш. Эти вихри переносят теплую воду. Выполненные наблюдения позволяют оценить размеры вихревых образований. Очевидно, что предполагаемое регулярное выполнение разреза позволит получить уникальную информацию об изменчивости положения и характеристик фрон-

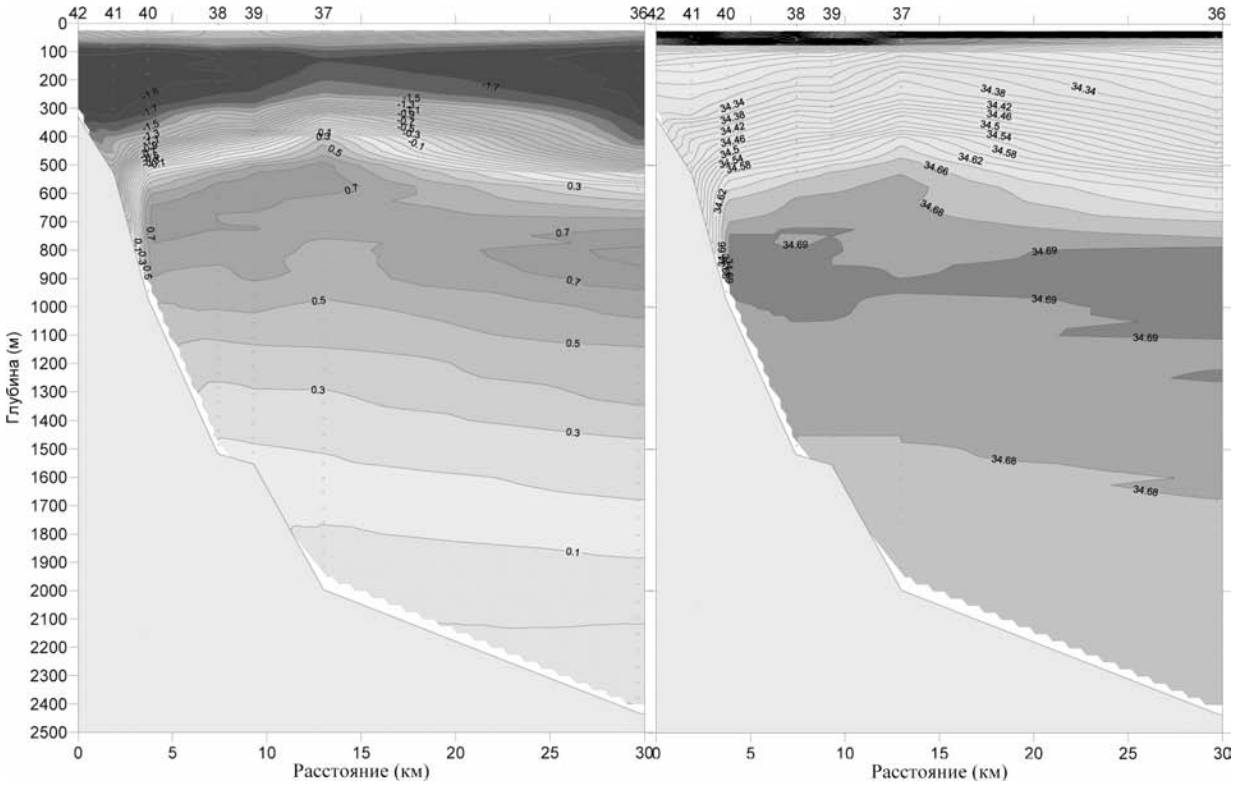
тов в этом важном с точки зрения влияния на режим всего Южного (и Мирового) океана районе.

С 20 по 22 февраля выполнен океанографический разрез в море Рисер-Ларсена. Разрез, состоящий из 13 станций, проходит по меридиану 15° в.д. от 65° до 69°15' ю.ш. и является российским вкладом в кластерный проект МПГ 2007/08 № 8 «Взаимодействие вод антарктического склона и шельфа» (Synoptic Antarctic Shelf Slope Interaction Study – SASSI).

Разрез расположен на западе моря Рисер-Ларсена, в области восточного склона подводного хребта Астрид. Этот район выделяется крайне узким шельфом, берег представлен шельфовым ледником Лазарева. Данных наблюдений о структуре и характеристиках вод прибрежного района крайне мало. В частности, недостаточно данных о локальных характеристиках антарктического склонового фронта (АСФ) – достаточно узкой области повышенных горизонтальных градиентов температуры, солености и других океанологических характеристик. Этот фронт разделяет холодные и относительно пресные воды верхней части материкового склона и наблюдаемые мористее более теплые и соленые глубинные воды, которые переносятся сюда с южной периферии Антарктического циркумполярного течения.

В результате проведенных наблюдений удалось получить подробную картину распределения температуры и солености, на основании которой определить типы водных масс и их характеристики, параметры склонового фронта. В частности, в данном районе не обнаружено признаков формирования антарктической донной воды и активного охлаждения циркумполярной глубинной воды, температура которой в непосредственной близости от бровки шельфа превышает 0,7 °С. В этом отношении полученная картина принципиально отличается от обнаруженной на разрезах в море Содружества, выполненных месяцем ранее в рамках этого же кластерного проекта МПГ и описанных в № 3 Бюллетеня МПГ 2007/08. Там было зафиксировано формирование донных вод и вентиляция глубинных вод.

Выполнением этого разреза были завершены океанографические исследования по проектам МПГ 2007/08 в 2007 г. Исследования Южного океана по проектам МПГ были продолжены в 2008 г.



Потенциальная температура и соленость в области шельфа и материкового склона на разрезе по 15° в.д.

61. ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО ОКЕАНА

Основные участники и организаторы экспедиции: ААНИИ

ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МОРЕ СОДРУЖЕСТВА В РАМКАХ МПГ 2007/08

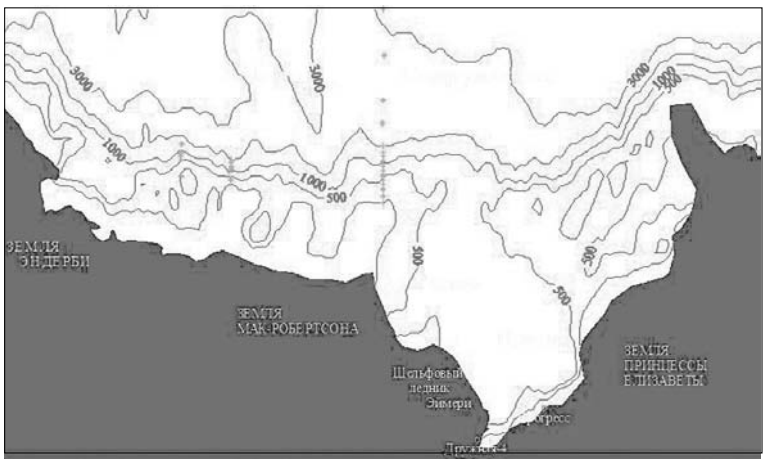
Н.Н.АНТИПОВ, А.В.КЛЕПИКОВ (ААНИИ)

Российские океанографические исследования в Южном океане по программам МПГ 2007/08 начались в рамках 52-й РАЭ еще до официального начала МПГ 2007/08. С 17 по 21 января 2007 г. флагман полярного флота НЭС «Академик Федоров» выполнило три меридиональных океанографических разреза (по 62, 64 и 70° в.д.) в восточной части моря Содружества. Всего выполнено 29 зондирований от поверхности до дна океана зондом SeaBird 911+.

Эти разрезы выполнены в рамках российского проекта МПГ «Океанографические исследования в антарктической зоне Южного океана» и стали вкладом в работы по подпрограмме «Изучение и исследование Антарктики» ФЦП «Мировой океан».

Регион, являющийся объектом исследований в данном проекте, играет важную роль в формировании режима вод и льдов не только Южного, но и Мирового океана. На антарктическом шельфе и материковом склоне формируются и достигают абиссальных глубин наиболее холодные и плотные антарктические донные воды, оказывающие существенное влияние на глобальную структуру и меридиональную циркуляцию вод Мирового океана. Эти воды, занимающие самый нижний слой океана, растекаются по дну на север вплоть до умеренных широт Северного полушария. Изменчивость скорости формирования антарктических донных вод влияет на изменение интенсивности меридиональной циркуляции, и, в конечном счете, на изменения климата.

Основной район формирования донных вод – море Уэдделла. Однако установлены и другие регионы вблизи побережья Антарктики, где в несколько меньших масштабах происходит образование донных вод. Один из них – море Содружества и занимающий значительную часть его шельфа залив Прюдс.



Расположение океанографических разрезов

Получение экспериментального подтверждения факта формирования здесь донных вод, определение их характеристик и параметров их временной изменчивости – одна из основных задач экспедиции.

Одним из главных элементов структуры вод этого района является антарктический склоновый фронт – достаточно узкая область повышенных горизонтальных градиентов температуры, солености и других океанологических характеристик. Этот фронт разделяет холодные и относительно пресные воды верхней части материкового склона и наблюдаемые мористее более теплые и соленые глубинные воды, которые переносятся сюда с южной периферии Антарктического циркумполярного течения. Процессы в области фронта играют важную роль в формировании и трансформации антарктических водных масс, а получение информации о региональных особенностях его структуры и характеристик является одной из актуальных задач экспедиционных исследований Южного океана.

Относительно малые пространственные масштабы объектов, связанных с формированием и сползанием по склону холодных и плотных вод, требуют адекватных расстояний между станциями на разрезах. С этой точки зрения выполненные в январе 2007 г. разрезы уникальны в первую очередь редко встречающимся в практике экспедиционных исследований района «антарктический шельф – материковый склон» близким расположением станций (точек зондирования) на разрезах (в зависимости от крутизны дна материкового склона расстояние между точками зондирования уменьшалось до 2 км).

В результате получена достаточно точная информация о горизонтальном размере и структуре антарктического склонового фронта и о потоках в придонных слоях, имеющих небольшой горизонтальный масштаб. Достаточно точное определение вертикальных границ между водными массами обеспечено высокой разрешающей способностью и высокой точностью измерений используемого зондирующего комплекса.

Необходимо отметить сложные гидрометеорологические условия, в которых выполнялись наблюдения. Так, значительная часть станций сделана в дрейфующих льдах сплоченностью до 9–10 баллов и концентрацией айсбергов до 8 баллов. Подобные сложные ледовые условия практически в течение года складываются в большинстве районов Антарктики в области «шельф – ма-

ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО ОКЕАНА

В.В.САПОЖНИКОВ
(ВНИИРО)

В 2007 г. сотрудники Института физики атмосферы им. А.М.Обухова (ИФА РАН) принимали участие в следующих экспедициях, проводившихся в рамках МПГ 2007/08:

1) сезонные работы 52-й РАЭ. Станции Беллинсгаузен и Новолазаревская, октябрь 2006 – март 2007 г.;

2) комплексная экспедиция «Арктика-2007» на НЭС «Академик Федоров», 3 этап, сентябрь 2007 г.;

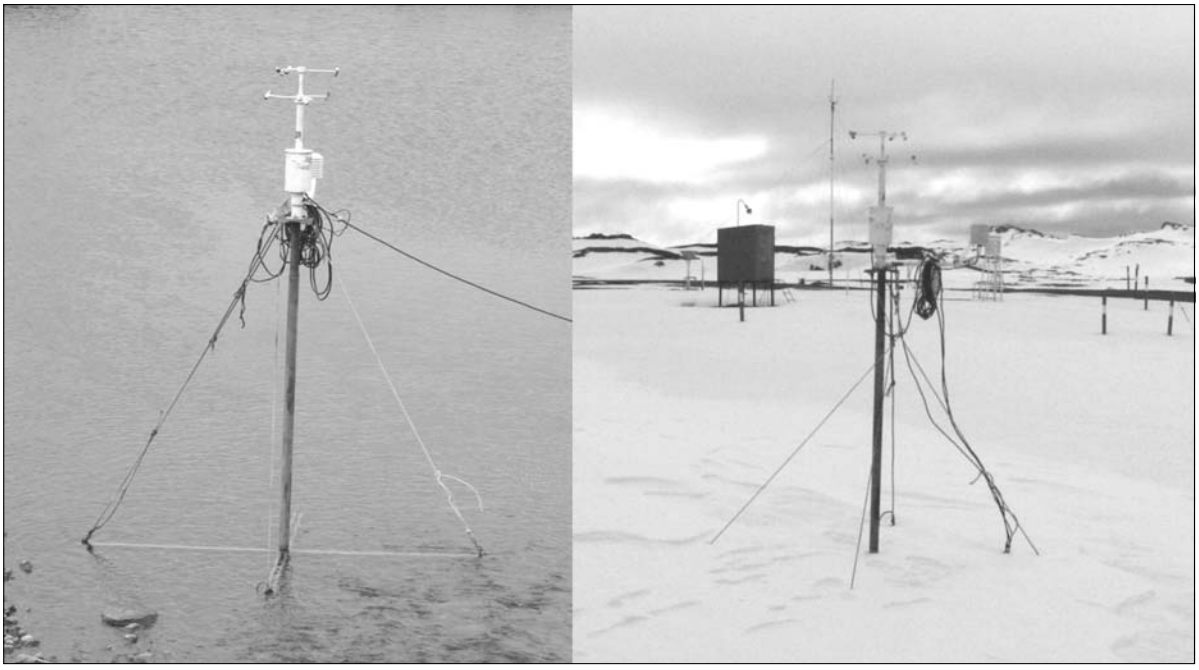
3) российско-американская экспедиция NABOS-АВЛАП-2007, НИС «Виктор Буйницкий», сентябрь–октябрь 2007 г.

Основная цель исследований, проводимых на антарктических станциях ,– получение экспериментальных данных о взаимодействии атмосферы с подстилающей поверхностью на различных пространственных и временных масштабах. Одна часть исследований состоит в изучении влияния структурных и температурных неоднородностей подстилающей поверхности на энергообмен в приземном слое атмосферы и определении связи турбулентных потоков тепла и количества движения со свойствами подстилающей поверхности. Для этого проводятся измерения турбулентных потоков тепла и импульса, а также ведется мониторинг состояния поверхности контактными и дистанционными методами. Другая часть исследований состоит в получении экспериментальных данных о взаимодействии ветрового потока с орографией и о структуре пограничного слоя атмосферы над неоднородной подстилающей поверхностью при помощи акустического локатора. Полученные экспериментальные данные позволяют провести исследование вертикальной структуры турбулентности в условиях катабатических ветров, улучшить понимание механизмов турбулентного обмена между атмосферой и подстилающей поверхностью в условиях полярного лета.

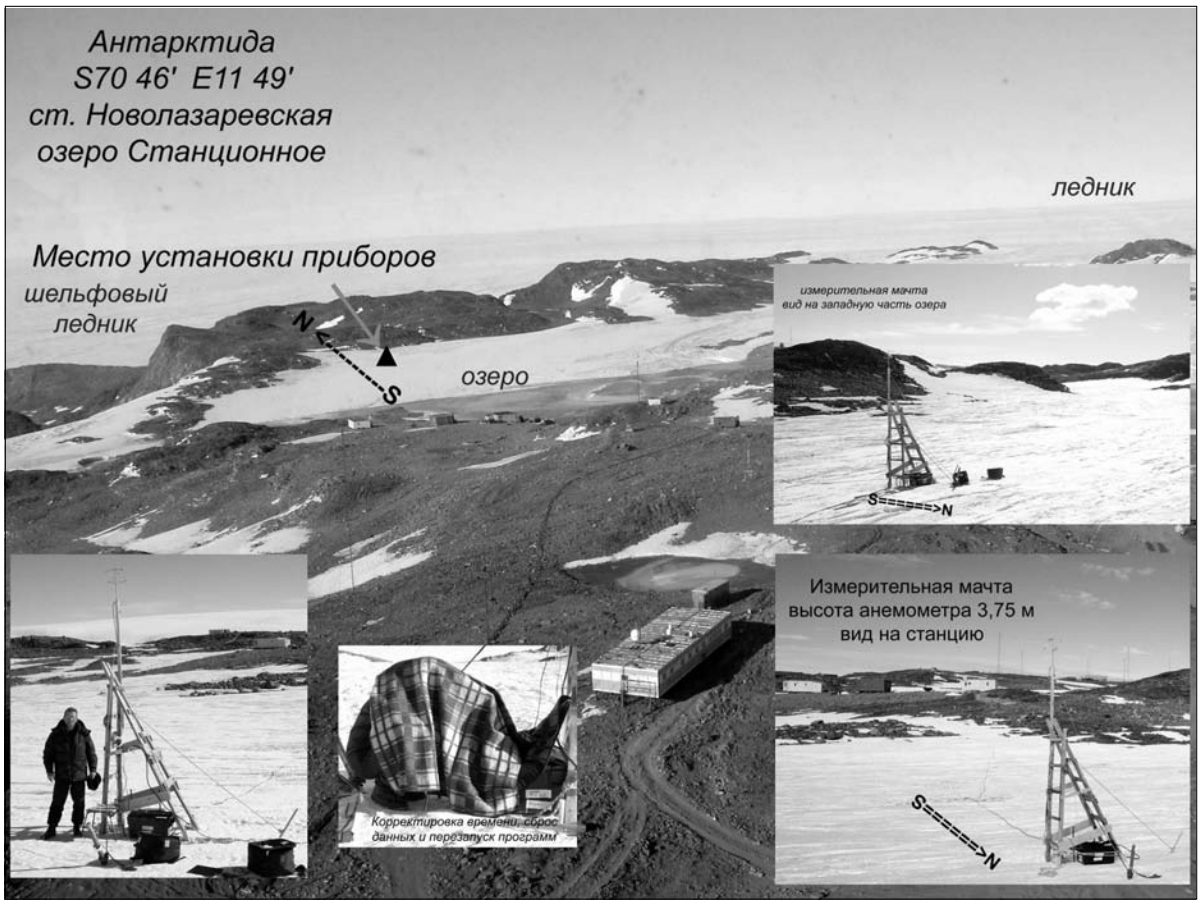
Работы на станции Новолазаревскоя были начаты 30 ноября 2006 г. и завершены 1 февраля 2007 г. Получены следующие основные результаты.

По данным акустического анемометра рассчитаны турбулентные потоки температуры и импульса над каменистым грунтом и над заснеженной поверхностью на различных этапах ее таяния. Показано, что над заснеженной поверхностью в период ее таяния поток температуры практически всегда отрицателен. Это вызвано тем, что при температуре, близкой к 0 °С, отток энергии от поверхности происходит преимущественно в виде потока влажности (скрытой теплоты), в то время как для каменистого грунта поток температуры сравним с потоком солнечной радиации.

Измерения параметров турбулентности над тающей поверхностью снежника совместно с измерениями характеристик поверхности показали, что эмпирические коэффициенты обмена, применяемые в климатических моделях, существенно зависят от состояния снега. В основном



Измерения на станции Беллинсгаузен над различными поверхностями



Местоположение аппаратуры на двух измерительных полигонах на станции Новолазаревская

Содарные измерения на станции Новолазаревская

это касается параметра шероховатости и коэффициента сопротивления. Например, за время измерений на снежнике, когда поверхность из плотной, с вертикальным размером неоднородностей порядка сантиметра, стала рыхлой и размеры неоднородностей увеличились до десятков сантиметров, параметр шероховатости возрос примерно вдвое.

При помощи акустического локатора получен практически непрерывный полуторамесячный массив данных о структуре нижней части пограничного слоя над оазисом Ширмахера. Выделены характерные для периода измерений типы метеоусловий и соответствующие им типы содарных эхограмм. Получено несколько записей с четко выраженными волновыми структурами, которые, по-видимому, являются волнами Росби, формирующимися на краю оазиса при северных ветрах. Также получены записи с конвективными структурами, формирующимися над оазисом в солнечную безветренную погоду. Использование таких измерений в районе взлетно-посадочной полосы позволит повысить безопасность захода на посадку легких самолетов, особенно в условиях сильных ветровых сдвигов.

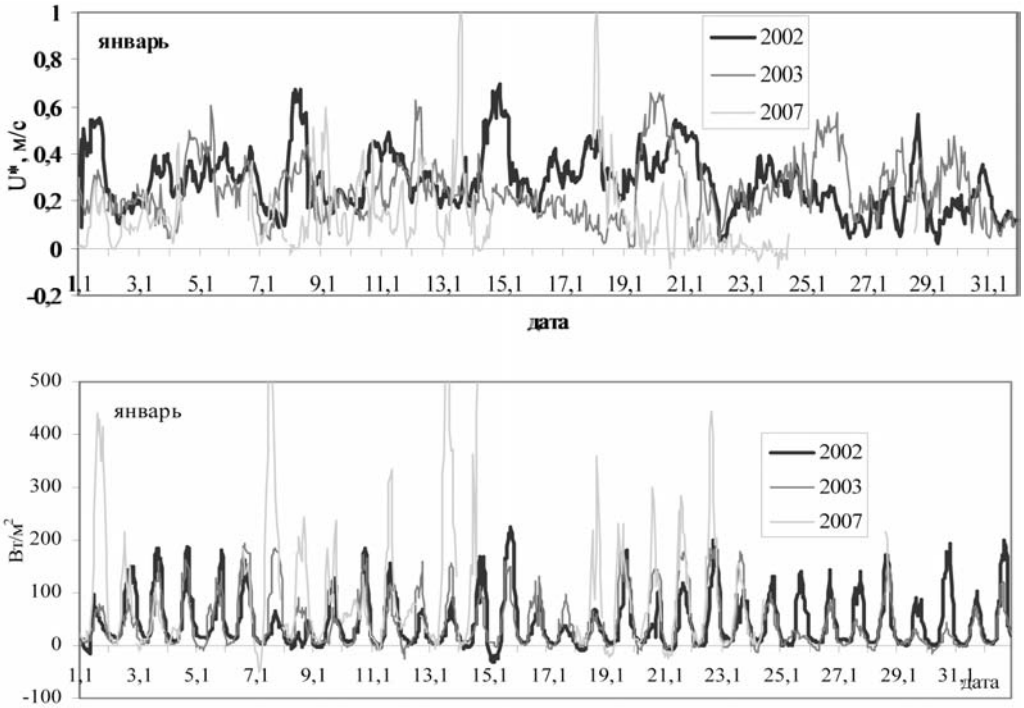
Измерения вблизи края поверхности ледника в ночное время позволили определить вертикальную структуру стокового ветра. Показано, что высота стоковой струи обычно не превышает 100 м. Получены характерные профили вертикальной компоненты ветра и ее дисперсии в этих условиях.

Аналогичные измерения проводились на станции Беллинсгаузен в период с 27 октября 2006 г. по 4 марта 2007 г. Работа стала продолжением сезонного мониторинга составляющих теплового баланса, начатого на станции в 2001 г. Район о. Кинг-Джордж интересен тем, что расположен вблизи зоны Антарктической конвергенции и характеризуется интенсификацией процессов энергообмена, особенно в летнее время при значительном притоке солнечной энергии. При этом общая синоптическая ситуация определяется активной циклонической деятельностью, что приводит к преимуществу облачной, туманной и дождливой погоды. Измерения потоков тепла выявили четкий суточный ход интенсивности теплообмена. Во всех случаях дневных измерений поток тепла положителен, т.е. направлен от поверхности. Его значение изменяется от десятков до сотен ватт на 1 м^2 в зависимости от метеоусловий. Ночью значения потоков небольшие. Наблюдаются и отрицательные значения.

Получены значения параметра шероховатости поверхности для разных секторов направления ветра по отношению к месту крепления приборов. Наибольшее значение параметра шероховатости и наибольший диапазон значений соответствуют сектору с морской поверхностью. Это связано с тем, что с южного направления преобладают сильные ветра, вызывающие волновые возмущения на поверхности моря. Исследована зависимость коэффициентов обмена от скорости ветра, динамической скорости ветра, устойчивости атмосферы. Предложены параметризации, полученные на основании экспериментальных данных.

Измерения на НИС «Виктор Буйницкий»

Получены значения коэффициентов теории подобия, позволяющие рассчитывать статистические характеристики турбулентных полей, по данным измерений для разных направлений ветра. При неустойчивой стратификации нами установлена зависимость этих коэффициентов от параметра устойчивости атмосферы. Проведены измерения температурного режима для поверхностей различного типа .



Потоки импульса (верху) и тепла (внизу)
на станции Беллинсгаузен в сезоны 2002, 2003 и 2007 гг.

Сравнение характеристик энергообмена, полученных за различные годы, выявило значительную межгодовую изменчивость, обусловленную метеорологическими и синоптическими факторами.

Во время измерений в Арктике перед отрядами ИФА РАН стояли следующие задачи:

1) исследование энергообмена атмосферы и подстилающей поверхности (воды, льда различных типов) при различных метеоусловиях с помощью инструментальных измерений потоков тепла, влаги и импульса в приповерхностном слое атмосферы;

2) выбор наилучших способов параметризации турбулентных потоков;

3) дистанционные измерения температуры подстилающей поверхности в различных диапазонах.

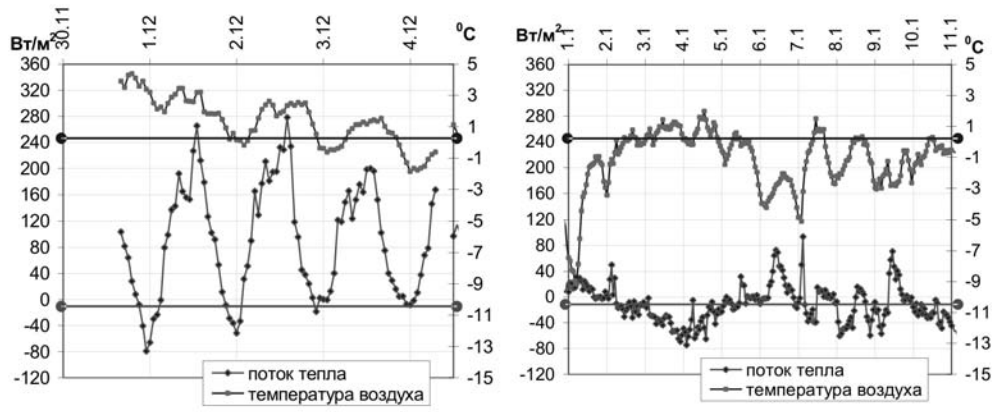
В результате эксперимента на НЭС «Академик Федоров» измерены потоки тепла и импульса надо льдами различных типов. Измерения на НИС «Виктор Буйницкий» проводились в уникальной ситуации полного освобождения моря Лаптевых ото льда. В результате получены значения турбулентных потоков турбулентных тепла и импульса при различном состоянии морской поверхности; получена зависимость коэффициентов обмена от степени развития поверхностного волнения; исследована зависимость характеристик приводного слоя атмосферы от поверхностных аномалий; исследованы теплофизические свойства морской поверхности при различной степени развития волнения. Проведены уникальные измерения характеристик энергообмена в штормовых условиях.

Работы проводились при поддержке:

– ФЦП «Мировой океан» (подпрограмма «Изучение и исследование Антарктики»),

– программы Президиума РАН «Природные процессы в полярных областях Земли и их вероятное развитие в ближайшие десятилетия» (проекты 1.1. и 4.1.),

– РФФИ.



Вариации потока тепла и температуры:
слева – над открытым грунтом, справа – над снежником

62. ВЫПОЛНЕНИЕ РАЗРЕЗОВ SR1 И SR2 ЧЕРЕЗ ПРОЛИВ ДРЕЙКА И ОТ АФРИКИ ДО АНТАРКТИДЫ

Основные участники и организаторы экспедиции: ИО РАН

МОРСКИЕ РАБОТЫ В АНТАРКТИКЕ

А.В.КЛЕПИКОВ (ААНИИ)

В период с 17 по 21 января 2007 г. выполнено три меридиональных океанографических разреза (СТД-зондирования) в восточной части моря Содружества по 62, 64 и 70° в.д., всего 29 станций. В период с 20 по 22 февраля выполнен океанографический разрез в море Лазарева по 15° в.д. в диапазоне широт от 65° до 69°15' в.д., состоящий из 13 станций.

Разрезы в морях Содружества и Лазарева являются российским вкладом в кластерный проект МПГ 2007/08 № 8 «Взаимодействие вод антарктического склона и шельфа» (Synoptic Antarctic Shelf-Slope Interaction Study – SASSI).

С 8 по 14 февраля 2007 г. выполнен разрез обрывными батитермографами (XBT) между Африкой и Антарктидой (от 35 до 65° ю.ш.), состоящий из 108 станций с глубиной зондирования 750 м. Этот разрез является российским вкладом в кластерный проект МПГ 2007/08 № 132 «Климат Антарктики и Южного океана» (Climate of the Antarctic and Southern Ocean – CASO).

3 марта начались совместные российско-германские работы на профиле в акватории Южного океана в районе плато Кергелен (море Содружества) с участием научно-исследовательских судов «Академик Александр Карпинский» и «Поларштерн». Сейсмический профиль протягивается от 65 до 66,5° ю.ш. По профилю расставлено 22 донные станции. Попутно с сейсмическими исследованиями выполняются аэромагнитные наблюдения с вертолета в коридоре вдоль сейсмического профиля. Получена хорошая корреляция спрединговых магнитных аномалий. Работы выполняются в рамках проекта МПГ 2007/08 «История геодинамического развития, осадконакопления и изменений природной среды в районе моря Содружества – плато Кергелен, Восточная Антарктика».

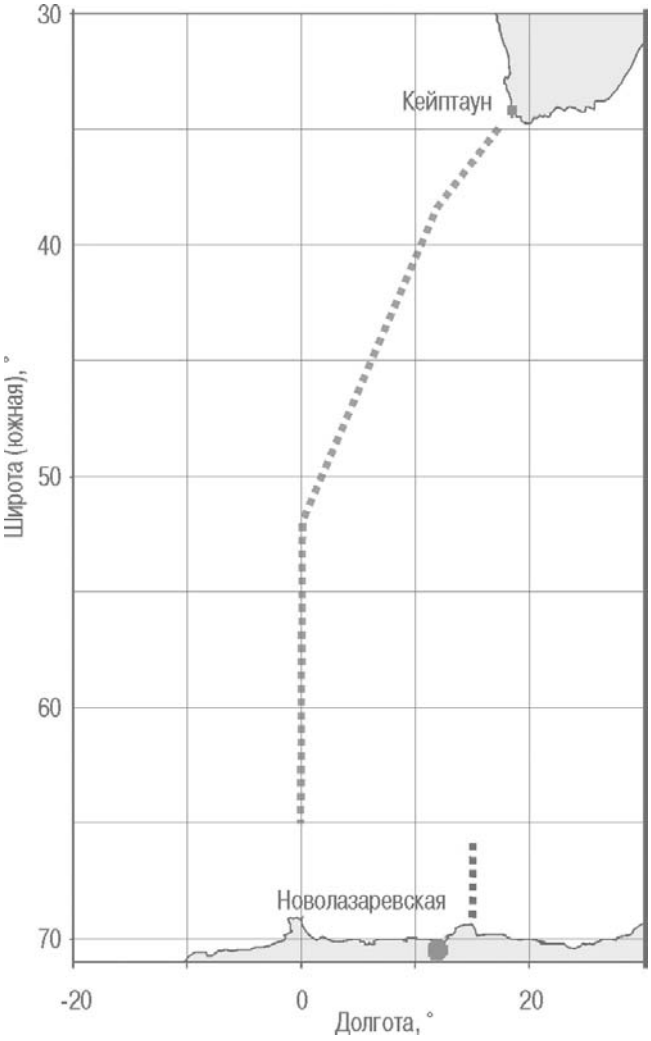


Схема разреза обрывными батитермографами (XBT) между Африкой и Антарктидой

63. ИЗУЧЕНИЕ БИОТЫ ЮЖНОГО ОКЕАНА (ЭКОЛОГИЯ БЕНТАЛИ И ПЕЛАГИАЛИ АНТАРКТИКИ)

Основные участники и организаторы экспедиции: ЗИН РАН

РОССИЙСКИЕ ВОДОЛАЗЫ-ИССЛЕДОВАТЕЛИ СНОВА В АНТАРКТИКЕ

Б.И.СИРЕНКО, С.Ю.ГАГАЕВ, В.Л.ДЖУРИНСКИЙ (ЗИН РАН)

Прошло более 40 лет с тех пор, как российские водолазы-исследователи начали погружения в антарктических водах. Первыми исследователями, которые отважились уйти под лед в холодную антарктическую воду с отрицательной температурой были Е.Н.Грузов и А.Ф.Пушкин из Зоологического института (ЗИН) АН СССР и М.В.Пропп из Мурманского морского биологического института КНЦ АН СССР. Тогда, в 1965/66 г., они работали в составе 11-й САЭ в окрестностях станций Мирный и Молодежная. Позднее в период работы 13-й и 16-й САЭ к ним присоединились сотрудники ЗИН А.М.Шереметевский и В.П.Люлеев, а также прикомандированный к ЗИН фотограф-подводник Н.С.Рыбаков. Этим энтузиастам впервые удалось своими глазами увидеть богатый подводный мир Антарктики, так разительно контрастирующий с бедностью жизни на антарктической суше.

И вот в 2006 г. группа водолазов из ЗИН РАН в рамках МПГ 2007/08 по программе «Изучение биоты Южного океана (экология бентали и пелагиали Антарктики)» решилась возобновить изучение живого мира Антарктики. Первоначально планировалось повторить погружения на старых гидробиологических разрезах у станции Мирный, где работали в 60-х годах XX века наши коллеги. Большой интерес представляли погружения на тех же самых станциях с целью определить наличие изменений в донных сообществах, если таковые имеются. Это позволило бы ответить на вопросы о влиянии климатических флюктуаций или антропогенных воздействий на морскую биоту Южного океана. Однако коллеги из ААНИИ отговорили их пока проводить работы на станции Мирный из-за технических и бытовых сложностей, а предложили поработать сначала на новом месте – у станции Прогресс.

В конце декабря 2006 г. мы, зоологи Б.И.Сиренко, С.Ю.Гагаев и В.Л.Джуринский, с 1,5 т груза высадились с вертолета на станцию Прогресс и буквально на следующий день начали подводные работы.

Для чего необходимы эти исследования? Морские экосистемы занимают на Земле самое обширное пространство – акваторию Мирового океана. Они представляют одно из важнейших звеньев в биосфере – саморегулирующейся системе, создающей новые и регулирующей достигнутые основные параметры среды, в первую очередь, жизненно важные для человека – состав воды, атмосферы, донных осадков и почвы. Все эти параметры создаются для биосферы и контролируются биосферой. Однако все возрастающее влияние человека на природу в отдельных районах стало наносить ей невосполнимые потери.

Чтобы оценить характер предстоящих глобальных изменений, вызванных антропогенным воздействием и изменениями климата, необходимо знать иначальное состояние экосистем, в том числе и морских. Именно для этих важнейших целей абсолютно необходимо проводить биологический мониторинг, т.е. наблюдения за состоянием экосистем и характером их изменений, вызванных различными факторами, как подвластными человеку, так и не зависищями от него – климатическими.

Серия гидробиологических разрезов в мелководных участках моря Содружества позволит не только познать состав и распределение подводной флоры и фауны, но и заложить основы для мониторинга, для будущих наблюдений за изменениями

С.Гагаев обеспечивает погружение С.Джуринского

Зарядка акваланга

Переправа через заберег

окружающей среды, вызванными антропогенным влиянием или климатическими флюктуациями.

Донные экосистемы имеют способность «запоминать» в накапливающихся донных осадках предыдущие их состояния в виде раковин фораминифер и моллюсков, спикул губок и мягких кораллов, известковых пластин и спикул иглокожих. Они постоянно приспосабливаются к меняющимся абиотическим условиям и изменяют состав доминирующих видов под воздействием факторов среды, поэтому как нельзя лучше подходят для биологического мониторинга.

По причине недостаточности финансирования нам пришлось использовать старое снаряжение (отечественные гидрокостюмы сухого типа «Садко-2») и оборудование (отечественные аквалангиАВМ-1м), хорошо зарекомендовавшие себя при работах в холодных дальневосточных и ледовых арктических морях в 1960–1980-х гг.

Работы под водой требуют особенно тщательного подхода к их организации и проведению. По правилам водолазная станция должна состоять как минимум из трех водолазов-профессионалов: один из них работает под водой, второй обеспечивает погружение, постоянно имея связь с водолазом, и третий – страхующий – должен быть готов в любую минуту оказать помощь коллеге, который работает под водой. Кроме того, один из водолазов должен иметь документы руководителя водолазных спусков и еще один водолаз должен иметь сертификат о медицинском обеспечении водолазных спусков. Для этих целей двое из нашей команды – С.Гагаев и В.Джуринский – окончили соответствующие курсы.

Забереги преодолевали на резиновой лодке (фьорд Нелла в заливе Прюдс, декабрь 2006 г.)

Наша водолазная группа должна работать полностью автономно. В наши задачи входило: подготовка аквалангов к работе, забивка баллонов воздухом при помощи компрессора, переноска снаряжения и оборудования к месту очередного спуска, вырубка майны, погружение, сбор донного и планктонного материала, промывка проб в майне, разборка бентосного материала по грунтам, определение доминирующих видов животных, подсчет их числа и взвешивание, оценка значимости разных групп организмов и выделение донных сообществ, фиксация собранного материала, упаковка и перегрузка, а также оформление отчетов о проделанной работе.

Борис Сиренко – начальник отряда, научный руководитель, Сергей Гагаев – руководитель водолазных спусков, Слава Джуринский – ответственный за медицинское обеспечение спусков, он позволял нам выполнять все перечисленные задачи. Помимо всего прочего, Слава отлично знает технику, и без его навыков и опыта наш старый компрессор «Суперциклон» вряд ли смог завестись и набивать воздухом наши акваланги. На Славе лежала подготовка к работе цифровой камеры и фотобокса к использованию.

Сергей Гагаев – старый полярник, начал нырять еще 20 лет назад в Восточно-Сибирском море, когда собирал материал для кандидатской диссертации. Его богатый арктический опыт пригодился также при вырубке во льду майн для погружений.

Борис Сиренко более 40 лет погружался во всех арктических и дальневосточных морях России, в Магеллановом проливе, у побережья Чили, Южной Африки, Калифорнии, Алеутских о-вов и Аляски, в тропических водах Индийского и Тихого океанов, а также в Красном море.

21 декабря нашу водолазную группу вместе с 1,5 т груза забросили на вертолете на станцию Прогресс. Здесь мы разместились в двух вагончиках, соединенных общим коридором. Зимовщики их почему-то называли «Черепахой». В них было достаточно места для разборки материала, хранения водолазного белья и гидрокостюмов и жилья.

Уже на третий день с утра мы вышли на первые погружения во фьорде Нелла. Погружаться решили с аквалангами, забитыми воздухом еще на НЭС «Академик Федоров». Первую станцию мы выбрали у заберега – узкой полоски открытой воды между береговым льдом и основным массивом льда, покрывающего фьорд. Немного расширив трещину во льду, мы спу-

Первые животные, поднятые со дна

Морской гребешок

стили в нее водолазный трап, привязанный к доске.

Первые впечатления от увиденного потрясли нас. В отличие от безжизненных скал, покрытых кое-где тонкой корочкой лишайников, уже на глубине 3–4 м мы увидели множество животных: ежей, звезд, актиний, немертин, двустворчатых моллюсков и др. Жизнь «бурлила» и на дне, и в толще воды, где плавало большое количество фито- и зоопланктона.

Температура воды была отрицательной, около –1,5 °С. Погружаться приходилось в двойном водолазном белье, что спасало нас от переохлаждения, но при этом приходилось брать дополнительный груз. Таким образом, общая масса всего снаряжения и оборудования, которое один водолаз брал под воду, была около 50 кг. Больше всего хлопот доставляли старые трехпалые перчатки, которые из-за ветхости постоянно рвались и тогда рука в течение нескольких секунд замерзала до онемения, а ледяная вода постепенно затекала внутрь костюма, что вынуждало сокращать время погружения.

Любой зоолог, использующий в своей работе легководолазное снаряжение, знает, насколько хлопотно и длительно время, предшествующее погружению. Наши спуски не являются исключением из этого правила.

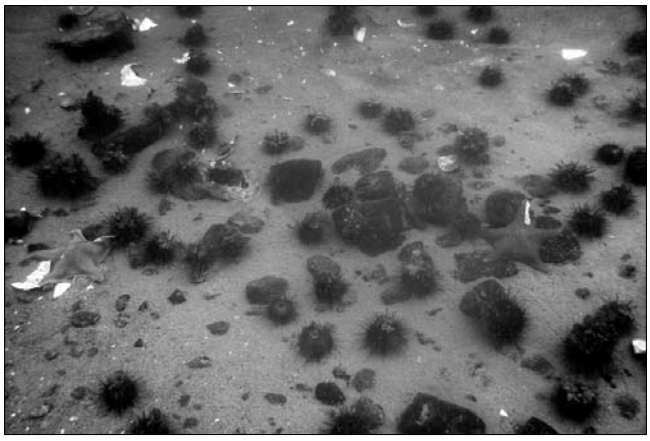
Здесь уместно рассказать о распорядке нашего дня. Поднимались мы в семь часов. К восьми утра, покончив с завтраком, представляющим собой, как правило, очень вкусную геркулесовую или манную кашу, мы идем на лед. Для этого нужно подняться на 50 м до перевала, затем спуститься по снежнику, подкачать осунувшуюся за ночь лодку, перевезти через заберег акваланги и другое имущество.

Сам процесс переправы очень занимателен со стороны. Один из нас, лежа на носу лодки, колотит по образовавшемуся за ночь льду-резуну ластой или деревянной дубинкой, другой в это время сидит на веслах и пытается помочь своему коллеге, а третий дает им ценные советы.

Наконец мы все перевозим, укладываем скарб на импровизированную волокушу из кровельной жести и тащимся к очередной майне. Перед погружением слегка перекусываем, потому что от утренней каши остаются только сладостные воспоминания. Наедаться перед спуском нельзя – это запрещено «Едиными Правилами…». Обед на льду завершает

Шестилучевая звезда *Odontaster* встречается так же редко, как и четырехлучевая

Брюхоногий моллюск «морской лимон»



Богатые поселения ежей, звезд и других донных животных встречаются в водах Антарктики уже с глубины 3 м

Звезды – одна из наиболее разнообразных групп животных в Антарктике

наши погружения, обычно мы едим консервы и хлеб.

В лагерь возвращаемся к ужину. Ужин всегда без исключения великолепный, как тут не вспомнить нашего повара Володю на станции Прогресс, он настоящий мастер своего дела!

После ужина продолжаем обработку проб до 12, а то и до 1 часа ночи. Вот такой долгий день, настоящий полярный, ведь в это время солнце не заходит.

Очень много сил отнимает приготовление майны для погружения под лед. Нам приходилось высверливать шнековым буром вручную множество отверстий по периметру метрового квадрата. Затем добавлять еще несколько бурок внутри обозначенной геометрической фигуры, а потом пилить специальной пилой и пробивать пешней прорубь. При известном навыке и нескольким участникам такую майну удается приготовить за 1,5–2,0 ч. Майна обычно готовится за день до предстоящего погружения. Это делается потому, что водолаз должен спускаться под воду отдохнувшим, свежим и бодрым. Физические и психологические нагрузки настолько велики, что недооценка этого правила может обернуться бедой.

Водолазу также нельзя выполнять физическую работу после погружения. Американские медики советуют даже ездить на машине после подводных работ, а не ходить пешком, тем более быстро. Физическая активность способствует быстрому высвобождению газов, которые, несмотря на соблюдение режима всплытия, все же перенасыщают ткани подводника и могут вызвать первую стадию кессонной болезни и паралич дыхательных мышц.

В нашем положении, к сожалению, мы не могли в полной мере соблюдать эти нормы из-за малочисленности водолазной группы. Нам приходилось промывать пробы, делать майну, носить водолазные грузы, акваланги, пробы и другой тяжелый скарб, запускать компрессор, переправляться в лодке через забереги, подниматься по крутому склону с тяжелой ношей, а потом допоздна разбирать и фиксировать пробы. И все это надо делать после погружений в сложных условиях и практически ежедневно.

Используя предыдущий опыт, мы пришли к выводу, что для выполнения такой работы необходим отряд, как минимум, из четырех, а лучше из пяти человек. Это позволит чередовать спуски с отдыхом, а не погружаться каждый день.

Нам «помогали» в наших погружениях местные животные, чаще это парочка поморников, иногда пингвин Адели или тюлень Уэдделла.

Поморники несли вахту с завидным постоянством. Эта парочка крикливых птиц не позволяла приближаться к нам никому из своих соплеменников. Крича благим матом, пикируя, а находясь не в воздухе, но на льду – внушительно расправляя крылья, чайки своим видом показывали незваным гостям, что это их территория и они не собираются отдавать ни пяди. Их интерес был весьма шкурным – птицы получали объедки с нашего стола. Такой способ добывания пищи требует меньших затрат, чем их традиционная охота. Птицы так быстро привыкают к дармовой кормежке, что становятся в короткий срок настоящими попрошайками. Гидролог Сергей Спирин рассказывал о том, как птица-поморник по имени Машка, привыкнув к тому, что он почти после каждого обеда выносил ей лакомый кусочек печени или мяса, ужасно сердилась на него, если по какой-либо причине Сергей не угощал ее. Тогда она взлетала с недовольным криком и пикировала на вероломного полярника, а в некоторых случаях срывала с него шерстяную шапку и, унеся ее в клюве за несколько десятков метров, бросала наземь, усаживалась неподалеку и с удовлетворением наблюдала, как он, ругаясь, поднимал свой головной убор.

Пингвинов, правда, встречалось нам немного, но только поэтому следует рассказать об одном нашем спутнике. Он заинтересовался нами к середине экспедиции и посвятил нам почти целый день. Пингвин следовал за нами с таким видом, будто в этом состоял весь смысл его жизни. К тому же он оказался весьма застенчивой персоной. Стоило нам собрать свои вещички, чтобы перетащить их к следующей майне, он пристраивался в арьергарде и неторопливо, с достоинством шагал, стараясь не отставать. Однако

если мы останавливались и начинали беспардонно обсуждать его действия, пингвин сворачивал в сторону и решительным шагом удалялся прочь. Удалялся-то он удалялся, но только до тех пор, пока мы не начинали свое поступательное движение. После этого он резко менял курс и двигался за нами.

Тюлени часто высовывали нос в майну и пытались подсматривать, как мы одеваемся перед погружением. Это были тюлени Уэдделла, у них отсутствует пищевой интерес к аквалангистам, другими словами – совершенно безобидные, но весьма любопытные существа. К нашей великой радости, морских леопардов нам встретить не удалось. Этот зверь, по рассказам, может представлять реальную опасность для жизни аквалангиста, потому что он охотник. Его зубы полуторадюймового размера. Был случай, когда он утащил женщину-аквалангиста, австралийку, под воду и утопил. Рассказывали, что она сидела на краю майны и болтала ногами. Думаем, что леопард сделал это по ошибке, перепутав свою жертву с тюленем.

Гидробиологическому отряду, который входил в состав 52-й РАЭ, предстояло решить несколько задач:

– исследовать состав донной фауны и распределение морских безпозвоночных в новом неизведанном районе Антарктики, в заливе Прюдс моря Содружества;

– собрать материал фауны и флоры морских и пресноводных сообществ;

– выделить доминирующие виды и донные сообщества морских экосистем.

Решение указанных задач позволяет заложить основы биомониторинга, путем которого можно установить изменения, происходящие в морских экосистемах, и их характер (антропогенный или климатический).

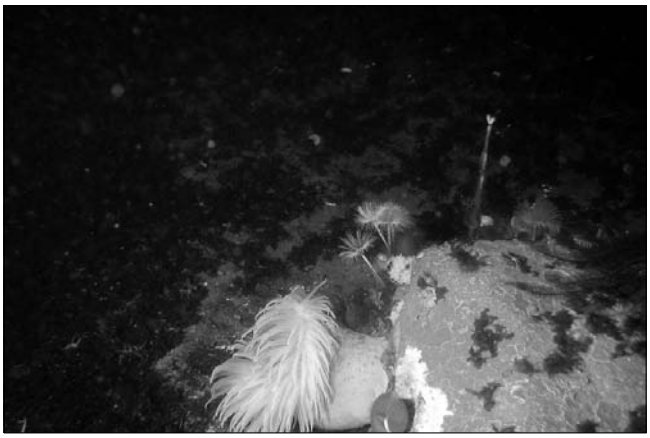
Нам предстояло выбрать несколько участков в заливе Прюдс, чтобы как можно шире охватить все разнообразие донных фаций и морских бентосных сообществ. Для первого года исследований мы решили остановиться на трех районах.

Первый из них располагался в весьма защищенном от внешнего воздействия открытого океана и антропогенного влияния антарктических станций фьорде Нелла.

Второй участок, расположенный за китайской станцией Зонг Шан, также наиболее удален от антропогенного воздействия станций, но подвержен воздействию открытого океана.

Третий участок был выбран в непосредственной близости от российской антарктической станции «Прогресс» и должен был в наибольшей степени испытывать влияние хозяйственной деятельности человека, если таковое имелось.

Учитывая небольшие сроки существования российской и китайской станций, основанных в 1989 г., и малое число зимовщиков на них, можно ожидать, что антропогенное влияние, оказываемое этими станциями на прибрежные морские сообщества,

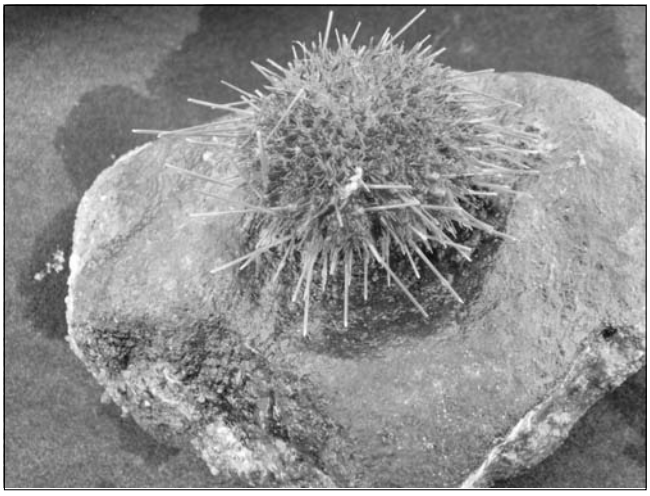


Крупная актиния – пожиратель морских ежей и других обитателей морского дна

пока мало, но может в будущем усиливаться в связи с расширением этих станций и предполагаемой закладкой новых станций в районе исследований. Можно считать, что мы закладываем основы мониторинга в условиях, когда антропогенное влияние на прибрежную морскую биоту незначительно или даже почти полностью отсутствует.

Первый участок, расположенный во фьорде Нелла, решено было изучить с помощью двух перпендикулярных разрезов I и II.

Разрез I располагался в кутовой части фьорда в распадке, где многолетние скопления снега сформировали небольшой ледник. Весной и летом интенсивно тающие снег и лед образуют постоянные ручьи пресной воды, стекающие из распадка и увлекающие с собой мелкие минеральные частицы – результат выветривания основных песчанистых пород в данном районе. В результате такого нехарактерного для Антарктиды процесса выноса мелкодисперсных осадков на дне фьорда образовался конус выноса илов, и мощность этих мягких осадков там доходит до 1 м. Разрез I проходил как раз в средней части этого конуса выноса. На нем



Антарктический еж *Sterechinus neymayeri* в массе обитает на мелководьях

Двустворчатый моллюск латернула

было сделано шесть водолазных станций на глубинах 4, 10, 15, 20, 30 и 37 м. Именно этот разрез позволил проследить протяженность зоны покрытия дна мелкодисперсными осадками. Оказалось, что они расположены на глубинах от 2–3 м и в основном до 25 м. Глубже 25 м илистые осадки на первом разрезе во фьорде Нелла сменяются обычным для антарктического шельфа донным субстратом – заиленным песком с гравием и камнями.

На разрезе I, выполненном во фьорде Нелла, в юго-восточной его части на конусе выноса мелкодисперсных минеральных осадков на разных глубинах до 37 м зафиксирована следующая смена сообществ:

– на глубине 0–2 м – полное отсутствие морских обитателей из-за наличия пресной талой воды;

– на глубине 2–9 м – сообщество морских ежей, красных водорослей и двустворчатых моллюсков (*S.neumayeri* + *Ph.antarctica* + *L.elliptica*);

Двустворчатый моллюск Латернула иногда образует богатые поселения с биомассой до 1 кг/м^2

– на глубине 9–15 м – сообщество морских ежей и красных водорослей (*S.neumayeri* + *Ph.antarctica*);

– на глубине 15–25 м – сообщество морских ежей, красных водорослей и голотурий (*S.neumayeri* + *Ph.antarctica* + *C.spatha*);

– на глубине 25–37 м – сообщество губок, асцидий и многощетинковых червей (*Spongia gen.sp.* + *Ascidiacea gen.sp.* + *P.antarctica*).

На разрезе II, перпендикулярном разрезу I и выполненном на глубинах 0–20 м мелководной части на скалистом дне с незначительными минеральными осадками, установлена следующая смена сообществ:

– на глубине 2–8 м – сообщество морских ежей, двустворчатых моллюсков и актиний (*S.neumayeri* + *L.elliptica* + *Actiniaria gen.sp.*);

– на глубине 8–17 м – сообщество морских ежей, двустворчатых моллюсков, многощетинковых червей, голотурий и бурых водорослей (*S.neumayeri* + *L.elliptica* + *S.narconensis* + *C.spatha* + *Phaeophyta gen.sp.*);

– на глубине 17–20 м – сообщество морских ежей, красных водорослей, голотурий и асцидий (*S.neumayeri* + *Ph.antarctica* + *C.spatha* + *Actiniaria gen.sp.*).

Отметим, что на всех станциях во фьорде Нелла по биомассе доминируют представители эпифауны, правильные морские ежи, голотурии, актинии, губки, асцидии и прикрепляющие трубки к камням многощетинковые черви. Доминирование эпифауны сохраняется даже на том участке разреза I, где отмечен конус выноса ила. Обычно на таких грунтах в Северном полушарии (в арктических морях) доминируют представители инфауны (зарывающиеся двустворчатые моллюски, многощетинковые черви и другие беспозвоночные).

Второй участок, расположенный со стороны пролива за китайской станцией Зонг Шан, был обследован незамедлительно, после окончания работ во фьорде Нелла. Для этого пришлось прежде провести своего рода международные переговоры.

Дело в том, что необходимое для погружений оборудование включало в себя множество предметов. К ним относились аквалангы, гидрокостюмы, бухты веревок (или сигнальный и спусковые концы), дночерпатель для отбора донных проб, планктонная сеть, водолазные рамы, мешки с сетчатым дном – питонзы, пешня и ледовая пила, а также ручной шнековый бур, похожий на тот, которым пользуются рыбаки на зимней рыбалке. Весь этот скарб занимал сравнительно большой объем и изрядно весил. Тащить все на себе было бы утомительно. Пришлось договариваться с начальником станции Прогресс о перевозке имущества на машине. Он любезно согласился помочь. Нам нужно было только решить задачу, в условие которой входило сберечь от повреждения большой водопроводный шланг, через который китайцы закачивали воду к себе на станцию из пресного озера. Этот шланг пересекал дорогу к месту наших работ.

На переговоры отправились всей водолазной

группой. На китайской станции нам сначала попадались сотрудники, которые не говорили по-английски. Наконец полоса невезения кончилась, и мы повстречали сравнительно молодого человека, кстати коллегу-микробиолога, который смог объяснить, что их начальник должен вот-вот вернуться на территорию. Мы действительно ожидали недолго; минут через 10 появился нужный нам администратор.

«Официальные переговоры» были коротки – выяснив, что нам требуется проехать через территорию китайской станции, а главное, через лежащий на нашем пути шланг, он дал нам «добро», с радостью пообещав содействие.

Вернувшись в лагерь и погрузив вещи в машину, мы вскоре благополучно пересекли преграду, предварительно защитив ее от повреждения при помощи оригинального дощатого мостика.

Начальник станции Прогресс, он же водитель, доставил нас к началу распадка у берега моря и после разгрузки уехал, пообещав вернуться, когда мы закончим работу. Для связи со станцией у нас имелся телефон.

Работа на этом разрезе заняла около недели. Нас доставляли к месту работы и увозили по окончании рабочего дня с порожними аквалангами все на той же машине.

На перетаскивание оборудования к месту погружения требовалось не менее часа. Приходилось с имуществом за спиной подниматься на гору, затем пересекать небольшое плато и с некоторым риском для жизни спускаться к морю по каменистым уступам. Далее мы перебирались на лед и складывали инвентарь у места погружения.

Первую станцию на мелководье, по сложившейся традиции, выполнили в трещине.

Для остальных станций приходилось подготавливать майну, как правило, за сутки перед погружением.

Было довольно сложно в этих случаях точно определить глубину, чтобы выдолбить прорубь в нужном месте. Надежной морской карты мы так и не смогли найти. Купленный накануне экспедиции электронный лот, как показала практика, не мог определять глубину через метровый лед, да и опущенный в лунку датчик чаще показывал не то, что было на самом деле.

Пришлось пользоваться старым проверенным и абсолютно надежным веревочным лотом, но для этого требовалось прежде провертеть лунку во льду. Как правило, в этой работе нам помогали свободные от вахты добровольцы.

Не следует воспринимать наши занятия только как изнурительную физическую работу. Очень часто нас отвлекали от этого птицы, в основном поморники, появлявшиеся вдруг из-за торосов тюлени или просто необыкновенной красоты ледовые фигуры айсбергов, принимавшие различные образы в зависимости от угла падающего на них солнечного света. Айсберги, сидевшие на относительно мелководном месте, у входа в пролив, были многочисленны. Часто взгляд останавливался на причудливых видах, напоминавших то сфинкса, то пирамиду или группу сказочных воинов.

Обилие жизни на глубине 16–17 м во фьорде Нелла

При погружении в трещину выявлено преобладание на глубинах 2–6 м сообщества морских ежей и многощетинковых червей (*S.neumayeri* + *S.narconensis*). По сути, это была вариация биоценоза с мелководья фьорда Нелла, со своими оригинальными чертами. Красная водоросль филлофора и двустворчатый моллюск латернула не выходят здесь в доминанты, их влияние проявляется на больших глубинах.

Действительно, на глубинах 6–10 м обитает сообщество тех же морских ежей, двустворчатых моллюсков, голотурий и полихет (*S.neumayeri* + *L.elliptica* + *C.spatha* + *P.antarctica*).

Данные о двустворчатом моллюске латернула полезны в прикладном отношении. Это сравнительно крупное животное (размером с ладонь взрослого человека) содержит внутри раковины довольно много мяса и после оценки запасов этого вида может использоваться для гастрономических нужд обитателей станции. Сказанное относится и

В плотном ковре зарослей красной водоросли филлофоры прячутся многочисленные представители фауны: асцидии, голотурии, моллюски, многощетинковые черви, сюда же сползаются хищные звери

Синасцидия дистальпия

к обитающей в заливе «морской капусте», размеры которой достигают в некоторых случаях 3 м. Справедливости ради следует заметить, что сбор этих морепродуктов не мыслим без использования легководолазного снаряжения.

Дно на глубинах 10–29 м занимает модификация биоценоза морских ежей и двустворчатых моллюсков с присутствием голотурий, красных водорослей и офиур (*S.neumayeri* + *L.elliptica* + *C.spatha* + *Ph.antarctica* + *O.gigas*). Примечательно, что доминанты встречаются чаще на ровной поверхности дна по отдельности; на крупных валунах весьма эффектные «клумбы» образуют реже встречающиеся, но не менее красивые животные.

Глубже, до предельных обследованных глубин 43 м, дно занято сообществом колониальных асцидий, губок и голотурий (*Distaplia cylindrica* + *Spongia gen.sp.* + *Holothurioidea gen. sp.*). Водоросль филлофора здесь не встречается, по-видимому, из-за недостатка света. Любопытно, что при сравнительно хорошей освещенности до отметки 30 м, при спусках на 40 м и более водолаз попадает примерно с 30 м в 5–7-метровый слой фактически кромешной темноты. И только почти достигнув дна, начинаешь различать в отраженном от него свете песчаный грунт с его обитателями. Нечего и говорить, что с такой глубины не видно ледяного «покрывала». На самом деле, разглядеть ледовый покров удается метров с 12. «Окно», или майну, в таких условиях легко потерять – и по этой причине тоже спускаться под лед мы имеем право только на сигнальном конце, который надежно связывает нас с внешним миром.

Заслуживает внимания обитающая на этих глубинах синасцидия дистаплия. С ней связана такая история. В начале нашей работы на станции Прогресс гидролог С.А.Спирин принес плавающее в солевом растворе странное существо, примерно полуметрового размера, по его словам, червяка. «Червяк» при ближайшем рассмотрении оказался колониальным организмом – синасцидией. Оказывается, подобные «червяки» очень часто попадались гидрологам при бурении льда, вмерзшими с нижней стороны. Сравнительно долго эти животные оставались для нас загадкой. Первый экземпляр попался на 17 м во фьорде Нелла. Глубже, как уже говорилось, мы обнаружили целый лес этих существ, стоявших словно стеариновые свечи 3-метровой длины. Этих синасцидий трудно доставить на поверхность в целости, потому что они студенисты и очень непрочны. Нижняя часть колонии держится на грунте за счет мелких камешков-якорей. Вероятно, при образовании придонного льда плавучесть синасцидий возрастает, и их слабый якорь не в состоянии удерживать животных в прежнем положении. Они всплывают и примерзают к нижней поверхности льда, где их и находили при бурении гидрологи. Только возвратившись в Петербург, мы узнали название синасцидии и то, что дистальпия обитает и в Магеллановом проливе, однако там она длиннее – до 7 м.

Последнее погружение в эту экспедицию мы выполнили с открытой стороны залива Восточный. Несколько огромных айсбергов украшали вид на море со стороны станции. Эти чудовищного размера кусищи льда, казалось бы, крепко сидели, заякоренные на входе в бухту. Но основательность была, как нас уверяли гидрологи, напускной. Никто не может сказать, когда ледяная махина вдруг вздумает шевельнуться в своей дреме. Находиться на льду в это время нежелательно, а уж тем более под ним. Но если уж оказались на поверхности, то бегите не к берегу, а от него. Отломится ли часть айсберга, или кувыркнется он весь, но пойдет огромная волна к берегу, ломая более чем метровый лед, швыряя 200-килограммовые обломки за сотню метров от береговой линии, как из гигантской пращи.

Погружение через трещину до глубины 9 м открыло чрезвычайно интересное сообщество. На крупных камнях находились разнообразные звезды и голотурии. Особенным здесь было не только высокое биоразнообразие, а обилие животных – совершенно не укрывающихся от опасности, будто у них нет врагов.

В результате впервые проведенных подводных исследований в мелководных районах залива Прюдс удалось получить данные о распределении донных сообществ, представление об их качественных и количественных особенностях и тем заложить основу будущего биологического мониторинга. Бесценно значение для мировой науки собранного коллекционного материала из района, ранее не исследованного в гидробиологическом аспекте. Важность изучения донных экосистем следует также из насущных потребностей человека, которому постоянно нужны новые пищевые ресурсы, знания по составу и распределению промысловых беспозвоночных и рыб, по ресурсам кормовых организмов, служащих основной пищей для промысловых животных и «краснокнижных» исчезающих птиц и зверей.

Вместе с тем остаются обстоятельства, усложнявшие и тормозившие исследовательскую работу. Из-

за ограниченности в средствах мы были вынуждены использовать старое оборудование (компрессор, акваланги, резиновые лодки) и старое снаряжение (водолазные костюмы сухого типа «Садко-2»), которые мы эксплуатировали в течение последних 35 лет. Это приводило к большим затратам времени на их ремонт. Приобретение нового и современного водолазного оборудования (компрессора, аквалангов) и снаряжения (гидрокостюмов сухого типа) позволило бы существенно упростить и обезопасить подледные погружения и уменьшить затраты времени, требующегося на работы в Антарктике.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ ЗИН РАН В СЕЗОННЫЙ ПЕРИОД 53-Й РАЭ

Р.В.СМИРНОВ, В.В.ПОТИН (ЗИН РАН)

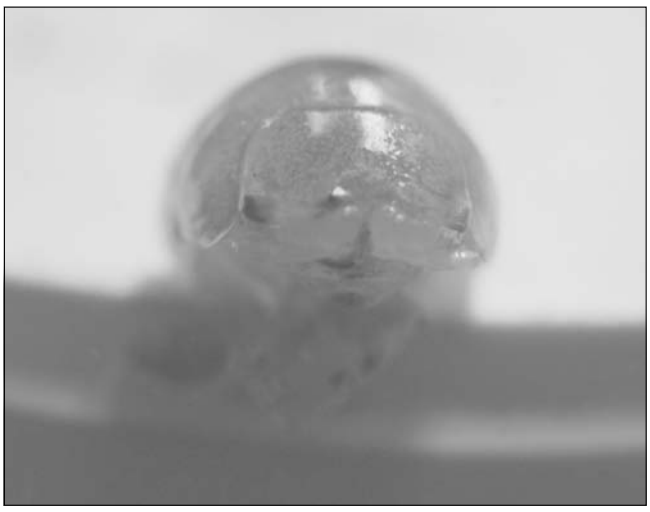
Актуальность изучения биологического разнообразия и экологии животного мира Антарктики определяется многими причинами. Из них на первом месте, безусловно, уникальное положение фауны Южного океана, связанное с ее изоляцией на протяжении 25 млн лет, что послужило причиной высокой степени ее эндемизма. Другой фактор, определяющий уникальность антарктической фауны, – то обстоятельство, что ее эволюция протекала в условиях постоянного охлаждения, послужившего основой для возникновения различных холодовых адаптаций. Влияние низкой температуры и особенностей питания отразилось и на ходе индивидуального развития представителей многих таксонов, приведшего к увеличению их морфологического разнообразия.

Ярко выраженная сезонность климата в водах Антарктики непосредственно влияет на их обитателей, формирующих сезонные (декабрь–март) пики фито- и зоопланктона, являющегося основой питания личинок, а также многих видов взрослых рыб, составляющих основу рыбного промысла в Антарктике. В этой связи весьма важны изучение сезонных сукцессий и многолетний мониторинг планктонных и бентосных сообществ, в том числе и для оценки глобальных климатических изменений.

Несмотря на то, что исследования биоразнообразия и экологии фауны антарктических вод начались с первых же экспедиций, до сих пор различные регионы Антарктики изучены весьма неоднородно. Этому способствует труднодоступность прибрежных районов, а также сложность применения традиционных орудий лова. В настоящее время наилучшим образом изучена Западная Антарктика (атлантический сектор с более мягким климатом: моря Уэдделла, Скотия, пролив Брансфилда, а также море Дэвиса в индийском секторе). Моря Восточной Антарктики, значительно реже посещаемые отечественными научными экспедициями и характеризующиеся более сложной ледовой обстановкой, во многих отношениях почти совсем не изучены.

Цель работы – исследовать биоразнообразие и экологию животного мира Антарктики, в том числе выяснить состав и распределение донной и пелагической фауны шельфовых морей, что необходимо для ведения биологического мониторинга антарктических сообществ как основы изучения климатических изменений.

Планктон собирали сетями Джеди вручную, используя рыболовные фалы, а также при помощи гидрологической лебедки с глубин до 600 м. Бентос собирали при помощи гидрологической лебедки с тросом 8 мм дночерпателем Ван-Вина и драгой с глубин до 700 м, а также вручную на литорали о. Кинг-Джордж. Также использованы возможности сбора животных с якорной цепи и батометров. На литорали животных собирали с нижней стороны камней и с известковой водоросли *Lithothamnion* и корковых мшанок, делали смывы сублиторальных водорослей и отмучивание грунта. Кроме того, взяты цельные пробы грунта на количественный анализ и фауну мельчайших животных (интерстициаль). Ихтиофауну собирали в литоральных ваннах на о. Кинг-Джордж сачком, а в припайной трещине под барьером в районе станции Русская – крючковой снастью. Кроме того, собраны наземные образцы лишайников, мхов и водорослей на предмет наличия микрофауны (нематод, насекомых, клещей). В морях Сомова, Росса, Амундсена, заливе Халл, проливах Брансфилда и Дрейка, на о-вах Линдси и Кинг-Джордж (у станций Ленинградская, Русская, Мак-Мердо, Беллинсгаузен) с 23 января по 22 февраля 2008 г. взято 29 проб (из них 15 проб фито- и зоопланктона, 7 – зообентоса, 2 – ихтио-



Ракообразное *Isopoda* из отряда раноногих раков (море Росса, драга)

фауны и 5 – наземной микрофауны). Помимо морских проб собран планктон из оз. Китеж на о. Кинг-Джордж (станция Беллинсгаузен).

Выводы. В результате исследований установлено, что в январе-феврале пелагиаль прибрежной зоны тихоокеанского сектора Антарктики характеризуется довольно значительным количественным и качественным насыщением фито- и зоопланктона на горизонтах лова 300–600 м, при этом поверхностные слои пелагиали (меньше 150 м) оказались очень бедными.

Сравнительный анализ проб с разных станций указывает на некоторое увеличение продукции фито- и зоопланктона с конца января до конца февраля. Несмотря на существующее мнение об относительной однородности антарктического зоопланктона, наши данные свидетельствуют о некоторых различиях количественного и качественного состава биологических сообществ из различных морей тихоокеанского сектора Антарктики.

Результаты бентосных работ показали высокую эффективность дражных (траловых) сборов, обнаруживших высокую плотность поселений донных животных на шельфе Росса. Дночерпательные работы также подтвердили наше ранее высказанное мнение (см. отчет 48-й РАЭ), что дночерпатель Ван-Вина неэффективен на плотных грунтах при сколько-нибудь значительных, более 100 м, глубинах, что делает его практически непригодным для работы в Антарктике; для таких работ эффективнее использовать дночерпатель «Океан», что доказал опыт работ всех предыдущих антарктических экспедиций.

Литоральные пробы на о. Кинг-Джордж показали относительную качественную однородность бентоса на обоих сторонах острова (у проливов Дрейка и Брансфилда) и его резкую неоднородность в количественном отношении в различных бухтах. Представляется, что качественное и количественное богатство литоральных бентосных проб прямо зависит от наличия и обилия корковых обрастателей (*Lithothamnion*, мшанки) и в меньшей степени зависит от наличия мягких водорослей на камнях.

Результаты работ на о. Кинг-Джордж свидетельствуют, что литораль и сублитораль острова характеризуются большой качественной и количественной насыщенностью и очень слабой фаунистической, таксономической и экологической изученностью и поэтому представляют большой интерес для дальнейших исследований зоологами. Как показали пробы планктона из оз. Китеж на о. Кинг-Джордж, пресные водоемы Субантарктики, в отличие от континентальных озер, довольно богаты обитателями толщи воды.

64. ЭКОСИСТЕМЫ МОРСКОГО ЛЬДА АНТАРКТИКИ

Основные участники и организаторы экспедиции: ИО РАН

ИЗУЧЕНИЕ МОРСКИХ ЛЕДОВЫХ ЭКОСИСТЕМ АНТАРКТИКИ В ПЕРИОД ПРОВЕДЕНИЯ МПГ 2007/08

И.А.МЕЛЬНИКОВ (Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН)

В период проведения 52-й РАЭ (декабрь 2006–февраль 2007 г.) выполнены криобиологические исследования по программе проекта МПГ «Изучение морских ледовых экосистем Антарктики» («Study of the Antarctic Sea Ice Ecosystems», SASIE, #818 по классификации международного научного комитета МПГ).

Основная идея проекта состоит в проведении наблюдений за составом и структурой биологических сообществ в пелагических и прибрежных морских льдах Антарктики, а также динамикой ледовых экосистем в условиях изменяющегося климата. Проект включен в структуру кластерного проекта МПГ «Многофункциональный анализ климатических взаимодействий и динамики экосистем Южного океана» («Integrated analyses of circumpolar Climate interactions and Ecosystem Dynamics in the Southern Ocean», ICED). В основе научной тематики ICED лежат темы 11 проектов, связанных с изучением биогеохимических процессов в пелагиали и прибрежных районах Антарктики. Информацию о каждом проекте, входящем в структуру ICED, можно найти на сайте: www.antarctica.ac.uk/Resources/BSD/ICED.

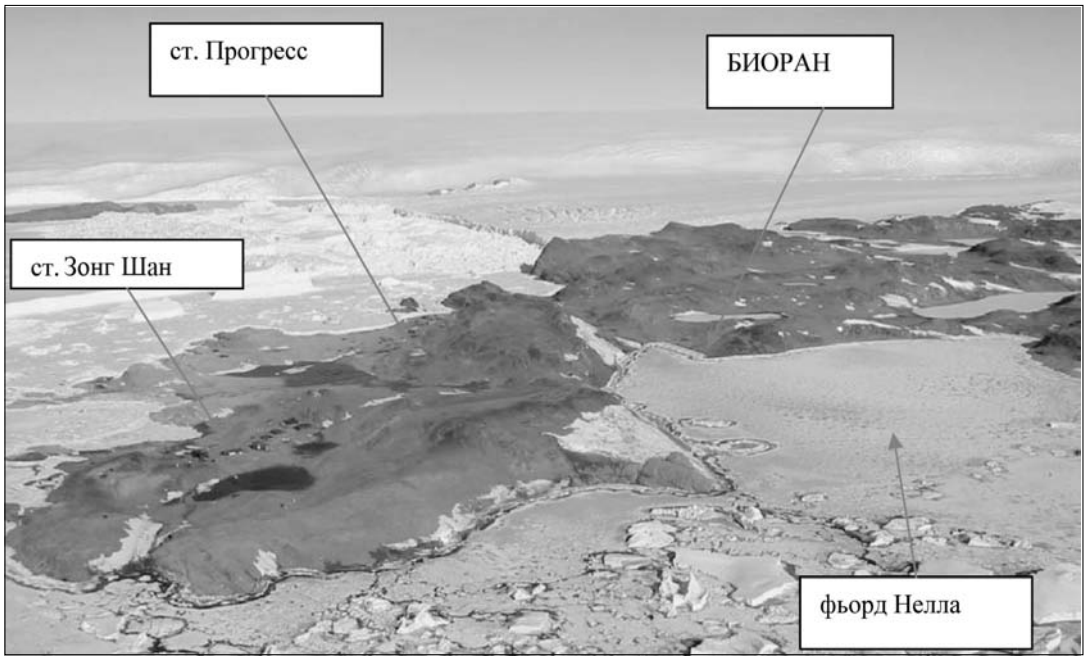
Тема проекта тесно связана с двумя задачами Третьего МПГ: (1) оценка состояния полярных экосистем в условиях изменяющегося климата и (2) разработка системы мониторинга и прогнозирования. Исходя из этих задач в период проведения сезонных работ 52-й РАЭ были поставлены две цели:

1) выбор района для проведения экологического мониторинга морского льда в период МПГ 2007/08 и после него,

2) проведение криобиологических исследований в пелагиали и в прибрежных районах.

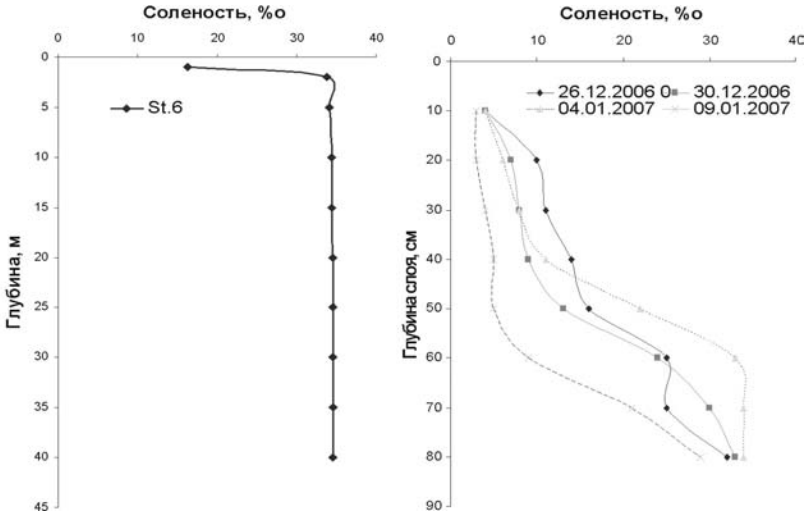
Основная идея в выборе полигона для криобиологических наблюдений состоит в том, чтобы организовать многолетний экологический мониторинг в одном географическом районе Антарктики с единой научной программой. Именно такой подход к многолетним наблюдениям за составом, структурой и функционированием ледовых экосистем в одном географическом районе может дать достоверную оценку современного состояния и основы для прогнозирования их развития в условиях изменяющегося климата.

Одним из основных критериев для выбора района исследований в прибрежной зоне является продолжительное и устойчивое существование морского ледового покрова, максимально безопасный выход на лед, близость полигонов для полевых наблюдений к базе континентальной станции. Анализ географического положения станций, геоморфологии берегов, наличия ледникового



Вид с вертолета на полуостров, где расположены станции Прогресс и Чжунь-Шань, и фьорд Нелла; во фьорде стрелкой показано предполагаемое положение научной базы РАН для проведения многолетнего экологического мониторинга (БИОРАН)

припая, айсбергов, заливов и др. показывает, что из современных действующих континентальных российских станций в Антарктиде данному критерию в большей степени соответствует район станции Прогресс (69°22' ю.ш. и 76°23' в.д.), расположенной на побережье залива Прюдс Земли Принцессы Елизаветы. Это район с мягким климатом, несильными ветрами и среднегодовой температурой воздуха около –9 °С. Здесь же, на западной стороне полуострова Брукнеса расположен фьорд Нелла, представляющий особый интерес для организации многолетнего экологического мониторинга, поскольку непосредственно примыкает к станции Прогресс.



Вертикальное распределение солености (а) в центре фьорда Нелла в слое 1–40 м (данные В.Кузнецова, полученные с использованием CTD-зонда 07.01.07) и в приледовом слое воды 0–80 см (б) с 26.12.06 по 09.01.07

Фьорд Нелла отвечает всем необходимым требованиям для организации многолетнего экологического мониторинга, включая близость и безопасные подходы для работы на льду. Фьорд имеет подковообразную форму с узким горлом, большей частью забитым мелкими айсбергами. Ледовый покров сохраняется здесь не менее 10 месяцев в году, за 20-летний период фьорд вскрывался ото льда всего 4–5 раз. Генеральный ветер – восточный, и горы, отделяющие фьорд от станции Прогресс, защищают ледовый покров от взлома при сильных ветрах, а южный ветер, скатывающийся с ледника Долк, не взламывает лед, поскольку он блокирован айсбергами, заякоренными в горле фьорда, поэтому таяние льда происходит непосредственно в самом фьорде. Для организации наблюдений во фьорде Нелла по проекту МПГ, а затем продолжения многолетнего экологического мониторинга здесь планируется создать постоянно действующую научно-техническую базу для обеспечения полевых и лабораторных работ, сохранения и поддержания научного оборудования и приборов, проведения экспериментальных работ *in vitro*.

Начало работ 52-й РАЭ в декабре 2006 г. совпало с периодом интенсивного разрушения антарктического ледового покрова: первые признаки появления мелкобитого льда наблюдались на 66°18' ю.ш., 42°19' в.д., дрейфующего деформированного льда сплоченностью до 9–10 баллов – на 66°37' ю.ш., 47°21' в.д., а сплошного недеформированного припайного льда – на 66° 55' ю.ш., 45°24' в.д.

Для оценки интенсивности развития ледовых водорослей по маршруту движения ледокола велись визуальные наблюдения за окрашенностью льдин, которая определяется развитием диатомовых водорослей, придающих бурую окрашенность льдам своими пигментами. При переходе от границы мелкобитого льда к припаю максимальная встречаемость бурых льдов наблюдалась в зоне деформированного льда. Это были типично инфильтрационные льды (термин В.Х.Буйницкого, 1968 г.), в которых диатомовые развиваются, главным образом, в снежно-ледовом слое.

К сожалению, до сих пор не представляется возможность для отбора ледовых проб в таких высокопродуктивных районах Южного океана в период проведения сезонных работ РАЭ. Принимая во внимание мощность этого биологического явления и огромные пространства, занимаемые инфильтрационными льдами в зоне морских антарктических льдов, становится очевидным, какая важная информация для оценки экологии этой зоны теряется, хотя необходимость в ее получении несомненна, особенно в период проведения МПГ.

За две недели наблюдений во фьорде Нелла (с 26.12.06 по 09.01.07) толщина льда уменьшилась с 111 см до 53 см, т.е. в 2 раза. Интересны данные по солености воды, контактирующей с морским льдом. Пробы для измерения солености в приледовом слое отобраны через каждые 10 см, начиная от нижней поверхности льда до глубины 80 см. Соленость в слое 0–50 см заметно уменьшается за время наблюдений от значений 10–14 ‰ в начале наблюдений до 3–4 ‰ в конце; слой скачка плотности находится в слое 45–60 см, а типично морские условия начинаются глубже 80 см. Сейчас непонятно, является ли тающий морской лед во фьорде единственным источником поступления пресной воды под лед? Могут ли быть таким источником тающие снежники, образующиеся в зимний период на западных склонах полуострова Брукнес? Можно предполагать, что источником пресной воды могут быть и айсберги, заякоренные в горле фьорда. Течение, входящее во фьорд с востока и омывающее стены айсбергов, может быть источником поступления талой воды айсбергов во

фьорд, где она, смешиваясь с приледовой (морской) водой, участвует в образовании солоноватоводного слоя. Необходимо выяснить, когда начинается этот процесс. Если распресненный слой формируется задолго до начала весеннего таяния, то можно говорить о заметной роли тающих айсбергов, если процесс активного формирования этого слоя совпадает с началом весенней абляции морского ледового покрова, то можно говорить о роли морского льда или, по крайней мере, о комбинации этих источников талой воды.

Важность получения такой информации трудно переоценить, поскольку она связана с пониманием функционирования экосистемы морского льда, в данном случае, во фьорде Нелла. Действительно, в гидробиологической литературе по морским экосистемам Антарктики нет ни одного упоминания о функционировании таких экологических систем. Если в Арктике такие системы известны, например эстуарные системы взаимодействия «река–море», где река является мощным поставщиком пресной воды в залив, где формируется лед (Dikarev et al., 2005; Melnikov et al., 2005), то в Антарктике такие системы либо неизвестны, либо не изучались, либо на них не обращали должного внимания. Принимая во внимание обилие айсбергов в шельфовой зоне, можно предположить, какое мощное влияние они могут оказывать на экосистемы морского льда и, соответственно, на функционирование биологических сообществ, связанных с развитием в зоне припайных береговых и шельфовых льдов.

На примере наблюдений во фьорде Нелла впервые в истории криобиологических исследований в Антарктике получены материалы, характеризующие ледовую экосистему, формирующуюся под сильным влиянием пресных талых вод; пресноводные характеристики льда проявляются как в прибрежной полосе, так и центральной части фьорда. Выявлена сложная многокомпонентная система, состоящая изо льда со свойствами пресноводного и морского влияния, подледного солоноватого слоя с соленостью 4–5 ‰ и мощностью до 50–60 см, и нижележащей морской водой с соленостью 34–35 ‰. Эта «многоэтажная» водно-ледовая система синхронно смещается по вертикали, вследствие приливных колебаний до 2 м, но достаточно устойчива, поскольку ледовый покров «отключает» ветро-волновое перемешивание. Важно выяснить, когда формируется эта система и когда она разрушается. Последующие наблюдения могут дать новое знание о функционировании «псевдоэстуарной» экологической системы Антарктики, где источником пресной воды могут быть талые воды морского льда, прибрежных снежников и/или айсбергов, а возможно, и выше расположенных озер. Важно не упустить новизну и приоритет такого рода исследований.

ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ РАБОТЫ ПО ПРОЕКТУ «ИЗУЧЕНИЕ ЛЕДОВЫХ ЭКОСИСТЕМ АНТАРКТИКИ» В РАМКАХ МПГ 2007/08

И.А.МЕЛЬНИКОВ
(Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН)

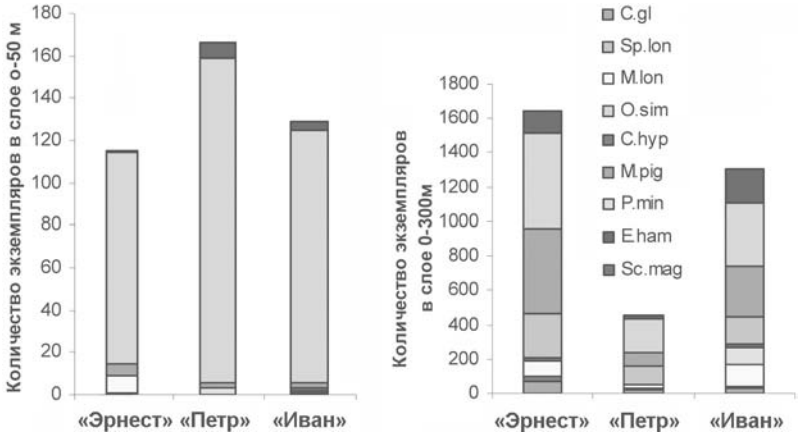
В рамках МПГ 2007/08 выполнялись экспедиционные работы по проекту «Изучение ледовых экосистем Антарктики» (SASIE), входящему в структуру кластерного проекта «Многофункциональный анализ климата и динамики экосистем Южного океана» (ICED), и проекту ПАЛЭКС «Панарктическая дрейфующая ледовая экспедиция», включенному в план реализации проектов МПГ 2007/08 по РФ.

В период проведения экспедиционных работ были выполнены сборы полевого материала в районе ст. Прогресс. На основе гидрохимического анализа проб морского льда и воды получены профили распределения солености, интенсивности флуоресценции и концентрации биогенных элементов за период с 26 декабря 2006 по 9 января 2007 г. Полученные данные по видовому составу ледовой флоры показывают, что одноклеточные водоросли представлены, главным образом, цистами динофлагеллят, а диатомовая флора представлена единичными клетками, что, вероятно, связано с распреснением льда.

На примере наблюдений во фьорде Нелла выявлена сложная многокомпонентная система, состоящая изо льда со свойствами пресноводного и морского влияния, подледного солоноватого слоя с соленостью 4–5 ‰ и мощностью до 50–60 см, и нижележащей морской водой с соленостью 34–35 ‰.

Пробы для измерения солености в приледовом слое отобраны через каждые 10 см, начиная от нижней поверхности льда до глубины 80 см. Соленость в слое 0–50 см заметно уменьшается за время наблюдений от значений 10–14 ‰ в начале наблюдений до 3–4 ‰ в конце; слой скачка плотности находится в слое 45–60 см, а типично морские условия начинаются глубже 80 см. Эта «многоэтажная» водно-ледовая система синхронно смещается по вертикали вследствие приливных колебаний высотой до 2 м, но достаточно устойчива, поскольку ледовый покров «отключает» ветро-волновое перемешивание.

Важно выяснить, когда формируется эта система и когда она разрушается. Последующие наблю-



Численность доминирующих видов зоопланктона в слое 0–50 и 0–300 м по данным вертикальных ловов на ст.1 (13 апреля 2007 г.) в лагерях «Иван», «Петр» и «Эрнест»

дения могут дать новое знание о функционировании «псевдоэстуарной» экологической системы Антарктики, где источником пресной воды могут быть талые воды морского льда, прибрежных снежников и/или айсбергов, а возможно, и выше расположенных озер.

В период проведения работ по теме проекта ПАЛЭКС в околополюсном районе СЛО выполнены комплексные междисциплинарные исследования, которые включали в себя метеорологические, океанографические, гидрохимические, а также криобиологические наблюдения.

Весь комплекс работ проведен синхронно в четырех дрейфующих ледовых лагерях с 6 по 27 апреля 2007 г. Получены профили распределения солености, температуры, биогенных элементов, хлорофилла в водном столбе от поверхности льда до верхней границы атлантической водной массы. Выполнены измерения толщины снежного и ледового покрова в районе дрейфа станций, а также сборы планктона и ледовой биоты. Средние значения для снежного и ледового покрова составили 26 и 176 см соответственно. Отмечено увеличение теплосодержания атлантических вод в приполюсном районе по сравнению с климатическими данными.

В планктоне идентифицировано 25 таксонов, из которых 13 видов приходится на отряд *Copepoda*. 25 апреля во время водолазных работ подо льдом была отобрана проба криопелагической фауны планктонным сачком с нижней поверхности льда. В приледовом планктоне отмечены молодь амфиподы (предположительно, *Apherusa glacialis*), а также единичные экземпляры *Oithona similes* и *Calanus glacialis*. В отобранной 200-миллилитровым шприцем водной пробе измеренная соленость составила 16 ‰, что говорит о начале таяния в это время года в околополюсном районе СЛО.

65. ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ОКРАИННЫХ МОРЕЙ АНТАРКТИДЫ: ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ МОРЯ СОДРУЖЕСТВА (В СОСТАВЕ 52-й РАЭ)

Основные участники и организаторы экспедиции: ПМГРЭ

СОВМЕСТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УЧЕНЫХ РОССИИ И ГЕРМАНИИ В РАМКАХ МПГ 2007/08 – КРУПНЫЙ ВКЛАД В ИССЛЕДОВАНИЯ МОРЯ СОДРУЖЕСТВА

Г.Л.ЛЕЙЧЕНКОВ (ВНИИОкеангеология),
В.В.ГАНДЮХИН (ПМГРЭ),
С.Б.БАЛЯСНИКОВ (ААНИИ)

В начале марта 2007 г. российское НИС «Академик А.Карпинский» Полярной морской геологоразведочной экспедиции (ПМГРЭ), на борту которого осуществлялись работы по национальному проекту МПГ «Геологическая эволюция литосферы и история изменений природной среды в южной части Индийского океана (Восточная Антарктика)», и немецкое НИС «Поларштерн» Института полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера (AWI) встретились в море Содружества, расположенном у берегов Антарктики. Суда встретились для выполнения совместных натурных экспериментов по изучению строения и истории геологического развития литосферы этого удаленного региона планеты. Российско-германские исследования моря Содружества являются частью многонациональной научной программы по изучению истории формирования полярных океанов, одобренной Международным комитетом МПГ. Они также тесно связаны с изучением крупнейшей рифтовой системы южной полярной области Земли, простирающейся от подледных гор Гамбурцева в Центральной Антарктиде до глубоководной котловины Индийского океана.

Бассейн моря Содружества, расположенный на континентальной окраине Антарктиды, заключает осадочный чехол мощностью более 8 км. Он начал формироваться 150–135 млн лет назад, когда, согласно современным представлениям, в результате растяжения литосферы древнего южного суперконтинента Гондваны произошел ее раскол, завершившийся отделением от Антарктиды материковой массы, ныне представленной п-овом Индостан, и раскрытием Индийского океана. Этот процесс сопровождался внедрением глубинных расплавов мантии и интенсивным магматизмом на поверхности Земли, приведшим к возникновению в южной части Индийского океана крупнейшего вулканического плато Кергелен. Это событие оказало существенное влияние на климат того времени и, возможно, повлияло на катастрофическое вымирание живых организмов в меловой период. Затем произошло отделение Антарктиды от других фрагментов Гондваны, в настоящее время слагающих материки Южного полушария, что коренным образом перестроило циркуляцию водных масс в Южном океане и в конечном счете привело к полной изоляции Антарктиды от теплых тропических течений. Результатом явилось развитие около 35 млн лет назад обширного антарктического оледенения, в значительной степени определившего глобальные изменения природной среды.

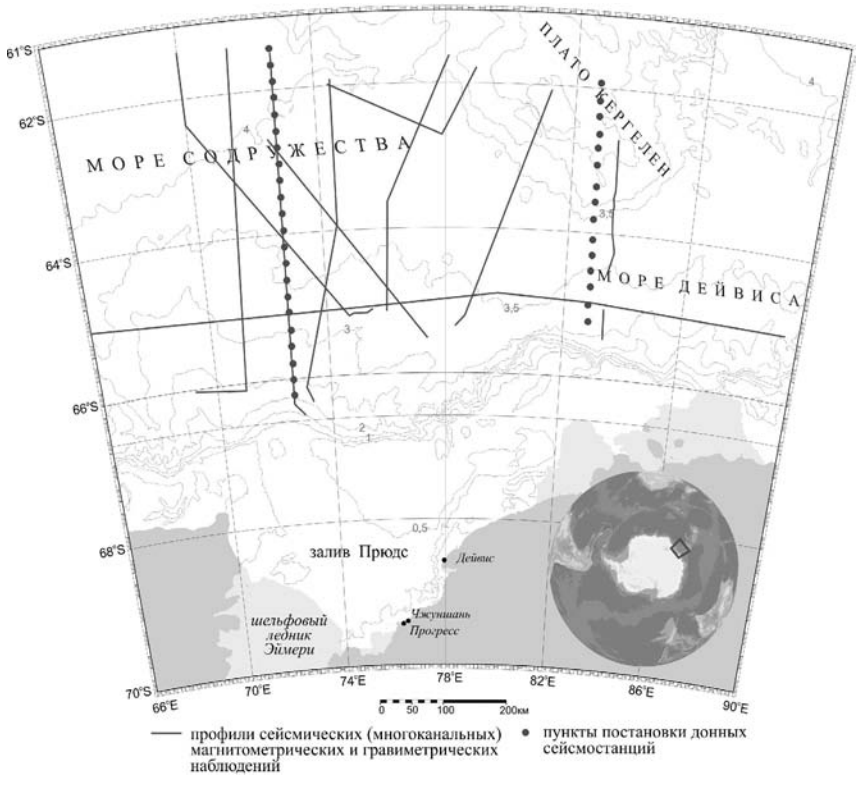


Схема геофизических исследований, выполненных по проекту МПГ в море Содружества

Основная цель российско-германских исследований по программе МПГ в бассейне моря Содружества состояла в получении дополнительной, качественно новой информации, призванной заполнить остающиеся пробелы в реконструкции геологической истории южной полярной области Земли. Впервые в Антарктике осуществлен ряд уникальных наблюдений с широким набором дистанционных геофизических методов, позволя-

ющих изучать земные недра на глубину многих десятков километров.

В состав исследований вошли: многоканальное сейсмическое профилирование (выполнено на НИС «Академик А.Карпинский» до начала совместных работ), глубинные сейсмические зондирования с использованием подводных (опускаемых на дно океана) трехкомпонентных сейсмических станций, широкоугольное сейсмическое профилирование с одновременным использованием двух судов (акустический сигнал излучался на НИС «Поларштерн», а принимался на НИС «Академик А.Карпинский»; суда двигались по профилю на расстоянии 20–30 км друг от друга). Сейсмические работы сопровождались набортными измерениями аномалий поля силы тяжести и напряженности магнитного поля, а также аэромагнитными исследованиями с вертолета, размещавшегося на НИС «Поларштерн».

Всего в период проведения совместных исследований были выставлены 22 донные сейсмостанции на профиле, расположенном в восточной части моря Содружества, и 15 сейсмостанций – в западной части моря Дейвиса и в южной части плато Кергелен.

В осуществлении проекта с российской стороны участвовали специалисты ПМГРЭ и ВНИИОкеангеология. Научным руководителем проекта был Г.Л.Лейченков, начальником рейса НИС «Академик А.Карпинский» – В.В.Гандюхин. Со стороны немецких партнеров в проекте участвовали ученые из Института Альфреда Вегенера и Института геонаук и природных ресурсов Германии.

В ходе совместных полевых работ осуществлялся обмен специалистами. Из полученных материалов будет сформирован общий банк геофизических данных, необходимый для последующей совместной обработки и интерпретации. Объединение интеллектуальных и технических ресурсов позволит внести существенный вклад в развитие фундаментальных знаний о строении и геологической эволюции полярных регионов Земли, а также создаст предпосылки для совершенствования моделирования прошлых изменений природной среды как основы для понимания современных планетарных явлений и прогноза будущих глобальных изменений.

НИС «Поларштерн» в море Содружества.
Совместные российско-германские исследования по проекту МПГ

Уже на этапе предварительной обработки и интерпретации геофизических данных, выполненных на борту судна, найдены новые подходы в решении одной из наиболее сложных проблем строения и эволюции материковых окраин, связанной с идентификацией границы между корой континентального и океанического типов. Благодаря высокому качеству сейсмических материалов удалось обнаружить различия внутреннего строения и физических свойств земной коры, которые позволяют определить ее происхождение. Установлены взаимоотношения утолщенной магматической коры южной части плато Кергелен с рифтогенной и океанической корой моря Содружества и моря Дейвиса. На всей периферии основного поднятия южной части плато Кергелен, отчетливо проявленного в морфологии коренного ложа, выделена терраса с мощностью земной коры 10–12 км, в пределах которой выявлены блоки фундамента с протяженными внутренними отражениями.

По результатам интерпретации магнитометрических данных в северо-восточной части моря Содружества идентифицирована симметричная последовательность линейных магнитных аномалий.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МОРЯ СОДРУЖЕСТВА В СОСТАВЕ 52-Й РАЭ

В.В.ГАНДЮХИН, Ю.Б.ГУСЕВА (ПМГРЭ)

Комплексные морские геофизические исследования, выполненные ФГУНПП «ПМГРЭ» в составе 52-й Российской антарктической экспедиции (РАЭ), осуществлялись в рамках госконтракта с Роснедра по объекту «Геолого-геофизическое изучение и оценка минерально-сырьевого потенциала недр Антарктиды и ее окраинных морей (восточная часть моря Содружества, горные районы Земли Мак-Робертсона) в составе 52-й РАЭ» и параллельно по проекту МПГ «Геолого-геофизическое изучение окраинных морей Антарктиды: восточная часть моря Содружества в составе 52-й РАЭ» – проект ПМГРЭ//Ю//МЭ_1. Морские исследования выполнялись на научно-исследовательском судне ПМГРЭ «Академик А.Карпинский».

Район морских исследований 52-й РАЭ располагается в море Содружества и западной части моря Дейвиса (рис. 1, 2). Основными геологиче-

скими задачами комплексных морских геофизических работ 52-й РАЭ являлось:

– составление комплекта геофизических и интерпретационных карт масштаба 1:2 500 000 восточной части бассейна моря Содружества;

– выявление основных параметров осадочного чехла;

– выявление структуры и природы фундамента осадочного бассейна, характеристика глубинного строения земной коры бассейна моря Содружества и южной части плато Кергелен (в том числе выявление взаимоотношений между различными типами земной коры в зоне перехода «континент–океан»);

– выявление основных элементов рифтовой структуры на континентальной окраине моря Содружества;

– оценка ресурсного (углеводородного) потенциала моря Содружества;

– создание модели геодинамической эволюции и седиментогенеза восточной части бассейна моря Содружества; реконструкция геодинамической эволюции и обстановок осадконакопления бассейна моря Содружества на основе ретроспективных и вновь полученных данных.

Морские исследования 52-й РАЭ проводились на НИС «Академик А.Карпинский» и включали в себя сейсморазведку методом общей глубинной точки (МОГТ), выполнявшуюся в комплексе с гидромагнитными и гравиметрическими наблюдениями, а также сейсмические зондирования методом преломленных волн (МПВ) с донными станциями. Работы обеспечивались гидрографической, спутниковой навигационной и спутниковой ледово-синоптической информацией.

Предварительные результаты исследований по проекту показали следующее:

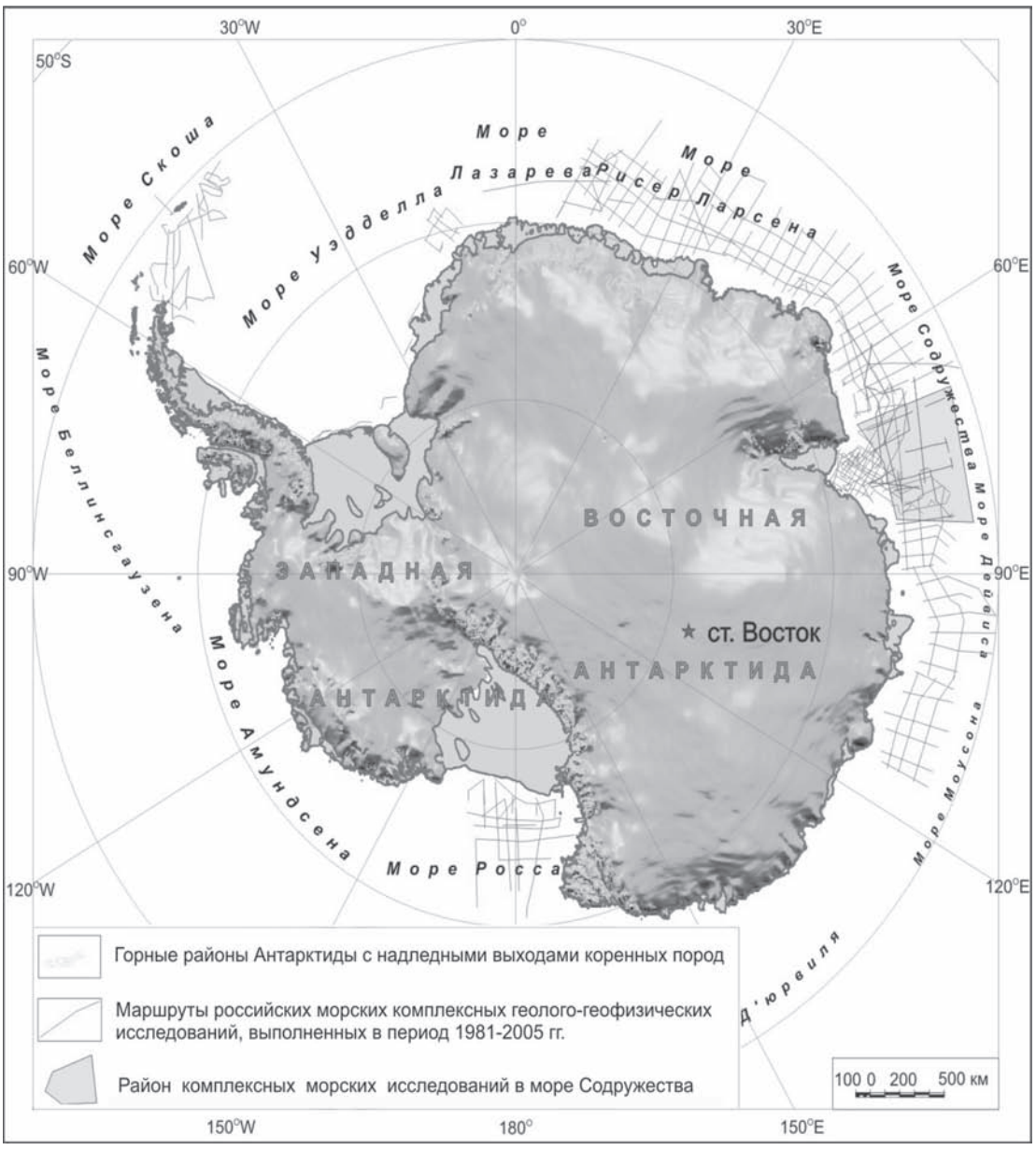


Рис. 1. Район работ

Рис. 2. Геофизическая изученность и расположение морских геофизических профилей 52-й РАЭ

1) благодаря новым сейсмическим данным и их предварительной интеграции с материалами отечественных и зарубежных экспедиций прошлых лет удалось существенно уточнить строение фундамента бассейнов морей Содружества – Дейвиса и южной части плато Кергелен. В глубоководной области района исследований по данным МОГТ выделено 7 типов акустического фундамента, отличающихся по характеру сейсмической записи, морфологии и глубине залегания;

2) интерпретация всей совокупности полученных геофизических данных позволила более обоснованно установить положение границы между рифтогенной континентальной и океанической корой и уточнить ее положение. Согласно новым представлениям, она находится в 40–60 км южнее, чем предполагалось раньше отечественными и зарубежными специалистами. Одним из дополнительных критериев, обнаруженным при анализе сейсмических данных, является резкая смена характера сейсмической записи глубинной структуры земной коры на разрезах МОГТ при переходе через границу континент–океан. Океаническая кора имеет отчетливую стратификацию, которая связывается с тремя слоями (базальтовым, дайковым и габбровым) классического разреза спрединговых котловин, тогда как рифтогенная континентальная кора характеризуется однородной структурой. На некоторых профилях МОГТ, выполненных в восточной части моря Содружества, в непосредственной близости от границы континент–океан, в структуре коры отмечаются яркие куполообразные отражения, интерпретируемые как мантийные диапиры, внедрившиеся на завершающей стадии растяжения литосферы;

3) установлены границы и взаимоотношения утолщенной магматической коры южной части пла-

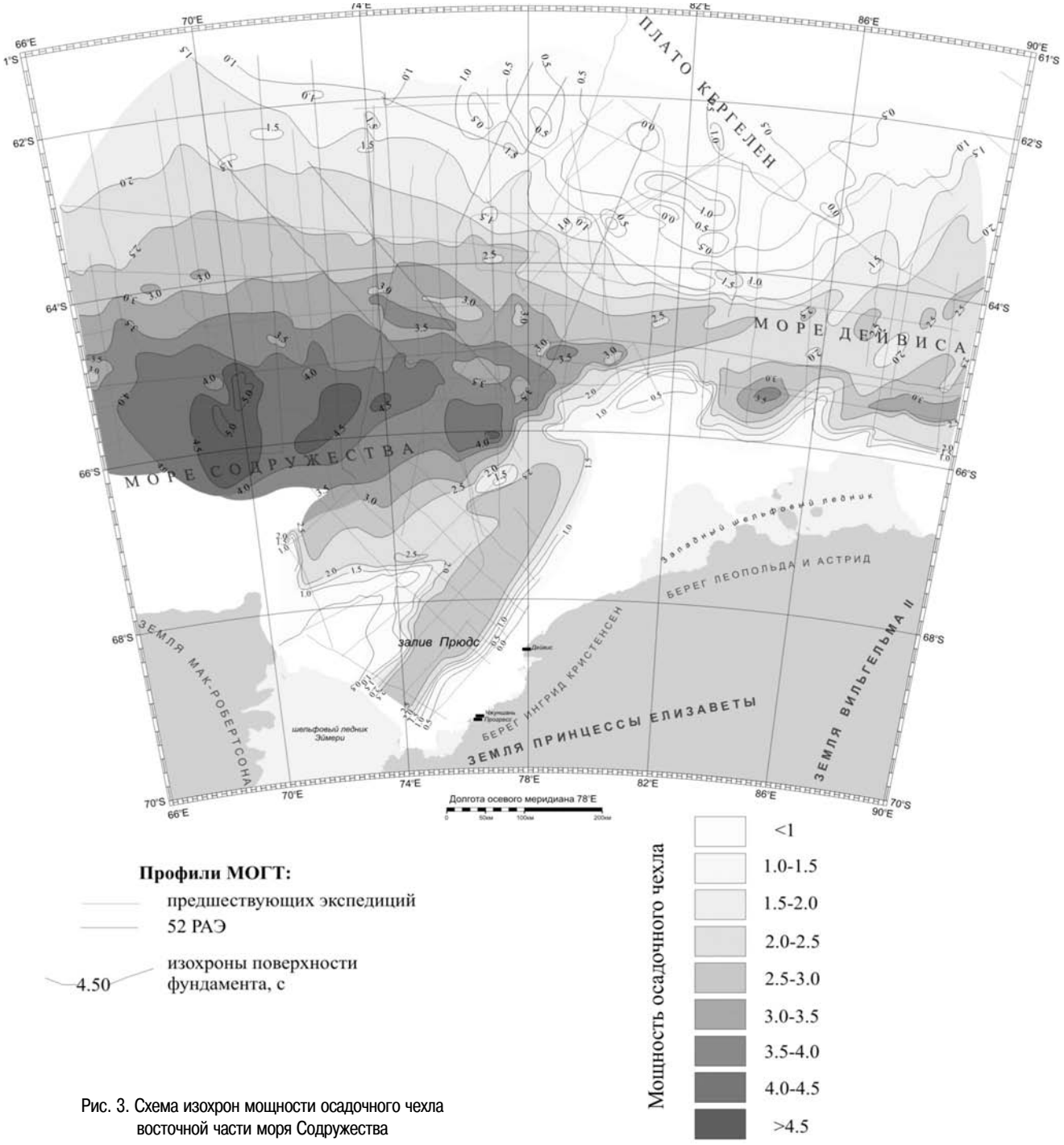


Рис. 3. Схема изохрон мощности осадочного чехла восточной части моря Содружества

то Кергелен с рифтогенной и океанической корой восточной части моря Содружества и западной части моря Дейвиса. На всей периферии основного поднятия южной части плато Кергелен, отчетливо проявленного в морфологии коренного ложа, выделена терраса с мощностью земной коры 10–12 км. В пределах этой террасы выявлены блоки фундамента, во внутренней структуре которых наблюдаются протяженные наклонные рефлекторы с различными направлениями падения. В северной части моря Содружества кора океанического типа имеет повышенную мощность (9–11 км), что объясняется более обильным, чем обычно, магматизмом в океанических хребтах в связи с активными процессами мантийной (плюмовой) конвекции. Предполагается, что формирование фундамента с гладкой поверхностью (нехарактерной для океанической коры с медленным спредингом) могло быть обусловлено особым характером магматизма срединно-океанического хребта на ранней стадии раскола Гондваны, который развивался под влиянием астеносферного плюма Кергелен;

4) по результатам интерпретации магнитометрических данных в северо-восточной части моря Содружества идентифицирована симметричная последовательность линейных магнитных анома-

лий спрединговой природы, самой древней из которых является аномалия, отождествляемая с хроном полярности M12A (136,3 млн лет). В океанической коре этого района выделено три сегмента с различным возрастом осевых аномалий (131, 132 и 133 млн лет), отождествляемых с отмершими осями палеоспрединга. Согласно новой геодинамической модели, основанной на результатах комплексной интерпретации геофизических данных 52-й РАЭ , раскол литосферы между Индией и Антарктикой произошел около 137 млн лет назад. Увеличение мощности базальтового слоя океанической коры (слой 2A) с возрастом около 134 млн лет, выявленное по сейсмическим данным, связывается с активизацией мантийной конвекции. Предполагается, что отмирание и перескок осей палеоспрединга были обусловлены внедрением мантийного плюма Кергелен в литосферу Восточной Гондваны около 132 млн лет назад;

5) выполнена корреляция основных региональных несогласий между западной частью моря Содружества и морем Дейвиса (на основе широтного профиля 5201), которая позволила создать универсальную сейсмостратиграфическую модель строения осадочного чехла континентальной окраины Восточной Антарктиды;

6) по результатам морских геофизических работ 52-й РАЭ составлен комплект предварительных геофизических и интерпретационных карт масштаба 1:2 500 000 восточной части бассейна моря Содружества. Уточнена внешняя граница и определены основные параметры осадочного бассейна моря Содружества (рис. 3). Общая мощность осадочного чехла составляет более 9 км в периконтинентальной зоне глубоководной части бассейна. Площадь бассейна моря Содружества, расположенная в районе работ 52-й РАЭ, составляет около 400 тыс. км^2, объем осадочного материала – около 1,7 млн км^3.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА

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

В октябре 2006 г. был подписан меморандум между ФГУНПП «ПМГРЭ», ВНИИОкеангеология и институтом полярных исследований им. А.Вегенера (AWI, Германия) о проведении совместного научного эксперимента в рамках 3 Международного полярного года (МПГ) по проекту «История геодинамического развития, осадконакопления и изменений природной среды в районе моря Содружества – плато Кергелен, Восточная Антарктика». Проект был одобрен и включен в перечень программ МПГ на заседании Организационного комитета по участию Российской Федерации в подготовке и проведении МПГ 2007/2008 г.г. (Протокол № 1 от 7 апреля 2005 г.г.; Бедрицкий А.И. – сопредседатель Организационного комитета, Руководитель Росгидромета; Чилингаров А.Н. – сопредседатель Организационного комитета, Заместитель председателя Государственной Думы РФ).

В осуществлении проекта с российской стороны принимали участие специалисты ФГУНПП «ПМГРЭ» и «ВНИИОкеангеология», а со стороны немецких партнеров – ученые из Института А.Вегенера (AWI) и Института геонаук и природных ресурсов Германии (BGR). В ходе совместных полевых работ осуществлялся обмен специалистами. Из полученных материалов сформирован общий банк геофизических данных, необходимый для последующей совместной обработки и интерпретации. Объединение интеллектуальных и технических ресурсов позволит внести существенный вклад в развитие фундаментальных знаний о строении и геологической эволюции полярных регионов Земли, а также создаст предпосылки для совершенствования моделирования прошлых изменений природной среды как основы для понимания современных планетарных явлений и прогноза будущих глобальных изменений.

Такое сотрудничество стало возможным благодаря инициативе проведения в 2007–2008 гг. 3-го МПГ, в котором Российская Федерация, имеющая богатый опыт полярных исследований, принимает активное участие с обширной и тщательно разработанной научной программой. Совместные российско-германские исследования моря Содружества являются частью многонациональной научной программы по изучению истории формирования полярных океанов, одобренной Международным комитетом МПГ. Они также тесно связаны с изучением крупнейшей рифтовой системы Южной полярной области Земли, протягивающейся от подледных гор Гамбурцева в центральной Антарктиде до глубоководной котловины Индийского океана.

В начале марта 2007 г. российское НИС «Академик Александр Карпинский», принадлежащее ПМГРЭ, и немецкое НИС «Поларштерн», принадлежащее AWI, встретились в море Содружества, расположенном у берегов Восточной Антарктики, для выполнения совместного натурного эксперимента по изучению строения и истории геологического развития литосферы этого удаленного региона планеты. Предварительно, в феврале 2007 г. НИС «Академик Александр Карпинский» выполнил сейсмические, гравиметрические и гидромагнитные исследования по опорной сети региональных профилей (рис. 3), в рамках Государственного контракта на выполнение работ по объекту «Геолого-гео-

НИС «Академик Александр Карпинский»

НИС «Поларштерн»

физическое изучение окраинных морей Антарктиды: восточная часть моря Содружества (в составе 52-й РАЭ)». Этот объект также включен организационным комитетом в состав работ, выполняемых МПР РФ в 2007–2008 гг., по программе Международного полярного года. Профили 5206 и 3910 были выбраны исполнителями проекта опорными для геотраверзов «А» и «В», которые были намеченные в процессе предварительного согласования программы работ по проекту МПГ.

Совместный эксперимент был начат по геотраверзу «А» в начале марта и содержал следующие виды работ: МПВ с донными станциями, широкоугольное глубинное сейсмическое профилирование (ШГСП) и аэромагнитную съемку по четырем маршрутам, параллельным линии геотраверза. Расстановка донных станций вдоль профиля 5206 была завершена утром 3 марта 2007 г. В 8 ч 3 марта были начаты совместные наблюдения по методике ШГСП. НИС «Академик Александр Карпинский» следовал за НИС «Поларштерн» на дистанции 20–25 км и регистрировал на сейсмическую косу MSX-6000M закритические отраженные волны. Возбуждения сейсмического сигнала осуществлялись с борта НИС «Поларштерн». Геотраверз «В» выполнен с 17 по 21 марта 2007 г. одним НИС «Поларштерн» по профилю 3910, выполненному ПМГРЭ в 1994 г.

Бассейн моря Содружества, расположенный на континентальной окраине Антарктиды, заключает осадочный чехол мощностью более 8 км. Он начал формироваться 150–135 млн лет назад, когда в результате растяжения литосферы древнего южного суперконтинента Гондваны произошел ее раскол, завершившийся отделением от Антарктиды материковой массы, ныне представленной полуостровом Индостан, и раскрытием Индийского океана. Этот процесс сопровождался внедрением глубинных расплавов мантии и интенсивным магматизмом на поверхности Земли, приведшим к возникновению в южной части Индийского океана крупнейшего вулканического плато Кергелен. Это событие ока-

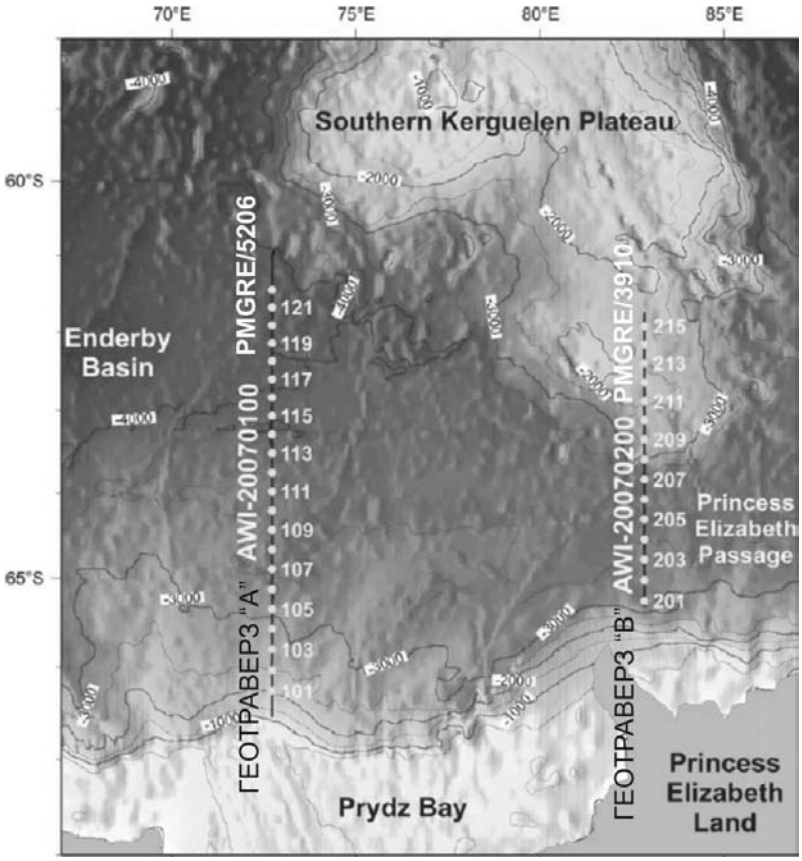
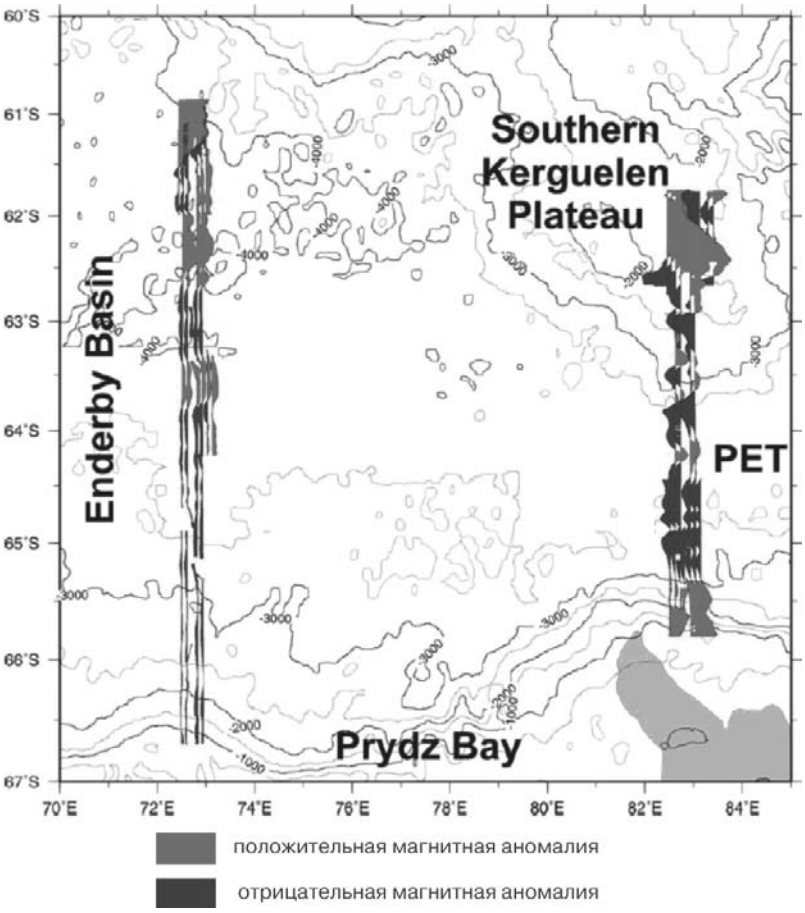


Схема расстановки донных сейсмических станций на геотраверзах «А» и «В»



Аэромагнитные исследования

зало существенное влияние на климат того времени и, возможно, повлияло на катастрофическое вымирание живых организмов в меловой период. Затем произошло отделение Антарктиды от других фрагментов Гондваны, в настоящее время слагающих материки Южного полушария, что коренным образом перестроило циркуляцию водных масс в Южном океане и в конечном счете привело к полной изоляции Антарктиды от теплых тропических течений. Результатом стало развитие около 35 млн лет назад обширного антарктического оледенения, в значительной степени определившего глобальные изменения природной среды.

Уже на этапе предварительной обработки и интерпретации геофизических данных, выполненных на борту судна, найдены новые подходы в решении одной из наиболее сложных проблем строения и эволюции материковых окраин, связанной с идентификацией границы между корой континентального и океанического типов. Благодаря высокому качеству сейсмических материалов удалось обнаружить различия внутреннего строения и физических свойств земной коры, которые позволяют определить ее происхождение. Установлены взаимоотношения утолщенной магматической коры южной части плато Кергелен с рифтогенной и океанической корой моря Содружества и моря Дейвиса. На всей периферии основного поднятия южной части плато Кергелен, отчетливо проявленного в морфологии коренного ложа, выделена терраса с мощностью земной коры 10?12 км, в пределах которой выявлены блоки фундамента с протяженными внутренними отражениями.

По результатам интерпретации магнитометрических данных в северо-восточной части моря Содружества идентифицирована симметричная последовательность линейных магнитных аномалий спрединговой природы, самой древней из которых является аномалия, отождествляемая с хроном полярности M12A (136,3 млн. лет). В океанической коре этого района выделено три сегмента с различным возрастом осевых аномалий (131, 132 и 133 млн. лет), отождествляемых с отмершими осями палеоспрединга. Согласно новой геодинамической модели, основанной на результатах комплексной интерпретации геофизических данных, раскол литосферы между Индией и Антарктикой произошел около 137 млн. лет назад. Предполагается, что отмирание и перескок центров палеоспрединга были обусловлены внедрением мантийного плюма Кергелен в литосферу Восточной Гондваны около 132 млн. лет назад.

Проект «История геодинамического развития, осадконакопления и изменений природной среды в районе моря Содружества – плато Кергелен, Восточная Антарктика» не финансировался из средств выделенных на выполнение работ Международного полярного года Правительством РФ.

73. ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЕ ПРОНИКНОВЕНИЕ И КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДЛЕДНИКОВОГО оз. ВОСТОК

Основные участники и организаторы экспедиции: ААНИИ

НАЗЕМНЫЕ РАБОТЫ В АНТАРКТИКЕ

А.В.КЛЕПИКОВ
(ААНИИ)

Комплексные исследования подледникового оз. Восток, включающие проникновение в озеро с отбором проб озерной воды, выполняются по проекту «Экологически чистое проникновение и комплексное исследование подледникового озера Восток» Плана реализации научной программы участия Российской Федерации в проведении МПГ 2007/08. После годичного перерыва в сезонный период 52-й РАЭ на станции Восток возобновлены буровые работы в глубокой скважине 5Г-1. Они проводятся с целью отбора и исследования керна озерного льда, углубления скважины и подготовки ее к проведению операции по проникновению в оз. Восток. Текущая глубина скважины (на 15 марта 2007 г.) составляет 3658,26 м.

Проведены испытания нового комплекта геофизического оборудования, предназначенного для прецизионных измерений температуры и давления заливочной жидкости в скважины. Выполнены предварительные исследования вновь полученного керна, позволившие получить новые данные о строении и составе озерного льда на больших глубинах. В частности, впервые получены данные об ориентировке оптических осей кристаллов озерного льда, свидетельствующие о практически полном отсутствии деформирующих напряжений в придонной части ледникового покрова. Дальнейший анализ этих данных даст уникальный фактический материал для развития представлений о механизмах образования и метаморфизма озерного льда, а также для совершенствования технологии бурения крупнокристаллического льда механическим способом.

Бурение скважины глубиной 15 м
в точке с координатами 78° 05' ю.ш., 102° 45' в.д.,
расположенной в 110 км вверх по течению льда от станции Восток

Буровые работы в скважине 5Г-1 будут продолжены в зимовочный период 52-й РАЭ. Проникновение в озеро с забором в скважине озерной воды будет осуществляться специальным тепловым снарядом, который в настоящее время подготавливается специалистами СПГГИ. Операцию «проникновение» планируется начать после достижения скважиной отметки 3720 м, в сезонный период 53-й РАЭ.

В сезонные периоды 50-й и 51-й РАЭ выполнялись комплексные гляцио-геофизические исследования вдоль линии тока льда, проходящей через станцию Восток по российскому проекту МПГ «Гляцио-геофизические исследования вдоль линий тока льда, проходящих через подледниковое озеро Восток (Антарктида)». Программа походных исследований включала детальное радиолокационное профилирование ледника, расстановку снегомерных вех, отбор поверхностных (1,5 м) изотопных проб и комплексные исследования снежной толщи в шурфах глубиной 2-3 м по программе, рекомендованной кластерным проектом МПГ «Трансантарктическая научная экспедиция – Ледоразделы Восточной Антарктиды» (Trans-Antarctic Scientific Traverses Expeditions – Ice Divide of East Antarctica – TASTE-IDEA).

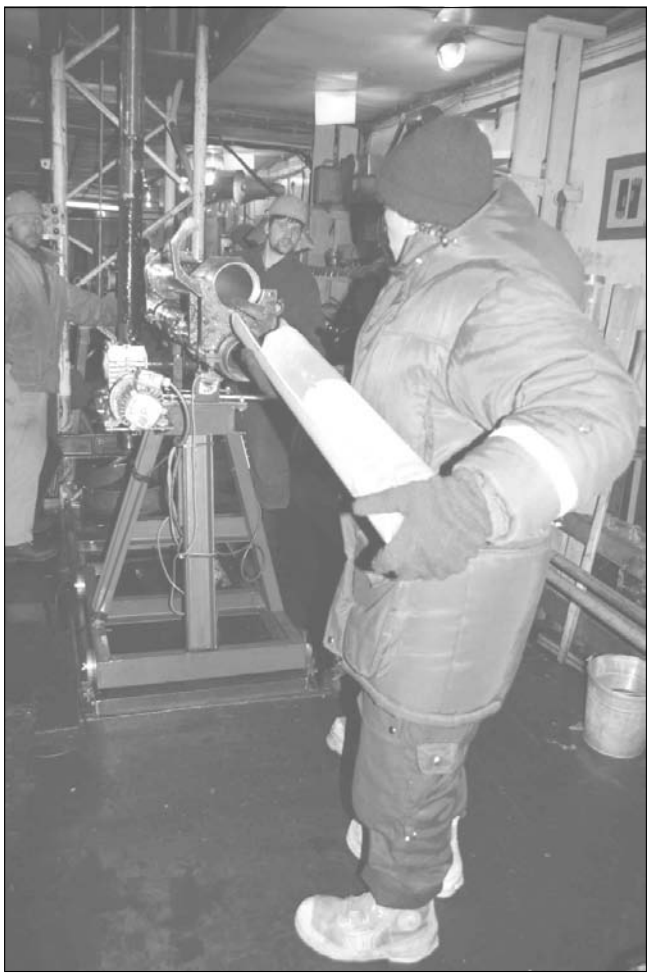
Походные исследования 50-й и 51-й РАЭ охватили первый 110-километровый участок линии тока льда, расположенный вверх по течению льда от станции Восток. В наиболее удаленной от станции Восток точке (78° 05' ю.ш., 102° 45' в.д.) пробурена скважина глубиной 15 м. По полученному керну произведены непрерывные измерения электропроводности снега, которые позволили идентифицировать слои, соответствующие хорошо датированным извержениям вулканов Тамбора (1815 г.) и Кракатау (1883 г.).

Детальные исследования образцов керна и проб снега из шурфов в настоящее время продолжаются. В сезонный период 52-й РАЭ выполнены радиолокационные исследования ледникового покрова вдоль 60-километрового участка линии тока льда, расположенного вниз по течению льда от станции Восток. В этот же сезон были проведены рекогносцировочные наблюдения с самолета ВТ-67 по маршруту Прогресс – Восток. В ходе этих наблюдений получены предварительные данные о типах рельефа снежной поверхности, необходимые для прокладки новой трассы транспортных походов

Прогресс–Восток. Первые походы по новой трассе планируется провести в сезоны 53-й и 54-й РАЭ. Параллельно с прокладкой трассы будут завершены комплексные исследования линий тока льда, проходящих через озеро Восток, которые запланированы в рамках данного проекта МПГ.

1 марта 2007 г. в ААНИИ начался сбор результатов рутинных метеорологических измерений и аэрологического зондирования на антарктических станциях в формате международного обмена в рамках кластерного проекта МПГ № 267 «Сбор данных метеорологических измерений в активную фазу МПГ для научных и прикладных исследований» (Comprehensive Meteorological dataset of active IPY Antarctic measurement phase for Scientific and applied Studies – COMPASS). В рамках этого же проекта 26 февраля на полевой базе Молодежная была установлена и начала работу автоматическая метеостанция. Данные этой станции 1 раз в сутки передаются через спутник, а 8-срочные данные накапливаются в памяти станции и будут сняты через год в сезоне 53-й РАЭ.

Мартовская серия приземных метеорологических измерений на станции Беллинсгаузен стала сороковой серией наблюдений на одной и той же метеоплощадке, что является своеобразным рекордом среди российских антарктических станций. Выполнены оперативные сравнения данных стандартных измерений на соседних станциях, включая автоматические метеорологические станции. Данные российских станций сопоставлены с данными станций Чили, Аргентины, Китая, Великобритании, Индии, Бельгии, Германии, Франции, а также с данными реанализа и регионального численного моделирования. Примеры данных текущих измерений представлены на интернет-сайте Подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» *http://south.aari.nw.ru.*



Извлечение керна льда озера Восток из керноприемной трубы бурового снаряда. Станция Восток, январь 2007 г.

В 52-й РАЭ в рамках выполнения проекта МПГ «POLAR-AOD: a network to characterize the means, variability, and trends of the climate-forcing properties of aerosols in polar regions» («Климатообразующие свойства аэрозоля в полярных регионах: средние значения, параметры изменчивости и тренды»), одновременно с участниками проекта из 16 стран, в наблюдательский сезон 2006/07 г. выполнен комплекс измерений спектрального аэрозольного ослабления солнечной радиации в обс. Мирный.

В рамках выполнения проекта МПГ «Ozone layer and UV radiation in a changing climate evaluated during IPY» («Исследование влияния озона и ультрафиолетовой радиации на изменение климата») в наблюдательский сезон 2006/07 г. выполнен комплекс измерений общего содержания озона на трех антарктических станциях: Мирный, Новолазаревская, Восток. Восстановлен комплекс аппаратуры для измерений общего содержания парниковых газов в толще атмосферы солнечным спектроскопическим методом на станции Новолазаревская.

В 52-й РАЭ восстановлены регулярные прибрежные гидрологические наблюдения в районе станции Беллинсгаузен и продолжены гидробиологические наблюдения, позволяющие оценить сезонную и межгодовую динамику зоопланктонного сообщества под влиянием местных факторов. Создан пополняемый архив данных по климату о. Кинг-Джордж на основе информации восьми местных станций. Начаты работы по архивации спутниковых изображений покровного оледенения о. Кинг-Джордж. Собраны данные о скорости таяния ледника и сезонного изменения солености в бухте Ардли.

Данные работы являются российским вкладом в проект МПГ «Воздействие таяния ледников, обусловленного изменением климата, на морские прибрежные сообщества в районе Антарктического полуострова» (Impact of Climate Induced glacial melting on marine Coastal communities Off the Western Antarctic PENinsula – CLICOPEN). Предварительные данные исследований по проекту CLICOPEN доложены на заседании Европарламен-

та как пример взаимовыгодного международного сотрудничества.

В сезон 52-й РАЭ начаты российские работы по проекту МПГ «Антарктическая и субантарктическая вечная мерзлота, перигляциаль и почвенная среда» (Antarctic and sub-Antarctic Permafrost, Periglacial and Soil Environments – ANTPAS). Выполнены измерения параметров вечной мерзлоты (глубины слоя сезонного протаивания, температуры почвы, элементного состава мерзлых грунтов и распределения растительности) на стационарном геокриологическом полигоне на о. Кинг-Джордж. В 2007 г. выполнена рекогносцировка геокриологических полигонов вблизи станций Новолазаревская и Прогресс для проведения измерений в период МПГ 2007/08.

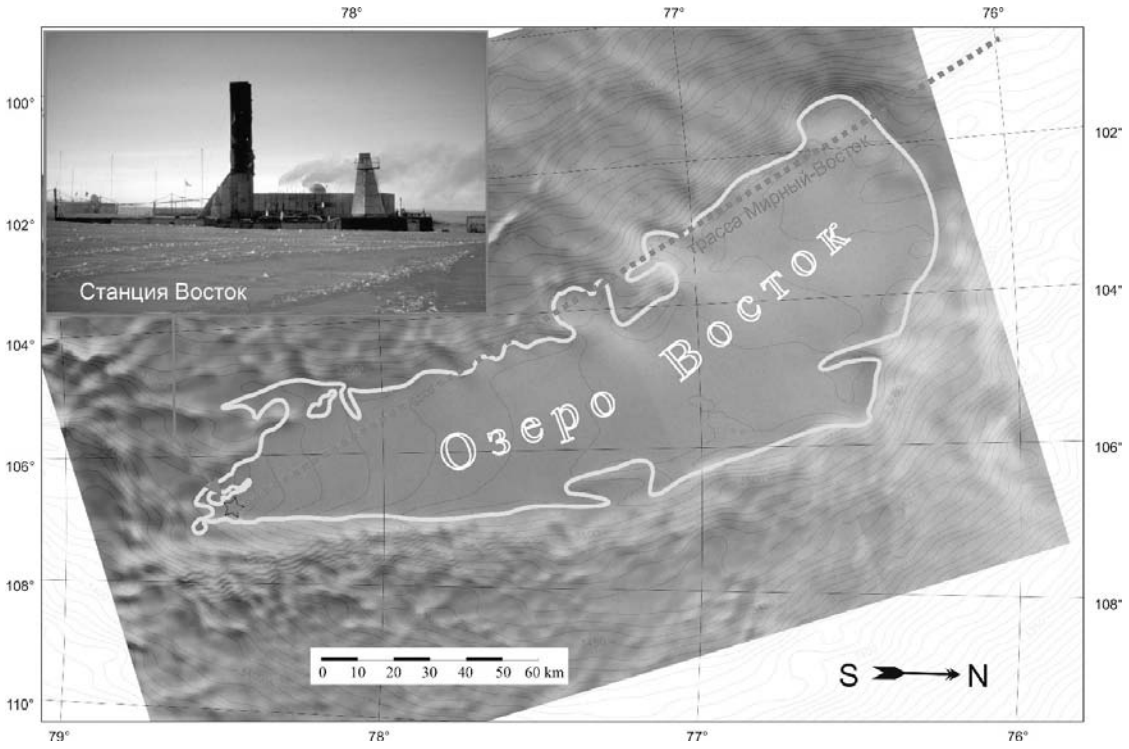
ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДЛЕДНИКОВОГО оз. ВОСТОК

В.Я.ЛИПЕНКОВ (ААНИИ)

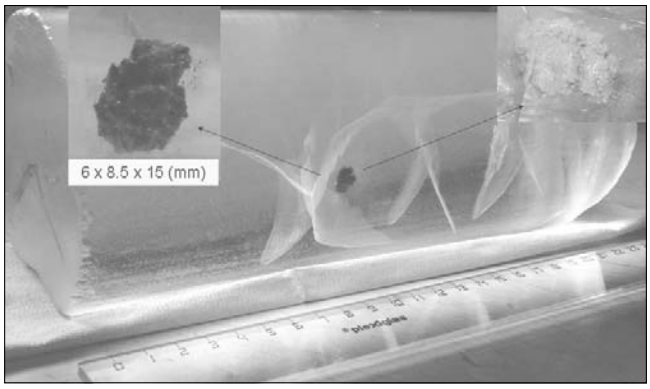
Сравнимое по размерам с крупнейшим в Европе Ладожским озером, скрытое от глаз четырехкилометровой толщей антарктического льда оз. Восток резко выделяется своими грандиозными масштабами из более чем 145 подледниковых водоемов, обнаруженных к настоящему времени методом радиолокационного зондирования в Антарктиде. Возникновение, развитие и современный режим этого уникального водоема тесно связаны с геологическим строением, историей климата и оледенения шестого континента.

В геологическом отношении оз. Восток представляет собой рифтовый грабен, образовавшийся в позднеюрско-раннемеловое время как продолжение единой рифтовой системы ледников Ламберта – Эймери и залива Прюдс. История возникновения озера Восток как водоема достоверно не установлена. Теоретически показано, что оно могло существовать в рифтовой депрессии задолго до начала оледенения Антарктиды около 30 млн лет назад. Большинство исследователей, однако, склоняются к тому, что озеро возникло в результате донного таяния ледника во время или после образования континентального ледникового покрова в его современных масштабах (15 млн лет назад). Благодаря своим значительным размерам (60×280 км, мощность водного слоя до 1200 м), оз. Восток занимает центральное место в подледниковой гидрологической системе Антарктиды, во многом определяющей форму и динамику антарктического ледникового покрова в условиях меняющегося климата планеты.

С точки зрения биологов, оз. Восток – это прежде всего уникальная водная экосистема, практически изолированная от земной атмосферы и поверхностной биосферы на протяжении миллионов



Подледниковое озеро Восток расположено в районе научной и логистической деятельности РАЭ (береговая линия озера показана по данным ПМГРЭ)



Крупное минеральное включение
в керне озерного льда с глубины 3608 м

лет. Тектоническая природа озера и его продолжительная изоляция предполагают возможность сохранения здесь реликтовых форм жизни и проявления еще неизвестных науке путей эволюционной адаптации микроорганизмов, изучение которых будет способствовать лучшему пониманию процессов развития жизни на нашей планете. Экстремальные условия подледникового водоема, характеризующиеся высоким давлением, отсутствием света, специфическим газовым составом воды и чрезвычайно низким содержанием биологического материала, делают его идеальной экспериментальной площадкой для отработки на Земле методов и технологий поиска следов жизни на покрытых льдом планетах и лунах Солнечной системы. Очевидно, что положительные результаты, достигнутые при изучении микробиоты озера Восток, содействовали бы продвижению амбициозных астробиологических проектов в рамках планируемых экспедиций на Марс и спутник Юпитера Европу.

Исключительный интерес мирового научного сообщества к исследованию оз. Восток и других подледниковых систем нашел отражение в решении SCAR создать в своей структуре специальную научную программу Подледниковые озера Антарктиды (Subglacial Antarctic Lake Environments – SALE) и рекомендовать исследования подледниковой среды в качестве приоритетных для программы III МПГ в Антарктике.

В настоящее время единственный источник экспериментальных данных о химическом, газовом и биологическом составе воды оз. Восток – ледяной керн глубокой скважины 5Г, пробуренной на российской станции Восток. Скважина распложена над южной глубоководной частью озера, где происходит намерзание озерной воды на подошву ледника. В ходе продолжающихся буровых работ на станции Восток было поднято 130 м керна озерного льда. Верхние 70 м колонки этого керна содержат минеральные включения, которые являются носителями уникальной информации о геологическом строении подледниковой среды.

В нашей стране комплексные исследования подледникового оз. Восток проводятся в рамках специального проекта подпрограммы «Исследование и изучение Антарктики» ФЦП «Мировой океан». Значительная часть запланированных на 2007–2009 гг. работ непосредственным образом связана с реализацией национальной Научной программы МПГ. В работах по проекту участвуют восемь научно-исследовательских учреждений. Их деятельность, координируемая ААНИИ Росгидромета, охватывает все важнейшие технологические и научные аспекты изучения подледниковых озер Антарктиды, обозначенные международной программой SALE.

Разработкой технологий и средств кернового бурения льда и экологически безопасного проникновения в подледниковые водоемы занимаются специалисты Санкт-Петербургского государственного горного института (СПГГИ) в сотрудничестве с ААНИИ.

Полярная морская геологоразведочная экспедиция (ПМГРЭ) проводит в составе РАЭ наземные дистанционные исследования оз. Восток средствами сейсмического зондирования и радиолокационного профилирования.

Минеральные включения донных осадков озера, захваченных озерным льдом, изучают ученые ВНИИОкеангеология и ВСЕГЕИ. Газовые и изотопные анализы образцов озерного льда осуществляют специалисты ААНИИ. Институт микробиологии (ИНМИ) и Петербургский институт ядерной физики (ПИЯФ) РАН проводят биологические исследования ледяных кернов методами молекулярной биологии и классической микробиологии.

В исследованиях ледяного керна принимают участие французские ученые из Лаборатории гляциологии и геофизики окружающей среды (ЛГГОС, г. Гренобль). Они предоставляют для совместных работ сертифицированные по классу 10000 чистые комнаты, необходимые для предбиологической подготовки образцов льда, осуществляют химический контроль остаточного загрязнения биологических проб и участвуют в газовых и изотопных анализах ледяных кернов.

Полученные в ходе полевых и лабораторных исследований данные обобщаются и согласовываются между собой при создании математических моделей, описывающих динамику ледникового покрова (Казанский государственный университет), циркуляцию подледникового озера, его газовый и изотопный режимы (ААНИИ), а также при создании геологических моделей происхождения оз. Восток (ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ).

За прошедшие годы российскими исследователями оз. Восток был получен целый ряд выдающихся результатов, которые получили международное признание и утвердили лидирующее положение отечественной науки в изучении этого уникально-

го природного объекта. К таким достижениям, в первую очередь, относятся:

1) самая глубокая в мире скважина в ледниковом покрове, которая вошла в слои льда оз. Восток, впервые открыв доступ к исследованию подледниковой среды;

2) база геофизических данных, послужившая основой для детального картирования границ озера, коренного рельефа, мощности водного слоя и толщины перекрывающего озера ледника;

3) новые методы и протоколы деконтаминации образцов льда с ультранизким содержанием микробов;

4) обнаружение во льду оз. Восток ДНК теплолюбивых бактерий (хемолитоавтотрофных мезотермофилов), обитающих в разломах земной коры под озером;

5) первые оценки газового состава озера Восток, свидетельствующие о высоких концентрациях кислорода в озерной воде;

6) определение минерального состава и возраста пород коренного ложа Центральной Антарктиды по результатам исследований минеральных включений в озерном льду;

7) создание технологии экологически безопасного проникновения в оз. Восток.

Бурение глубокой скважины 5Г, возобновленное после восьмилетнего перерыва в декабре 2005 г., было продолжено в сезонный и зимовочный периоды 52-й РАЭ. Глубина скважины на сегодняшний день составляет 3666,5 м. До контакта ледника с озерной водой осталось пройти около 90 м.

Буровые работы на больших глубинах осложняются крупнокристаллической структурой и относительно высокой (близкой к точке плавления) температурой льда. При бурении ледника электромеханическим снарядом эти особенности ледяной породы приводят к резкому замедлению проходки скважины и затрудненному отрыву керна. В результате уменьшается производительность буровых работ и увеличивается частота потенциально аварийных ситуаций. Одна из таких ситуаций привела в январе 2007 г. к обрыву грузонесущего кабеля и потере бурового снаряда на глубине 3658 м. На извлечение снаряда из скважины и ремонтно-восстановительные работы ушло несколько месяцев. После этого керновое бурение озерного льда было продолжено до глубины 3666,5 м, однако в октябре 2007 г. произошла еще одна авария, которая, как и в первом случае, закончилась обрывом кабеля в замке снаряда.

Бурение ледника сопровождается геофизическими исследованиями скважины и проведением экспресс-анализа физических и структурных характеристик вновь полученного керна, что позволяет оперативно контролировать состояние ствола скважины и следить за изменением свойств льда по мере приближения к контакту с подледниковой водой. При отсутствии признаков более высокого залегания подошвы ледника (ее оценочная глубина 3760 ± 15 м) керновое бурение льда электромеханическим снарядом КЭМС-132 планируется остановить на отметке 3720 м. Бурение оставшихся 40 м толщи озерного льда будет завершено бескерновым тепловым снарядом ТБПО-132, который был разработан в СПГГИ для осуществления проникновения в подледниковое озеро.

Предложенная специалистами СПГГИ и ААНИИ технология первого проникновения в оз. Восток достаточно проста и сводит к минимуму риск загрязнения уникального водоема. Она заключается в заборе подледниковой воды в буровую скважину путем создания отрицательной разности давлений буровой жидкости и озерной воды. Давление заливочной жидкости в момент достижения снарядом нижней поверхности ледника устанавливается на 5–7 атмосфер ниже давления воды в озере. Это приводит к подъему воды в скважине на высоту 50–70 м от поверхности озера. После ее замерзания осуществляется повторное бурение с отбором керна замерзшей озерной воды до отметки 15–20 м от поверхности озера.

В январе 2008 г. (сезон 53-й РАЭ) в глубокой скважине 5Г проведены испытания важнейших элементов теплового снаряда ТБПО-132 (датчиков давления и гермовводов пилотного термодолота), продемонстрировавшие их работоспособность в условиях высокого давления скважинной жидкости. В сезонный период 54-й РАЭ (2008/09 г.) планируется заменить старый поврежденный буровой кабель на новый, расширить нижний участок ствола скважины и осуществить операцию по подъему аварийного бурового снаряда на поверхность. При успешном продолжении буровых работ в течение зимовочного периода 54-й РАЭ первое проникновение в оз. Восток можно осуществить в летний полевой сезон 55-й РАЭ (2009/10 г.).

Что нового может дать изучение воды, замерзшей в скважине, по сравнению с результатами, полученными в ходе исследования озерного льда?

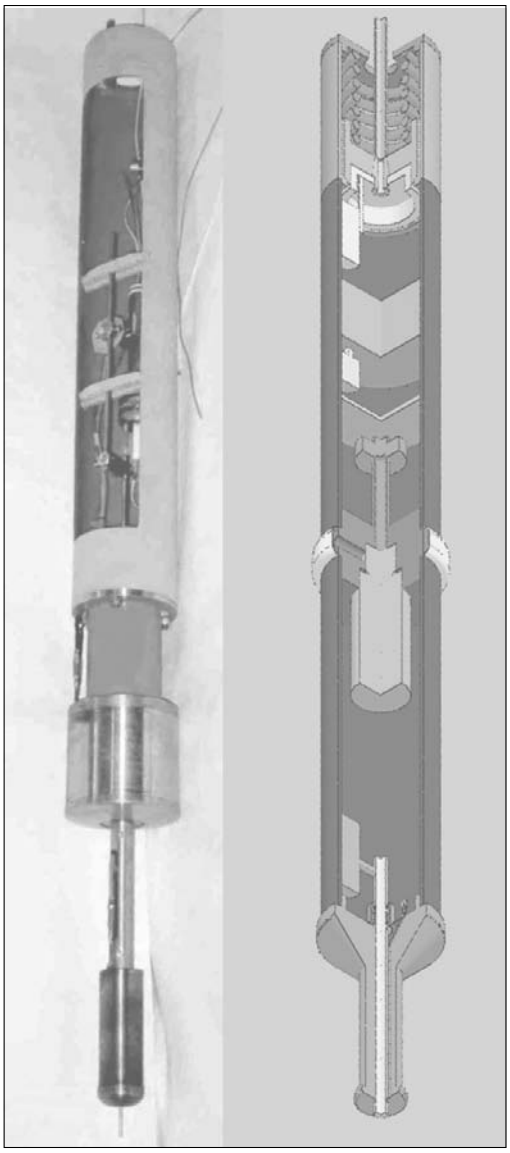
Содержание газовых, химических и биологических примесей в озерном льду на несколько порядков ниже, чем в воде озера. Это объясняется выталкиванием примесей в процессе медленного (миллиметры в год) нарастания льда на подошву ледника и его последующей (в течение тысяч лет) перекристаллизацией, приводящей к образованию очень крупных кристаллических индивидов с практически идеальной кристаллической решеткой. Исключительная чистота озерного льда, образовавшегося в глубоководной части озера, и большие неопределенности в оценках значений разделительных коэффициентов существенно снижают информативность исследований и затрудняют интерпретацию полученных данных.

Кристаллизация воды в скважине – значительно более быстрый процесс. Как показывают расчеты,

вода, поднявшаяся в скважину, замерзнет в течение 1–30 сут в зависимости от расстояния от поверхности озера. Образовавшийся лед будет иметь неоднородную радиально-лучевую структуру, соответствующую отводу тепла через стенки скважины, с максимальной концентрацией примесей вдоль оси скважины. При этом осредненные по достаточно большому объему характеристики состава льда должны отражать состав озерной воды, из которой он образовался.

Пригодность керна замерзшей в скважине подледниковой воды для биологических исследований была экспериментально продемонстрирована специалистами ПИЯФ РАН, которые принимали участие в изучении такого керна, поднятого из скважины в Гренландии.

Таким образом, реализация проекта проникновения в оз. Восток поможет дать ответы на целый ряд ключевых вопросов, стоящих перед исследователями подледниковой среды, и, в первую очередь, на центральный вопрос о существовании жизни в воде озера.



Внешний вид и схематический разрез рабочего макета теплового снаряда ТБПО-132, разработанного для проникновения в подледниковое озеро Восток

Исследования подледникового оз. Восток находятся на переднем крае мировой науки и привлекают к себе растущее внимание широкой общественности и СМИ у нас в стране и за рубежом. Поэтому помимо решения фундаментальных задач антарктической геологии, палеоклиматологии, гляциологии и биологии, данный проект имеет важную социальную составляющую, оказывая позитивное влияние на развитие общества, образование и воспитание молодежи, повышение престижа отечественной науки и государства в целом.

Первое проникновения в оз. Восток следует рассматривать как логическое продолжение, промежуточный, но яркий и значительный в научном плане этап проводимых российскими учеными комплексных исследований этого уникального подледникового водоема. Новые данные, которые будут получены в ходе продолжающихся исследований озерного льда, подготовки и проведения проникновения в озеро, будут использованы для детального планирования последующих шагов по изучению озера Восток. Впереди – захватывающие воображение перспективы прямых измерений основных физических, химических и биологических характеристик водной толщи, отбор и исследование концентрированных проб воды и образцов донных осадков с помощью специальных глубоководных аппаратов, спускаемых в озеро на кабеле через скважину в ледниковом покрове.

ГЛЯЦИО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛИНИЙ ТОКА ЛЬДА, ПРОХОДЯЩИХ ЧЕРЕЗ ПОДЛЕДНИКОВОЕ ОЗЕРО ВОСТОК

В.Я.ЛИПЕНКОВ, Ю.А.ШИБАЕВ (ААНИИ), В.С.ПОПОВ (ПМГРЭ)

Проект «Линии тока льда озера Восток» нацелен на решение трех фундаментальных проблем современной гляциологии и палеоклиматологии:

1) реконструкция истории климата Земли по данным изучения ледяных антарктических кернов;

2) оценка современных (за последние 200–300 лет) тенденций изменений климата Центральной Антарктиды;

3) познание природы крупнейшего на планете подледникового оз. Восток.

Комплексные гляцио-геофизические исследования антарктического ледникового покрова вдоль линий тока льда, которые берут начало на ледоразделе В и проходят через станцию Восток и северную оконечность подледникового озера, позволят собрать информацию о пространственной и временной изменчивости скорости аккумуляции и изотопного состава снега, мощности ледникового покрова, его внутреннем строении, условиях на ложе ледника и других граничных

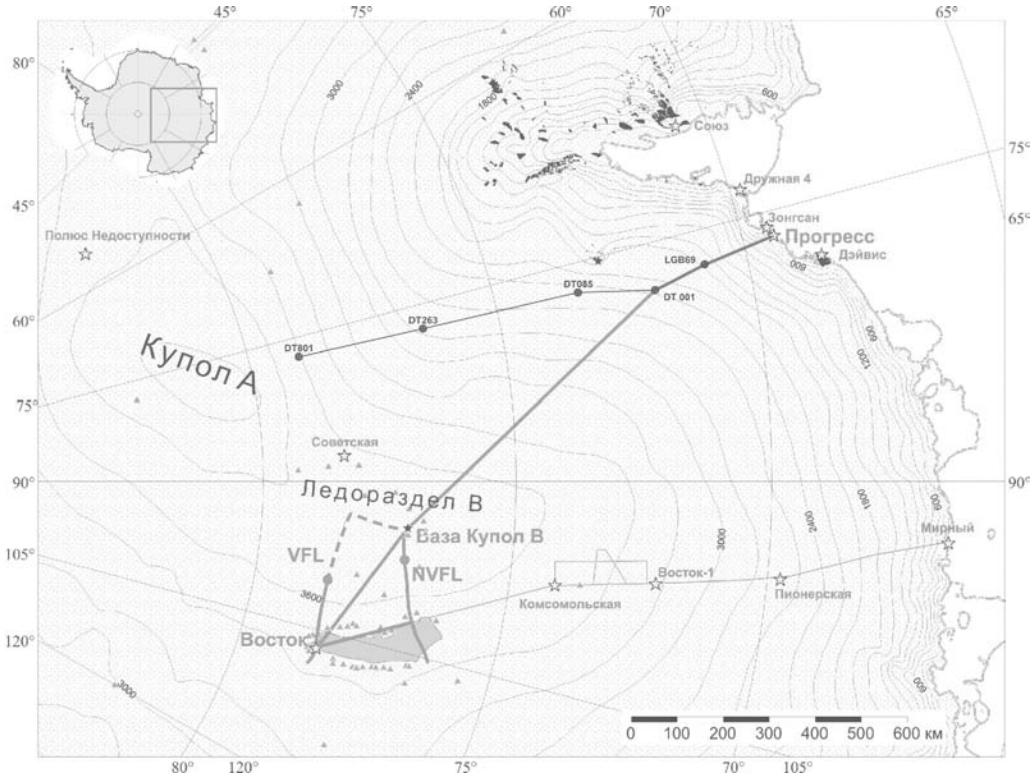
условиях в районе оз. Восток и в районах, лежащих вверх по течению льда от озера. Полученные данные предполагается использовать для идентификации существующих моделей растекания ледникового покрова и циркуляции озера, точного датирования и палеоклиматической интерпретации ледяного керна со станции Восток и определения перспективных мест для осуществления нового международного проекта глубокого бурения ледника с целью получения максимально длинного (1,3–1,5 млн лет) палеоклиматического ряда по керну антарктического льда.

Работы на линии тока льда VFL, проходящей через глубокую скважину на станции Восток, начаты в летние полевые сезоны 50-й и 51-й РАЭ. Походные исследования включали в себя радиолокационное профилирование ледника, расстановку снегомерных вех, отбор проб снега на изотопный анализ и комплексные исследования снежной толщи в шурфах глубиной 2–3 м по программе, рекомендованной международным (корневым) проектом МПГ 2007/08 TASTE-IDEA (Trans-Antarctic Scientific Traverses Expeditions – Ice Divide of East Antarctica, Трансантарктическая научная экспедиция – Ледоразделы Восточной Антарктиды).

Походные исследования 50-й и 51-й РАЭ охватили первые 110 км участка линии тока льда, расположенного вверх по течению льда от станции Восток. В наиболее удаленной от станции Восток точке (78° 05' ю.ш., 102° 45' в.д.) была пробурена скважина глубиной 15 м. По полученному керну произведены непрерывные измерения электрической проводимости льда, которые позволили идентифицировать слои, включающие в себя осадки извержений вулканов Тамбора (1815 г.) и Кракатау (1883 г.) и таким образом определить среднюю скорость накопления снега в данном районе за последние 200 лет.

В сезонный период 52-й РАЭ продолжено радиолокационное зондирование ледникового покрова вдоль 40-километрового участка линии тока вниз по течению льда от станции Восток и проведены радиолокационные и сейсмические исследования на линии тока льда NVFL, проходящей через северную оконечность подледникового озера. В этот же сезон осуществлялись рекогносцировочные наблюдения с борта самолета ВТ-67 (Баслер) по маршруту Прогресс–Восток, в ходе которых получены предварительные данные о типах рельефа снежной поверхности вдоль новой трассы транспортных походов Прогресс–Восток.

Первый научно-испытательный поход по новой трассе осуществлен в сезонный период 53-й РАЭ на двух машинах Пистен-Булле 300 (полярный вариант Kassbohrer Pisten Bully 300w). Участники похода за 10 сут преодолели расстояние в 1400 км



Маршруты походных гляцио-геофизических исследований в период МПГ:
VFL – линия тока льда, проходящая через глубокую скважину на станции Восток; NVFL – линия тока льда, проходящая через северный район подледникового озера Восток; сплошные красные линии – маршруты, по которым уже проведены предварительные исследования; кружки – пункты бурения скважин; пунктир – маршруты будущих исследований

Участники научно-испытательного похода по маршруту Прогресс–Восток в момент прибытия на станцию Восток 16 января 2008 г. Фото В.Липенкова

и 16 января достигли станции Восток. На обратном пути со станции Восток на станцию Прогресс поход прошел по линии тока NVFL от береговой линии оз. Восток до базы Купол В и далее по уже проложенной трассе до станции Прогресс. Во время этого перехода выполнена обширная программа гляциологических исследований, в которую входили отбор проб снега на изотопный и химический анализы, бурение скважины с отбором керна до глубины 21 м в точке с координатами 77° 06' ю.ш., 95° 18' в.д., расположенной в 200 км от оз. Восток, измерение плотности и твердости снега, изучение форм рельефа снежной поверхности, расстановка снегомерных вех и точные замеры их координат для последующего определения векторов движения льда. В ходе исследований получен большой объем технической информации, которая будет использована при планировании и организации регулярных транспортных походов по новой трассе.

В сезон 54-й РАЭ (2008/09 г.) планируется продолжить гляциологические исследования северной линии тока льда (NVFL) и выполнить радиолокационное профилирование ледника вдоль всей линии тока от оз. Восток до базы Купол В и далее вдоль трассы похода до станции Прогресс.

78. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ И ПРИРОДЫ ИМПУЛЬСНОГО КОСМОФИЗИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПО ДАННЫМ ВЫСОКОТОЧНЫХ СИНХРОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НА ст. НОВОЛАЗАРЕВСКАЯ (АНТАРКТИКА)

Основные участники и организаторы экспедиции: ААНИИ

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ОЗОНОМЕТРА М-124 В АНТАРКТИДЕ

Л.Н.ТУРЫШЕВ, В.Я.ВЕНЧИКОВ, В.Н.ДЕНИСЕНКО, А.Н.КРАСОВСКИЙ, А.М.ШАЛАМЯНСКИЙ (Белорусский государственный университет, ГГО им. А.И.Воейкова)

Озонометр М-124 разработан более четверти века назад специалистами ГГО им. А.И.Воейкова и ЦКБ ГМП (г. Обнинск) для обновления приборной базы наземной сети контроля состояния озонового слоя на территории СССР. При его разработке был учтен опыт длительной эксплуатации первого варианта прибора – озонометра М-83. Практически все озонометрические станции бывшего СССР и его стратегических союзников были укомплектованы этими приборами (всего произведено более 200 экземпляров), и до настоящего времени они составляют значительную часть Мировой озонометрической сети.

В настоящее время часть приборов по разным причинам (из-за старения светофильтров, неисправностей фотоприемника и системы регистрации, трудностей поставки систем батарейного питания, механического износа подвижных элементов) вышли из строя или находятся на грани прекращения измерений.

Представители многих стран СНГ, а также Болгарии, Вьетнама, Кубы и других государств выражают обеспокоенность состоянием приборов, используемых на их станциях. В сложившейся ситуации представляется целесообразным восстановить сеть озонометров М-124, обеспечить их модернизацию (с учетом современных технологических возможностей и элементной базы) и обслуживание. В связи с этим специалисты белорусского Национального научно-исследовательского центра мониторинга озоносферы и НИЦ дистанционного зондирования атмосферы ГГО им. А.И.Воейкова модернизировали прибор.

Первым шагом в этой работе стал анализ возможных инструментальных источников погрешностей измерения. Основные факторы, определяющие возможности озонометра М-124, – характеристики рабочих спектральных диапазонов, выделяемых светофильтрами (значения λ_{max}, полуширина полосы пропускания и их стабильность во времени), а также стабильность и чувствительность системы регистрации оптического сигнала, определяемые параметрами фотоприемного устройства и характеристиками электронной системы регистрации.

В базовой версии озонометра М-124 используются широкополосные фильтры, реализованные на основе комбинации цветных оптических стекол на основе стекла УФС-2, часть из них используется для подавления (в сочетании с относительно низкой чувствительностью фотоэлемента Ф-4 в красной области спектра) излучения в дополнительной полосе пропускания 680–780 нм [1]. Первый светофильтр имеет максимум пропускания в области длин волн 305 нм. Максимум пропускания второго светофильтра сдвинут в область 326 нм. Ширина полосы пропускания обоих фильтров $\Delta\lambda$ = 20 нм. При этом степень подавления излучения в красной области спектра, обеспечиваемая комбинацией цветных стекол, недостаточна для дальнейшего повышения точности измерения.

Отметим, что при используемых характеристиках полос пропускания определенное влияние на точность измерений оказывает эффект Форбса [2], проявляющийся в изменении (увеличении) эффективной длины волны пропускания фильтра при увеличении оптической толщины исследуемой среды. Наиболее просто минимизировать этот эффект – значительно уменьшить спектральный интервал, выделяемый фильтрами. В нашем случае оптимальна комбинация цветных стекол и интерференционных фильтров.

В СССР при разработке озонометра М-124 технология не позволяла создавать дешевые фильтры нужного качества, поэтому для оснащения прибора использовались только комбинации цветных стекол. В настоящее время можно изготовить достаточно стабильные фильтры с полушириной полосы пропускания 3–5 нм при пропускании в максимуме около 40 % и максимумами пропускания в области длин волн около 305 и 318 нм. Весь набор используемых компонентов оформляется в виде герметичного моноблока с защитными кварцевыми окнами.

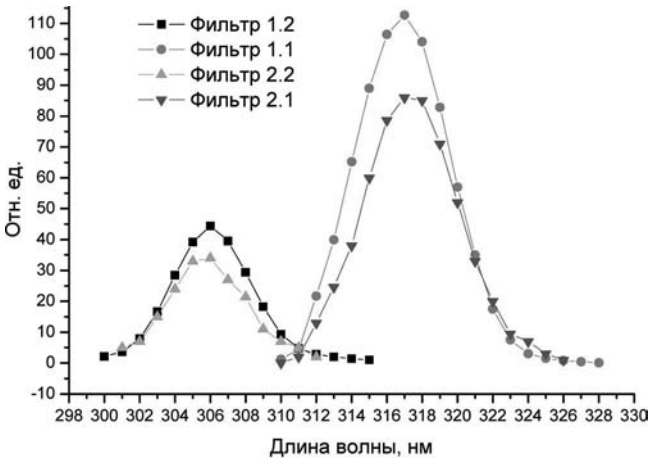
Переход на новые системы фильтрации потребовал незначительной доработки узлов держателей фильтров. Дополнительное повышение стабильности характеристик рабочих спектральных диапазонов достигается за счет системы активной термостабилизации внутреннего объема озонометра. Фотоэлемент Ф-4 в озонометре М-124 имеет сурьмяно-цезиевый фотокатод с полосой чувствительности 200–650 нм при относительно низкой абсолютной чувствительности около 40 мкА/Вт на длине волны 400 нм и темновом токе около $5 \cdot 10^{-11}$ А [3].

Переход на новые системы спектральной фильтрации требует значительного повышения чувствительности фотоприемника и сокращения длинноволновой границы рабочего диапазона. Оптималь-

но соответствуют этим требованиям так называемые «солнечно-слепые» фотоэлементы с цезий-теллуровым фотокатодом (более детальную информацию можно найти на сайте *www.hamamatsu.com*). При длинноволновой границе чувствительности около 325 нм ее абсолютные значения на рабочих длинах волн лежат в диапазоне 0,2–1,0 мА/Вт, что более чем в 10 раз превышает параметры фотоэлемента Ф-4.

В 2006 г. специалистами ННИЦ МО БГУ изготовлен экспериментальный образец озонометра М-124, в котором установлены новые системы спектральной фильтрации и фотоэлемент фирмы Hamamatsu R1228 [4]. Электронная система регистрации состоит из преобразователя ток–напряжение, реализованного на операционном усилителе AD795, и усилителя напряжения, выполненного на микросхеме К544УД1А. Выходной сигнал с усилителя регистрируется при помощи цифрового вольтметра. После изготовления экспериментального образца стали возможными натурные испытания новых систем озонометра в рамках выполнения белорусскими специалистами работ, организованных Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь составе 52-й РАЭ. Основными задачами этих испытаний были оценка стабильности систем спектральной фильтрации и эффективности системы термостабилизации, а также подбор оптимальных значений пределов усиления второго каскада.

Предельные уровни сигнала при измерениях прямого солнечного излучения в полярных условиях оценены на полевых базах Молодежная и г. Вечерняя с 17 декабря 2006 г. по 13 февраля 2007 г. Измерения на полевой базе г. Вечерняя выполнялись с 18 января по 1 февраля 2007 г. Координаты точек наблюдения и высота над уровнем моря определялись посредством выносного датчика GPS, подключаемого к персональному компьютеру. Для расширения динамического диапазона измерительного тракта прибора доработан второй каскад усиления (усилитель напряжения) – установлены дополнительные резисторы обратной связи, подключаемые параллельно основному. Таким образом, стало возможно ступенчатое ослабление входного сигнала примерно в 10 раз.



Спектральные характеристики полос пропускания системы светофильтр+фотоприемник до (1.1 и 1.2)и после (2.1 и 2.2.) экспедиции

Получены максимальные значения сигналов:

– по прямому солнцу – около 21 В (эквивалентное значение с учетом ослабления):

1-й фильтр λ_{max} = 306 нм – около 3,15 В;

2-й фильтр λ_{max} = 317 нм – около 21 В;

– по зениту неба:

1-й фильтр λ_{max} = 306 нм – около 400 мВ;

2-й фильтр λ_{max} = 317 нм – около 2,4 В.

С учетом погодных условий и производственной необходимости за период экспедиции в течение 37 дней выполнено 254 измерения.

За время экспедиции исследовано воздействие погодных условий антарктического лета на макетный образец модернизированного озонометра М-124 и оценена эффективность системы термостабилизации прибора в условиях открытой измерительной площадки и при периодической его установке для выполнения измерений и хранении в теплом помещении. В первом случае эффективность нагревателя недостаточна уже при температуре окружающего воздуха ниже –10 °С и скорости ветра больше 10 м/с. Для реализации постоянного режима работы необходимо примерно в 3–4 раза увеличить мощность встроенного нагревателя. При реализации второго режима работы дополнительных изменений конструкции не требуется.

Для контроля стабильности спектральных характеристик прибора на измерительном стенде НИЦ ДЗА 2 ноября 2006 г. и 4 мая 2007 г. измерены полуширина полос пропускания и положение максимума обеих рабочих полос. В состав стенда входит источник излучения – галогенная лампа КГМ12-100, монохроматор СФ-4А (ширина щели 1,0 мм) и микроамперметр Щ-300. Полученные значения приведены на графике. По результатам сравнений в пределах погрешности измерений положения максимумов и полуширины полос пропускания не изменились.

В настоящий момент проводится тщательная калибровка прибора и построение электронной номограммы для реализации полуавтоматического режима измерения общего содержания озона с использованием встроенного микропроцессора.

Значения общего содержания озона будут рассчитаны после повторной проверки характеристик прибора и завершения его абсолютной калибровки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *ГОСТ* 9411–75. Стекло оптическое цветное. М.: Изд-во стандартов, 1976. 49 с.

2. *Гущин Г.П.* Исследование атмосферного озона. Л.: Гидрометеоиздат, 1963. С. 48–51.

3. *Кацнельсон Б.В., Ларионов А.С., Калугин А.М.* Электро-вакуумные электронные и ионные приборы: справочник. М.: Энергия, 1970. С. 347, 359.

ОЗОН В АНТАРКТИЧЕСКОЙ АТМОСФЕРЕ

В.Ф.РАДИОНОВ, Е.Е.СИБИР (ААНИИ)

В Программу исследований МПГ 2007/08 включен проект «Исследование влияния озона и ультрафиолетовой радиации на изменение климата в период МПГ» («Ozone layer and UV radiation in a changing climate evaluated during IPY»). В его реализации, включающей наземные, баллонные и спутниковые наблюдения, а также математическое моделирование, принимают участие специалисты из многих стран. Российские участники, в частности, выполняют измерения общего содержания озона (ОСО) на трех антарктических станциях: Мирный, Восток и Новолазаревская. Единая программа международных глобальных наблюдений за озоном была введена в действие в период Международного геофизического года 1957–1958 и продолжается до настоящего времени. Наблюдения общего содержания озона (ОСО) на российских антарктических станциях проводятся уже несколько десятилетий.

Основным источником озона в атмосфере являются фотохимические реакции, т.е. химические реакции, протекающие под действием света. Процессы образования и разрушения озона происходят под воздействием ультрафиолетовой части (УФ) спектра солнечного излучения и при участии различных малых газовых составляющих атмосферы. Соотношение атмосферных составляющих и режима УФ-радиации на разных уровнях в атмосфере приводит к тому, что максимум ОСО наблюдается в стратосфере.

Общей закономерностью изменения общего содержания озона (ОСО) в течение года в Антарктиде является его уменьшение от начала наступления полярного дня до начала/середины октября, последующее возрастание до максимальных значений в декабре–январе и быстрое уменьшение в марте–мае. Эффект существенного уменьшения ОСО над Антарктидой весной (август–октябрь в Антарктиде) в многолетнем ходе, получивший после 1985 года название «озоновой дыры», выражается в значительном падении ОСО в стратосфере, максимально выраженном в слое 16–19 км. Повышенный интерес к этому феномену связан с тем, что от содержания озона прямо зависит уровень приходящей к поверхности УФ-радиации, оказывающей воздействие на биоту и фотохимические процессы в тропосфере и на поверхности. Кроме того, озон интенсивно поглощает ультрафиолетовую часть спектра солнечного излучения и уходящую тепловую радиацию земной поверхности, что влияет на температурный режим как нижних слоев стратосферы, так и тропосферы. Другими словами, озон является климатообразующим фактором.

Многолетние изменения средних месячных значений ОСО в сентябре и октябре на российских антарктических станциях Мирный (66°34' ю.ш., 93°01' в.д.), Новолазаревская (70° 46' ю.ш., 11°50' в.д.), Восток (78° 38' ю.ш., 106° 52' в.д.) и английских станциях Halley (75° 31' ю.ш., 26°42' з.д.) и Faraday (с 1995 г. украинская станция Академик Вернадский) (65°15' ю.ш., 64°15' з.д.) приведены на рис. 1. Различия значений ОСО на станциях связаны с размерами и расположением «озоновой дыры» относительно географического положения той или иной станции. Обсерватория Мирный, как правило, находится на ее периферии. Это приводит к более высоким средним значениям ОСО по сравнению с измеренными на других станциях. Кроме того, такое расположение ведет к значительным вариациям ОСО в весенние месяцы в Мирном.

Степень выраженности весенней отрицательной аномалии ОСО, называемая «озоновой дырой», существенно зависит от динамических характеристик стратосферы, наличия или отсутствия так называемого циркумполярного вихря. Хорошо видно, что в целом за рассматриваемый период значительно уменьшилось ОСО над Антарктидой весной. При этом на всех станциях заметно выделяются 1988 и 2002 гг., когда развитие «озоновой дыры» происходило по не типичным для последних лет сценариям. В 1988 г. циркумполярный вихрь разрушился ранней весной, в результате ОСО над Антарктикой было на уровне значений, отмеченных в 1970-е гг. В сентябре 2002 г. в стратосфере над Антарктикой произошло взрывное повышение температуры, сопровождавшееся резким увеличением содержания озона. «Озоновая дыра» резко уменьшилась в размере и даже разделилась на две

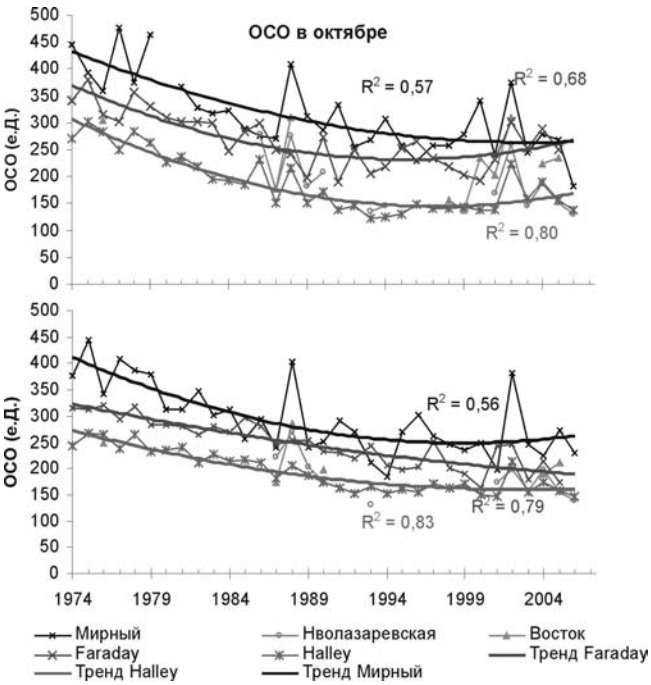


Рис. 1. Многолетняя изменчивость среднего за сентябрь и октябрь ОСО на антарктических станциях

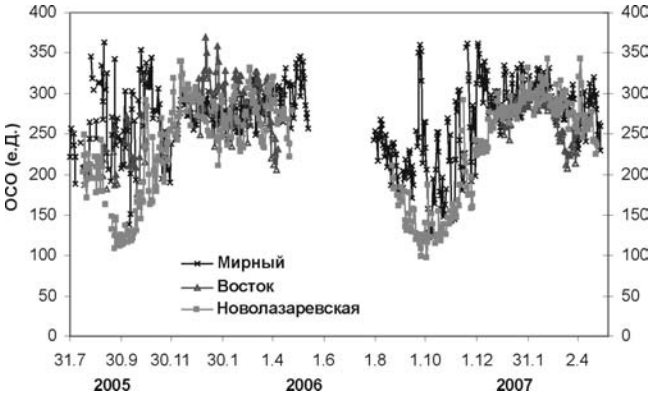


Рис. 2. Средние за сутки значения ОСО на станциях Мирный, Новолазаревская и Восток в наблюдательские сезоны 2005/06 и 2006/07 гг.

отдельные части. Следует также отметить, что начиная с середины 1990-х гг. почти на всех станциях наблюдается тенденция уменьшения скорости развития весенней отрицательной аномалии ОСО.

На дальнейшее, более глубокое, изучение параметров озоносферы ориентирован и нынешний проект МПГ «Исследование влияния озона и ультрафиолетовой радиации на изменение климата в период МПГ». В ходе его реализации российскими специалистами выполнен цикл сезонных наблюдений – с августа 2006 г. по апрель 2007 г. – на станциях Мирный, Восток и Новолазаревская.

На рис. 2 приведены результаты измерений ОСО в весенние сезоны 2005/06 г. и 2006/07 г. По данным NASA весной 2006 г. площадь «озоновой дыры» над Антарктидой быстро увеличивалась с середины августа и к концу сентября была существенно больше, чем в 2005 г. Максимальный размер «озоновой дыры» отмечен 25 сентября. В течение сентября содержание озона над Антарктикой быстро уменьшалось и достигло минимума в начале октября. В течение октября площадь дыры медленно уменьшалась, оставаясь рекордно большой для октября. Даже в начале ноября площадь дыры составляла 15 млн км^2. В течение многих дней в ноябре площадь «озоновой дыры» была самой большой за всю историю наблюдений для этого периода. С начала декабря площадь «озоновой дыры» стала очень быстро уменьшаться и к середине декабря «озоновая дыра» заполнилась.

На российских станциях самые низкие значения ОСО наблюдалось на станции Новолазаревская 26 сентября – 99 единиц Добсона (е.Д.) и 2 октября – 98 е.Д. При этом наблюдалось заметное уменьшение ОСО на этой станции от середины августа к концу сентября. В октябре ОСО оставалось низким и начало возрастать только к концу месяца. Большую часть ноября ОСО было очень низким для этого времени года, и только в середине месяца наблюдалось его кратковременное резкое увеличение. В октябре–декабре 2006 г. на станции Новолазаревская отмечены самые низкие за историю наблюдений на этой станции среднемесячные значения ОСО.

На станции Мирный в августе и первой половине сентября ОСО было достаточно стабильным. Отмечено некоторое его уменьшение от августа к сентябрю. Значения ОСО на этой станции были существенно выше, чем на станции Новолазаревская. Начиная с последней декады сентября отмечены значительные колебания ОСО ото дня ко дню, продолжавшиеся до середины декабря. Такие резкие изменения ОСО на этой станции связаны со значительными изменениями формы «озоновой дыры». Минимум ОСО на станции Мирный (122 е.Д.) отмечен 5 октября.

В 2007 г. в течение января на всех российских станциях наблюдалась тенденция некоторого увеличения ОСО, а затем последовало его уменьшение. Сравнительно большие колебания ОСО в течение января отмечены на станции Мирный (от 260 е.Д. 10 января до 337 е.Д. 24 января). Существенное уменьшение содержания озона в течение марта наблюдалось на станции Восток (от 292 е.Д. 1 марта до 207 е.Д. 20 марта).

В целом за последние 10 лет темпы уменьшения ОСО весной замедлились более чем в 3 раза по сравнению с 1970–1980 гг., а отрицательного тренда летом и осенью в настоящее время практически нет.

Таковы предварительные результаты анализа инструментальных наблюдений общего содержания озона на российских антарктических станциях, которые будут продолжены в следующий наблюдательский сезон МПГ 2007/08.

79. ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ РАБОТЫ ПО МОНИТОРИНГУ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В АНТАРКТИЧЕСКОЙ АТМОСФЕРЕ И НА УРОВНЕ МОРЯ

Основные участники и организаторы экспедиции: ФИАН

ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОЕКТА «ВЕРХНЯЯ АТМОСФЕРА И ОКОЛОЗЕМНОЕ КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО»

Ю.И.СТОЖКОВ (ФИАН)

Долгопрудненская научная станция Физического института им. П.Н.Лебедева РАН (ФИАН) в 2007 г. в рамках научной программы МПГ 2007/08 (раздел 1.2. Верхняя атмосфера и околоземное космическое пространство) проводила регулярные измерения потоков космических лучей в северной и южной полярной атмосфере. Измерения проводились на севере в районе г. Апатиты и в Антарктиде в обсерватории Мирный. Данные о потоках заряженных частиц получены в интервале высот от уровня земли до 30–35 км.

Использована стандартная аппаратура (радиозонды космических лучей). Измерения проводились регулярно 3 раза в неделю. Чтобы обеспечить регулярность измерений, на Долгопрудненской научной станции ФИАН силами сотрудников было изготовлено около 300 радиозондов. На рис. 1 показан радиозонд, используемый в наших экспериментах. С 1 января по 30 ноября 2007 г. выполнено более 130 запусков радиозондов на северных полярных широтах и столько же – в обсерватории Мирный.

Для проведения измерений в обсерватории Мирный в экспедиции 2008 г. подготовлена аппаратура и вместе со специалистом в ноябре 2007 г. отправлена в Антарктиду в обсерваторию Мирный.

В 2007 г. наблюдался минимум солнечной активности, в течение которого потоки космических лучей близки к максимальным. На рис. 2 приведен временной ход среднемесячных значений потока космических лучей $N_{макс}$ в максимуме кривой их поглощения в атмосфере начиная с июня 1957 г. по август 2007 г.

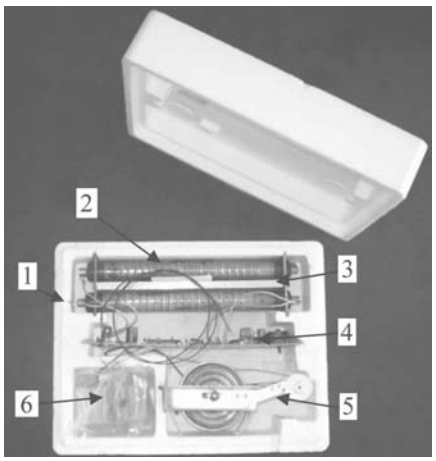


Рис. 1. Стандартный радиозонд:
1 – пенопластовый корпус; 2 – детекторы заряженных частиц (газоразрядные счетчики СТС-6); 3 – 7-миллиметровый алюминиевый фильтр для разделения космического излучения и радиоактивности; 4 – электронная схема, состоящая из УКВ-передатчика и блока высокого напряжения для питания счетчиков; 5 – датчик атмосферного давления; 6 – химическая батарея для питания радиозонда

Одной из важных особенностей в полученных долговременных однородных данных является наличие отрицательного тренда в потоке галактических космических лучей – постепенное уменьшение потока, примерно равное –0,05 %/год. Рис. 3 демонстрирует этот эффект. Нужно отметить, что такой же отрицательный тренд наблюдается по данным нейтронных мониторов.

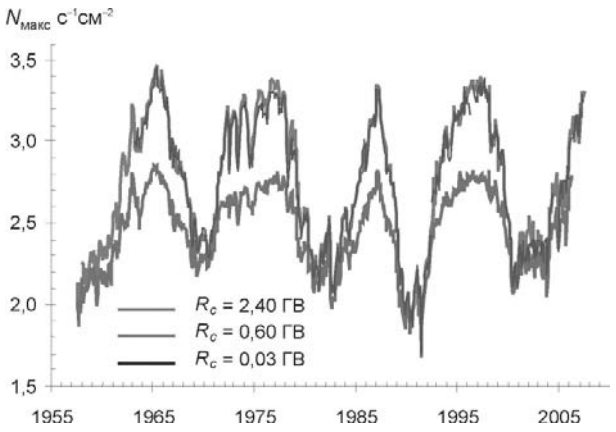


Рис. 2. Ход среднемесячных значений потока космических лучей в максимуме кривой поглощения $N_{макс}$ в атмосфере:
зеленая кривая – северные полярные широты, синяя кривая – Мирный, красная кривая – средние широты Северного полушария

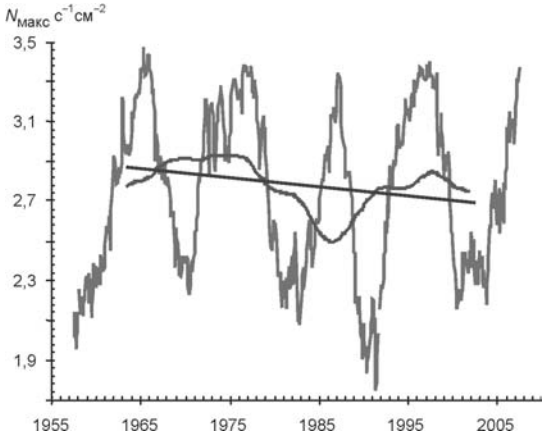


Рис. 3. Ход среднемесячных значений потока космических лучей в максимуме кривой поглощения $N_{макс}$ в северных полярных широтах:
красная кривая – R_c = 0,6 ГВ; синяя кривая – сглаженные с периодом 11 лет значения;
прямая линия – тренд, проведена методом наименьших квадратов

МОНИТОРИНГ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В АТМОСФЕРЕ НА ВЫСОКИХ ШИРОТАХ

Н.С.СВИРЖЕВСКИЙ (Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН)

В январе–октябре 2007 г. проводились регулярные зондовые измерения космических лучей на высотах от уровня моря до 30–35 км на двух высокоширотных станциях (Мурманск и Мирный, Антарктида). Основная задача измерений – изучение пространственных и временных вариаций галактических космических лучей и их связи с солнечной активностью, регистрация в атмосфере вторжений солнечных протонов и высыпаний релятивистских электронов магнитосферного происхождения. В результате измерений получены новые данные по потокам космических лучей около Земли в минимуме текущего 23-го цикла солнечной активности, проведена первичная обработка и предварительный анализ данных. В период минимума солнечной активности солнечные вспышки крайне редкие и в указанный период времени не наблюдались. Отметим, однако, что в декабре 2006 г. в стратосфере на станциях Мурманск и Мирный (Антарктида) было зарегистрировано два события с приходом солнечных протонов (6 и 13 декабря).

Предполагается, что в 2008 г. измерения космических лучей в атмосфере на высокоширотных станциях будут продолжены. В настоящее время закончена подготовка оборудования и приборов для проведения работ в составе 53-й РАЭ 2007/08 г., и экспедиционный груз доставлен на НЭС «Академик Федоров». Для выполнения работ в зимовочный состав 53-й РАЭ включен сотрудник ФИАН А.В.Соколов.

81. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ КЛЮЧЕВЫХ ВИДОВ МОРСКИХ ПТИЦ АНТАРКТИКИ

Основные участники и организаторы экспедиции: ААНИИ

КАК ЗДОРОВЬЕ ПТИЦ АРКТИКИ И АНТАРКТИКИ?

М.В.ГАВРИЛО (ААНИИ)

Зимовка 51-й РАЭ на станции Мирный закончилась до официального открытия МПГ 2007/08: ее участники прибыли самолетом из Кейптауна в середине февраля. Тем не менее в программу ставших традиционными в последнее десятилетие экологических и природоохранных работ, выполнявшихся на станции, были включены и исследования по проекту МПГ 2007/08. Инженер-эколог станции, аспирант Воронежского государственного университета Юрий Мизин помимо традиционных мониторинговых работ состояния морских птиц Антарктического особо охраняемого района «Архипелаг Хасуэлл» собрал образцы биоматериала, которые будут использованы для выполнения проекта «Здоровье морских полярных птиц». Этот проект включен в национальную российскую программу исследований в рамках МПГ 2007/08 и является частью международного зонтичного проекта «Здоровье птиц» (IPY project BIRD-HEALTH), возглавляемого Мартином Лууненом из голландского Центра арктических исследований.

Размер популяций животных и особенности их распределения определяются комплексом факторов, среди которых большую роль играют разнообразные стрессоры природного (паразиты, патогенные микроорганизмы и вирусы, климатические изменения) и антропогенного (загрязнение, беспокойство, нарушение местообитаний) происхождения. Исследование состояния здоровья животных, обитающих в полярных регионах, представляет для экологов специфический интерес.

Считается, что морские полярные птицы обитают в относительно здоровой обстановке по сравнению с птицами, населяющими умеренные и тропические широты и связанными с наземными и пресноводными экосистемами. Относительно низкие затраты на поддержание дорогостоящей иммунной системы в условиях низкого присутствия патогенов, очевидно, позволяют полярным птицам направить больше энергии на другие ресурсоемкие аспекты их годовой жизнедеятельности, что особенно важно при условии обитания в суровых природно-климатических условиях Арктики и Антарктики.

В современных условиях меняющегося климата птицы сталкиваются с новыми угрозами, связанными с изменением распространения патогенов, паразитов, инвазийных видов, загрязнителей. Сами ускоренные климатические изменения в отношении биологических популяций будут действовать как дополнительный стрессор. Сильная зависимость экологии морских полярных птиц от ледовых местообитаний в арктических и антарктических морях в условиях современных климатических изменений представляет для птиц серьезный дополнительный риск совокупного негативного воздействия. Изменения в распределении и структуре ледяного покрова приведут к перестройке пищевых цепей и повлияют на доступность кормов морских птиц.

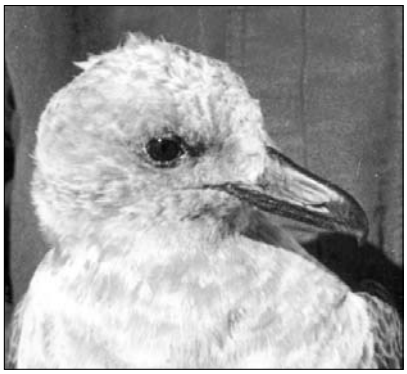
В целом полагается, что популяции антарктических морских птиц, эволюционировавших в относительной изоляции в пределах суровых природно-климатических условий антарктической зоны Южного океана, должны быть в наибольшей степени свободны от паразитов и патогенов. Для них особенно велик риск возникновения и распространения массовых заболеваний и эпизоотий при их внесении в среду обитания (в первую очередь, как результат человеческой деятельности). Поэтому для Антарктики проблемы изучения здоровья популяций птиц в условиях меняющегося климата имеют, прежде всего, научно-природоохранный аспект и рассматриваются со стороны минимизации риска привноса и распространения болезней среди местных представителей фауны, предотвращения загрязнения окружающей среды. Эта проблема неоднократно обсуждалась на международных научных и организационно-политических форумах стран–участниц Договора об Антарктике.

Эколог станции Мирный Ю.Мизин во время отлова пингвинов Адели в колонии архипелага Хасуэлл

В Арктике же, особенно в свете эпидемиологической ситуации последних лет, ярко выражен социально-экономический аспект проблемы состояния здоровья птиц. Актуальность исследований здоровья арктических птиц, в первую очередь, мигрантов в средние

и тропические широты, во многом диктуется проблемой возможности переноса дикими птицами возбудителей и болезней, опасных для человека. Перелетные птицы осуществляют связь между полярными и умеренными и тропическими широтами, являются потенциальными векторами для переноса возбудителей заболеваний, которые обильнее и разнообразнее в местах их зимовок и на путях пролета. Это было недавно показано, например, для распространения вируса лихорадки Западного Нила и птичьего гриппа.

Пингвин Адели на гнезде



Поморник

Сравнительные исследования популяций птиц Арктики и Антарктики, а также Восточной Антарктиды и Антарктического полуострова, где современное потепление выражено наиболее ярко, позволит более полно раскрыть аспекты интересующей проблемы, оценить риски и угрозы здоровью популяций птиц и понять возможности их адаптаций к меняющимся условиям окружающей среды.

В качестве ключевых видов птиц из районов Восточной Антарктиды выбраны пингвин Адели – специализированный потребитель криля, весь жизненный цикл которого связан с водами Южного океана, и южно-полярный поморник – вид с широким спектром питания и кормодобывания, совершающий протяженные трансэкваториальные сезонные миграции и имеющий гораздо более широкие возможности для контакта с «зараженными» местообитаниями и животными.

Антарктическим летом 2006/07 г. у пингвинов и поморников в районе Мирного отобраны кровь и другие биологические материалы, которые в начале мая должны прибыть в Санкт-Петербург на НЭС «Академик Федоров». Образцы будут проанализированы в сотрудничестве с биологами Украинского Антарктического центра и Киевского национального университета. Интерес к сотрудничеству проявили также орнитологи Испанской антарктической программы.

В рамках МПГ 2007/08 в 2007 и 2008 гг. запланировано продолжать исследования в Арктике и Антарктике.

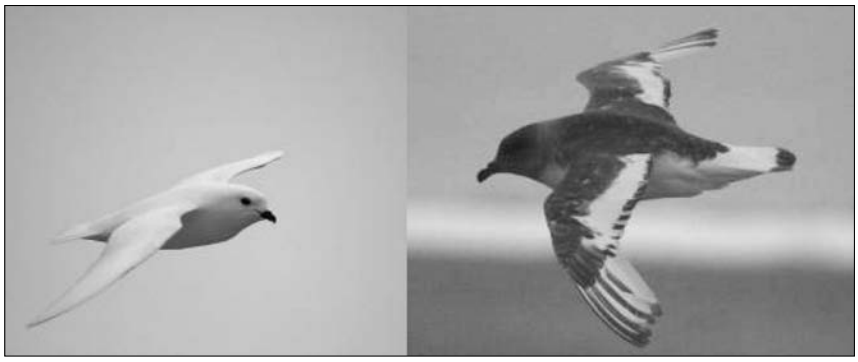
ИССЛЕДОВАНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОРСКИХ ПТИЦ И МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ЮЖНОМ ОКЕАНЕ В СЕЗОН 2007/08 г.

М.В.ГАВРИЛО, И.И.ЧУПИН (ААНИИ)

Маршрут НЭС «Академик Федоров» вокруг Антарктиды в ходе морских операций сезонной 53-й РАЭ предоставил уникальную возможность исследовать в течение одного сезона распределение морских птиц и млекопитающих в различных секторах и широтных океанических зонах Южного полушария. Подобные исследования были проведены в конце 1980-х гг. и в сезон 42-й РАЭ (в летний для Южного полушария период) 1996/97 гг. Повторение работ в очередном циркумполярном рейсе позволило получить материал для сравнения распределения сообществ высших позвоночных и выявить изменения, произошедшие в течение последних 20 лет, в том числе под влиянием наблюдаемых климатических изменений в южнополярной области. Особый интерес представляло посещение сектора морей Амундсена и Беллинсгаузена, для акватории которого практически нет количественных данных о распределении птиц и млекопитающих. Исследования выполнены в рамках проекта «Оценка биоразнообразия высших позвоночных животных Антарктики в местах деятельности РАЭ» подпрограммы «Изучение

Малый полосатик в ледовитых водах моря Амундсена, февраль 2008 г.

Тюлень-крабоед на льдах в районе о-вов Баллени, январь 2008 г.



Характерные представители комплексов пагофильной (ледолюбивой) орнитофауны: снежный (слева) и антарктический (справа) буревестники

и исследование Антарктики», ФЦП «Мировой океан», а также проекта МПГ 2007/08 «Изучение состояния популяций морских птиц и влияние на них природных и антропогенных факторов». Работы проведены также в координации с международными проектами МПГ 2007/08 «Integrated circumpolar studies of Antarctic marine ecosystems to the conservation of living resources» (AMES, ID 131) и «The Census Of Antarctic Marine Life» (SCAR-MarBIN, ID 83 «Исследования морской жизни Антарктики»). Интеграция материалов, полученных в ходе наших исследований, в работы, проведенные в сотрудничестве с другими странами-участницами проекта, позволят создать целостную картину распределения в водах Южного океана птиц и млекопитающих, которая в дальнейшем будет использована как фоновая характеристика состояния высшего трофического уровня морской экосистемы, являющегося чувствительным индикатором ее состояния в целом. Ценность проведенных работ в морях Амундсена и Беллинсгаузена усиливает то, что в схеме запланированных работ стран-участниц упомянутых проектов этот сектор практически не затронут.

Светлоспинный пепельный (вверху) и чернобровый альбатросы (внизу) – самые холодолюбивые представители альбатросов, но ледовитых вод они избегают. Район Антарктического п-ова, февраль 2008 г.

Учеты выполнены по ходу движения НЭС «Академик Федоров» между портами Мельбурн и Кейптаун с 17 января до 5 марта 2008 г. Всего за 48 сут рейса выполнено около 595 ч наблюдений, произведено около 12 000 регистраций птиц и млекопитающих. Собранные материалы хранятся преимущественно в виде массива данных на бумажном носителе, часть наблюдений (около 3500 регистраций) перенесена в электронную базу данных.

Судовой количественный учет морских птиц и млекопитающих велся по стандартной международной методике непрерывных трансектных учетов в фиксированной полосе 300 м для птиц и 500 м для тюленей по левому борту судна. Китообразные регистрировались при любом обнаружении с указанием расстояния и направления на объект.

Всего в ходе морских наблюдений отмечено 55 таксонов птиц 4 отрядов:

1) пингвинообразные (семейство пингвиновые – 5 видов);

2) веслоногие (семейство баклановые *Phalacrocoracidae* – 1 вид, семейство олушевые *Sulidae* – 1 вид);

3) трубконосые (семейство альбатросовые *Diomedeidae* – 8 видов, семейство буревестниковые *Procellariidae* – 24 таксона, семейство качурковые *Hydrobatidae* – 4 вида, семейство ныряющих буревестников *Pelicanidae* – 1–2 вида);

4) ржанкообразные (семейство ржанковые *Chionidae* – 1 вид, семейство чайковые *Laridae* – 2 вида, семейство поморниковые *Stercorariidae* – 4 таксона, семейство крачковые *Sternidae* – 3 вида).

Отмечены 16 таксонов млекопитающих 2 отрядов:

1) ластоногие (семейство настоящие тюлени *Phocidae* – 5 видов, семейство ушастые тюлени *Otaridae* – 3 вида);

2) китообразные (семейство кшалотовые – 1 вид, семейство полосатиковые *Balaenidae* – 5 таксонов, семейство дельфиновые – 2 вида).

Особенности распределения птиц на исследованных акваториях в зависимости от океанографических факторов, ледовой обстановки, географического района будут выявлены после внесения исходных результатов наблюдений в базу данных и статистической обработки.

Получены сравнительные материалы о широтной смене орнитофауны на субмеридиональных раз-

Неожиданная встреча: южные морские слоны редко залегают на дрейфующих льдах. Море Беллинсгаузена, февраль 2008 г.

резах на юге Тихого и Атлантического океанов (по маршруту Мельбурн–станция Ленинградская и море Лазарева–Кейптаун). Орнитофауна на атлантическом разрезе оказалась богаче, чем на тихоокеанском (40 и 30 таксонов соответственно). Наиболее многочисленные и широко распространенные виды на тихоокеанском разрезе – буревестники серый *Puffinus griseus* и тонкоклювый *P.tenuirostris*.

Подтверждена относительная однородность видового состава птиц в водах Антарктики на примере тихоокеанского и атлантического секторов.

Получены сравнительные количественные данные о распределении комплексов птиц Южного океана, различающихся по отношению к ледовым условиям акватории. По предварительным результатам наблюдений, в группу пагофильных видов антарктических птиц входят:

– пингвины Адели *Pygoscelis Adeliaea* и императорского *Aptenodytes forsteri*,

– буревестники снежный *Pagodroma nivea* и антарктический *Thalassoica antarctica*,

– полярная крачка *Sterna paradisaea*.

В группу пагофобных входят:

– китовая птичка *Pachyptila spp*.;

– голубой *Halobaena caerulea* и серый буревестники;

– светлоспинный дымчатый *Phoebetria palpebrata*, чернобровый *Phoebestria melanophris* и сероголовый *P.chrysostoma* альбатросы;

– тайфунники кергеленский *Lugensa brevirostris*, Пила *Pterodroma inexpectata* и белоголовый *P.lessoni*.

Группа толерантных к наличию льда видов включает в себя:

– капского голубка *Daption capense*,

– серебристо-серого буревестника *Fulmarus glacialoides*,

– качурку Вильсона *Oceanites oceanicus*.

Такие широко распространенные виды, как южный гигантский буревестник *Macronectes giganteus* и антарктический поморник *Catharacta antarctica,* демонстрировали индифферентное отношение к ледовитости акватории.

Получены новые данные о распространении на пределе ареала для тайфунника Пила, южного морского слона *Mirunga leonia*, южного морского котика *Arctocephalus gazella* и белой ржанки *Chionis alba* в тихоокеанском секторе Южного океана, тайфунника Пила и ряда видов буревестников – в атлантическом секторе Южного океана.

Наибольшие кормовые концентрации отмечены у тонкоклювого и серого буревестников (тихоокеанский разрез), голубого буревестника (район моря Амундсена), а также у чернобрового и светлоспинного дымчатого альбатросов (в районе Антарктического п-ова). В то же время не обнаружено скопление китовых птичек, обычно наблюдавшееся в районе южного полярного фронта на атлантическом разрезе.

Получены количественные данные о распределении тюленей и китов на значительном протяжении акватории Южного океана (от 150˚ в.д. до меридиана 0˚). Из ластоногих наиболее многочислен был тюлень-крабоед *Lobodon carcinophagus* (в ледовитых водах всех секторов), а из китообразных – малый полосатик *Balaenoptera acutorostrata* (район о-вов Баллени в морях Амундсена и Беллинсгаузена).

Южный гигантский буревестник,
район Южных Шетландских о-вов, февраль 2008 г.

82. ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ АНТАРКТИДЫ: ГОРНЫЕ РАЙОНЫ ЗЕМЛИ МАК-РОБЕРТСОНА (В СОСТАВЕ 52-й РАЭ)

Основные участники и организаторы экспедиции: ПМГРЭ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ В СОСТАВЕ 52-й РАЭ

Д.М.ВОРОБЬЕВ, А.В.КИСЕЛЕВ, С.В.ПОПОВ, А.М.ПОПКОВ (ПМГРЭ)

Геолого-геофизические исследования, выполненные ПМГРЭ в составе 52-й РАЭ, осуществлялись в рамках госконтракта с Роснедра по объекту «Геолого-геофизическое изучение и оценка минерально-сырьевого потенциала недр Антарктиды и ее окраинных морей (восточная часть моря Содружества, горные районы Земли Мак-Робертсона) в составе 52-й РАЭ» и параллельно по программе МПГ «Геолого-геофизическое изучение Антарктиды: горные районы Земли Мак-Робертсона (в составе 52-й РАЭ)» – проект ПМГРЭ//Ю//НЭ_1.

Континентальные геолого-геофизические работы осуществлялись в традиционных районах Восточной и Центральной Антарктиды: геологические исследования и аэрогеофизическая съемка в горах Принс-Чарльз на Земле Мак-Робертсона; наземные геофизические исследования в районе подледникового озера Восток (рис. 1). Задачи и объекты континентальных исследований 52-й РАЭ были увязаны с международными научно-исследовательскими программами, поддерживаемыми Научным комитетом по изучению Антарктики (SCAR).

Геологические исследования на массиве Фишер (горы Принс-Чарльз). Геологическими исследованиями были охвачены южные и центральные части горного массива Фишер (рис. 2). Ряд обнаженных участков на южной оконечности массива посещен российскими геологами впервые. В ходе проведения полевых работ уточнено геологическое строение массива Фишер – тектонотипа Фишерской мезопротерозойской структурной зоны. Установлено, что центральная часть массива сложена толщей пород вулканогенного происхождения северо-восточного простирания. В состав данной толщи входят эффузивные и субвулканические породы преимущественно основного состава. В результате метаморфизма и синхронных с ним пластических деформаций породы превращены в плагиоамфиболиты и интенсивно бластомилонитизированные плагиоклазовые кристаллические сланцы. Собраны многочисленные данные, позволяющие охарактеризовать вещественный состав метаморфических толщ вулканогенного происхождения, их абсолютный возраст и степень метаморфизма. Сделан предварительный вывод о проявлениях в пределах массива Фишер признаков обстановки растяжения (рифтогенеза).

Южная часть массива сложена интенсивно деформированными и метаморфизованными в условиях амфиболитовой фации породами, среди которых можно выделить толщу плагиогнейсов неустановленного генезиса, гнейсово-сланцевую и амфиболит-гнейсовую толщи, по-видимому, осадочно-вулканогенного происхождения. Впервые в южной части массива были обнаружены карбонатные породы, слагающие многочисленные пласты мощностью первые метры. Новые данные получены и в ходе изучения интрузивного комплекса. Так, впервые на массиве

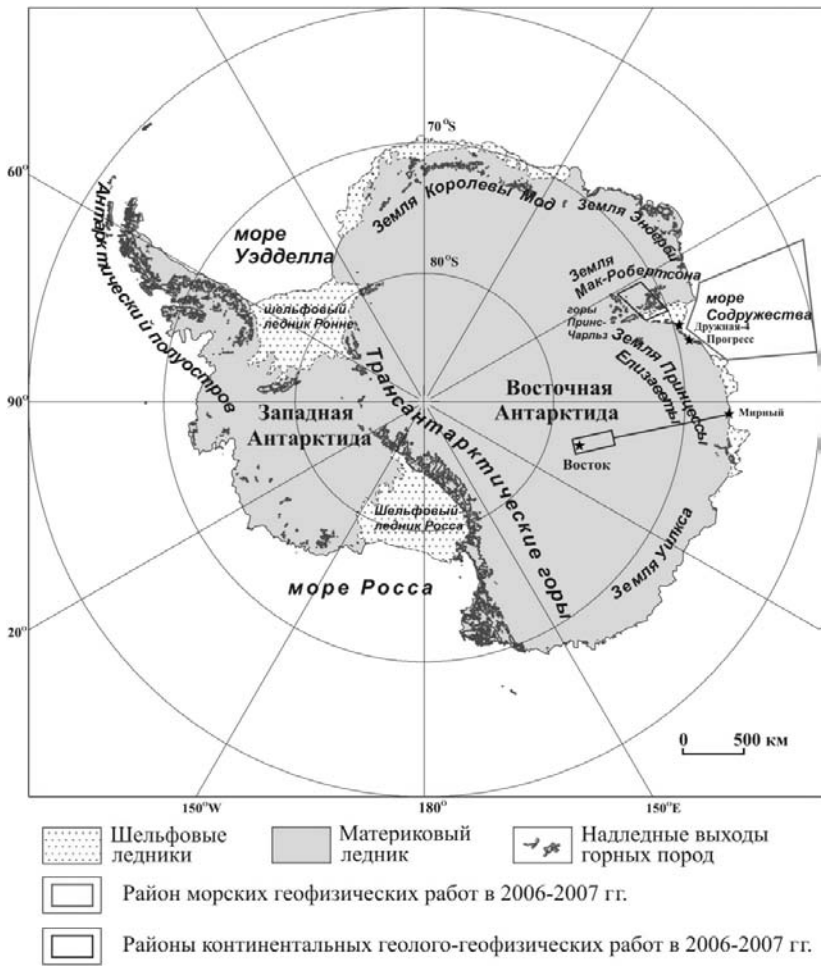
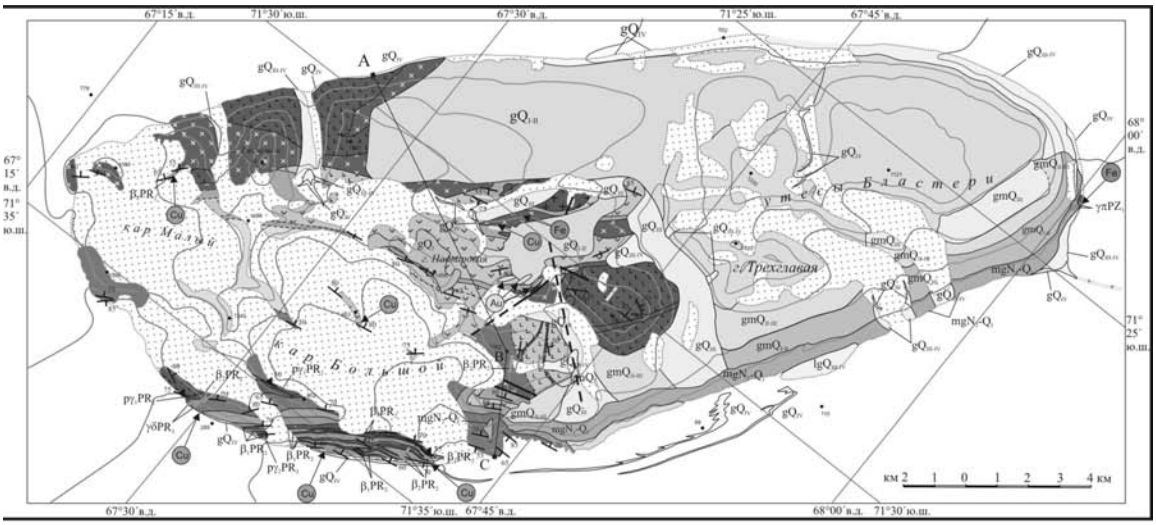


Рис.1. Схема районов геолого-геофизических исследований 52-й РАЭ



Рыхлые кайнозойские отложения:

- Отложения горных и покровных ледников (краевые морены)
- Отложения горных и покровных ледников (основные, боковые и конечные морены)
- Озерно-ледниковые отложения
- Отложения горных, долинных и покровных ледников (основные и береговые морены)
- Ледниково-морские отложения
- Ледниково-морские отложения
- Отложения покровного ледника (основная и абляционная морена)
- Ледниковые отложения (основная морена)
- Ледниково-морские отложения
- Морские и ледниково-морские отложения

Комплекс интрузивных и жильных пород

Раннепалеозойские жильные образования:

- Кварцевые жилы и линзы
- Кварц-карбонатные жилы
- Двуслюдяные пегматиты
- Жилы гранатсодержащих плагиогранитов
- Жилы гранодиоритов

Средне-позднепротерозойские интрузивные и жильные образования:

- Метаморфизованные двуслюдяные граниты
- Метадолериты
- Метагаббро-долериты (комплекс параллельных даек)
- Метагипербазиты
- Метаплагиограниты
- Метадиориты
- Габбро-диориты
- Габбро
- Амфиболиты

Среднепротерозойский вулканогенный комплекс:

- Амфиболит-гнейсовая толща
- Гнейсово-сланцевая толща
- Плагиогнейсовая толща

Вулканогенная толща основного состава:

- Пластовые тела основного состава (габбро-долеритов)
- Кристаллические сланцы базальтового и андезито-базальтового состава
- Коренные выходы, не охваченные полевыми работами 52 РАЭ
- Горные ледники и многолетние снежники

Пункты рудной минерализации:

- Элементы залегания метаморфической полочатости
- Элементы залегания контактов пород
- Разломы а) достоверные, б) предполагаемые
- Железо
- Медь
- Золото

Рис. 2. Полевая геологическая карта массива Фишер

Фишер были исследованы в коренном залегании ультраосновные породы, слагающие штокообразные тела в центральной части массива. Кайнозойские отложения массива Фишер представлены ледниковыми, водно-ледниковыми и ледниково-морскими отложениями. Установлено присутствие ледниковых отложений на высоте 1400 м от современного уровня моря, содержащих обломки песчаников предположительно пермского возраста. В кайнозойских водно-ледниковых отложениях скал Юго-Восточных обнаружено большое количество остатков ископаемой фауны морского происхождения.

Комплексная аэрогеофизическая съемка в горах Принс-Чарльз. Район аэрогеофизических работ 52-й РАЭ находится на стыке двух крупных тектонических структур: протократонного блока (архейской гранит-зеленокаменной Рукерской области) и Вегенер-Моусонского подвижного пояса

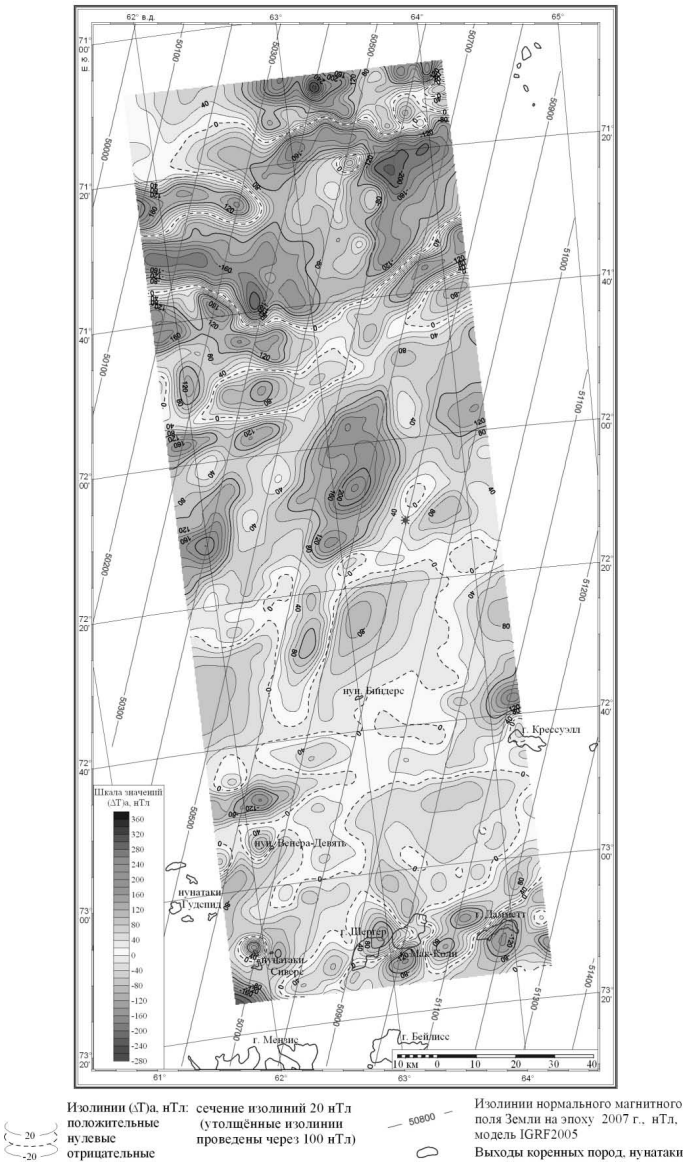


Рис. 3. Карта изолиний аномального магнитного поля района аэрогеофизических работ 52-й РАЭ.

Границы комплексов экзогенных форм мезорельефа: 1 – бровки; 2 – тыловые швы; 3 – границы региональных геоморфологических комплексов; 4– береговая линия озера Восток; I – котловина Восток; II – среднегорный массив равнины Шмидта; III– горы Советские; IV – долинные комплексы; цифрами даны преимущественные абсолютные высоты коренного рельефа в метрах

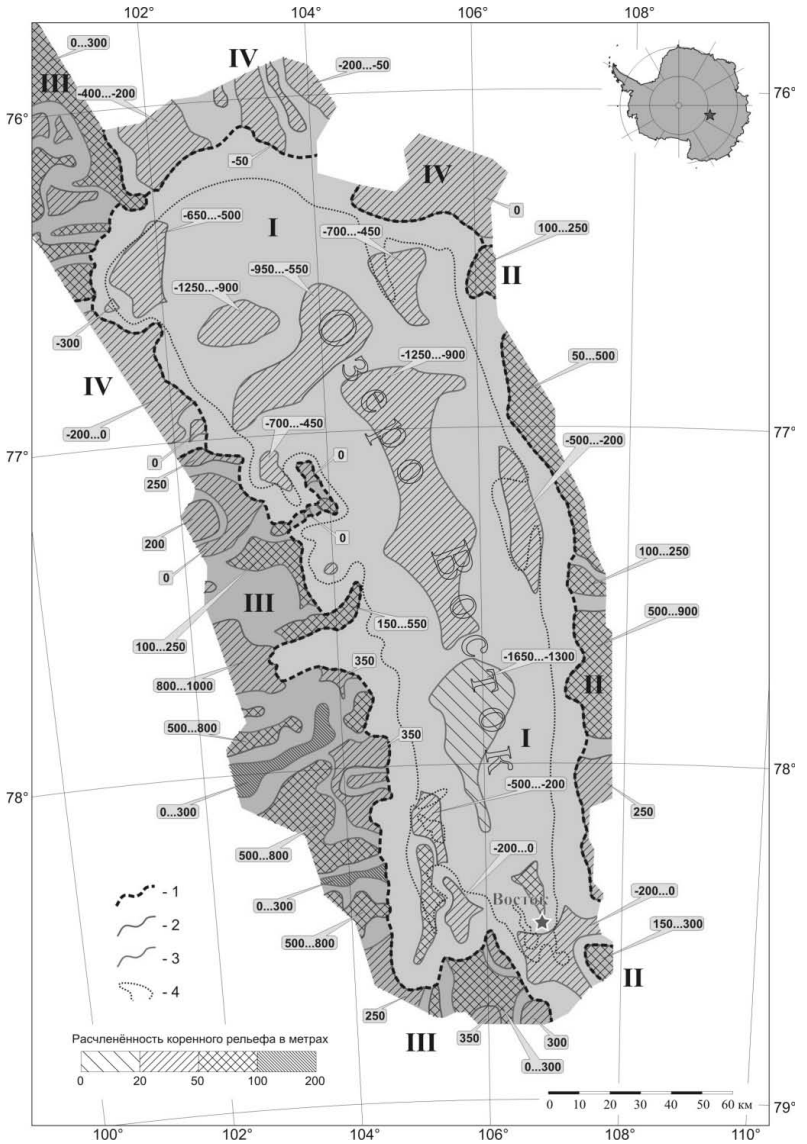


Рис. 4. Морфоструктурная схема района подледникового оз. Восток

протерозойского возраста. По результатам анализа аномального магнитного поля (АМП) выделено две магнитные области (рис. 3).

Южная магнитная область рассматривается как часть архейского протократонного блока и соотносится с гранито-гнейсами серии Моусон и слабомагнитными метаосадочными породами серии Содружества Рукерского структурно-вещественного комплекса.

Северная магнитная область расположена в пределах Вегенер-Моусонского подвижного пояса. Предполагается, что зоны повышенного АМП в ее пределах связаны с магнитными метаморфическими породами серии Портос Биверского структурно-вещественного комплекса. Зона преимущественно отрицательного АМП рассматривается как площадь развития слабомагнитных парагнейсов серии Атос, также относящихся к Биверскому комплексу. Наличие высокоградиентных локальных положительных аномалий свидетельствует о широком развитии интрузий основного и ультраосновного состава по всей площади работ. Также предполагается наличие терригенно-осадочных отложений в Южной и, возможно, в части Северной области.

По данным радиолокационного профилирования определена мощность ледового покрова в районе работ – от 0 до 2550 м при средних значениях 1400–1500 м. Доминирующей формой подледной поверхности изучаемой территории является низменная равнина, расположенная на 100–200 м ниже уровня океана (в ложбинах до 750 м ниже уровня моря), которая сопрягается на северо-востоке со среднегорным массивом, на юго-западе с областью развития среднегорных куполов.

Геофизические исследования в районе подледникового оз. Восток. Радиолокационное профилирование (РЛП). Работы в районе подледникового озера Восток проводились в его южной и северной частях и явились продолжением многолетних (начатых в сезон 44-й РАЭ) исследований методом ледовой локации. В ходе работ уточнена береговая линия подледникового озера Восток в его южной и северной части, составлен комплект полевых карт, включающий карту мощности ледникового покрова, карту коренного рельефа и морфоструктурную схему (рис. 4). В результате районирования подледной поверхности по ее морфометрическим характеристикам были выделены четыре региональных геоморфологических комплекса:

I – котловина Восток;

II – среднегорный массив равнины Шмидта;

III – горы Советские;

IV – долинные комплексы, в свою очередь подразделяющиеся на ряд комплексов экзогенных форм мезорельефа.

Построение разреза ледникового покрова вдоль трассы Мирный–Восток. Работами полевого сезона 52-й РАЭ завершено формирование данного разреза. На профиле вдоль трассы выявляется четыре крупных орографических формы. К югу от Мирного приблизительно до 205-го километра трассы располагаются низменности. Далее следует плавное повышение поверхности при крутизне до 5 м/км и средней абсолютной высоте уровня моря. Холмистые возвышенности, представленные на разрезе горами Голицына, располагаются на участке от 205-го до 420-го километра. Исследования позволили выявить здесь два самостоятельных массива с максимальными высотами 850 и 1350 м. За горами Голицына следует равнина Шмидта. Она характеризуется слаборасчлененным рельефом, преимущественно положительными высотами (от уровня моря до 200 м) и располагается на участке между 420-м и 990-м километрами трассы. Равнина осложняется отдельными положительными и отрицательными формами с перепадами высот до 1000 м. На участке от 990-го до 1145-го километра трассы выявлен фрагмент массива, который располагается к востоку от гор Гамбурцева, названный исполнителями горы Советские, они характеризуются высотами до 820 м над уровнем моря.

Сейсмические исследования на оз. Восток были направлены на выявление основных морфоструктурных элементов в строении северной оконечности подледного озерного ложа и выполнялись путем непрерывного профилирования, а также дискретных зондирований МОВ. Исследования проводились с целью изучить характер записи волн, отраженных от дна озера и их связи с осадочными отложениями. Кроме того, выполнены два зондирования на ст. Пионерская.

Предварительная интерпретация полученных данных показала, что мощность ледового покрова по профилю S52 уменьшается с запада на восток от 4200 до 4020 м. В западной части профиля S52 озерное днище расположено на глубине около 4500 м. Восточнее пикета 18 км днище погружается почти на 300 м до отметки 4820 м, образуя провал в рельефе шириной около 7 км. Восточнее пикета 30 км дно постепенно повышается от 4750 м до 4290 м и в районе 84-го–88-го километра поднимается до уровня нижней кромки ледового покрова. Восточнее 88-го километра глубина днища составляет 4250 м. Ширина озера по профилю составляет около 88 км. Сейсмическими зондированиями на профиле 1–2 в районе 196-й–206-й километр от ст. Восток выявлено поднятие с амплитудой 350 м относительно южной части профиля, где дно расположено на отметке 4620 м. Работы на ст. Пионерская выполнены по методике обращенного годографа. Возбуждение волн происходило из двух пунктов взрыва. В результате работ зарегистрированы волны, связанные с неровной поверхностью коренных пород, расположенной на глубине около 2210 м севернее предполагаемого оз. Пионерского.

86. ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В ПЕРИОД СЕЗОННЫХ ОПЕРАЦИЙ 2007 И 2008 гг. В АНТАРКТИКЕ. ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ УДАЛЕННОГО ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗДОРОВЬЯ УЧАСТНИКОВ РАЭ

Основные участники и организаторы экспедиции: ААНИИ

МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРИСУТСТВИЯ В ПРОБАХ ГРУНТА НА РОССИЙСКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

Ш.Б.ТЕШЕБАЕВ (ААНИИ)

Мониторинг бактериальной составляющей в объектах природной среды в местах дислокации береговых антарктических научно-исследовательских станций стал выполняться практически регулярно начиная с сезона 42-й РАЭ. Методически данный способ наиболее обоснован при комплексной оценке уровня антропогенного воздействия на природные объекты. Изменение бактериального присутствия на станциях обусловлено не только местными географическими и климатическими условиями, но и фактической антропогенной нагрузкой во всем многообразии составляющих ее факторов. Поэтому, если принять характер бактериального присутствия на «целинных», не задействованных человеком или его научной, хозяйственной активностью территориях за некое исходное значение, то все изменения, обнаруживаемые у микробных консорциумов на станциях, можно трактовать как последствия антропогенного влияния.

Методика санитарно-бактериологического исследования грунтов на антарктических станциях. При учете численности микроорганизмов разных групп и оценке бактериальной составляющей грунта были использованы методы, принятые в практике стандартных санитарно-бактериологических исследований Санитарно-эпидемиологической службы страны, а также оригинальные методы, рекомендованные Отделом почвенных микроорганизмов Института микробиологии РАН.

Все работы по учету и исследованию микроорганизмов в грунтах выполнялись на базе плотных агаризированных сред в чашках Петри. На все питательные среды посев выполнялся поверхностно только в трех разведениях (10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}). Разведение 10^{-1} не использовалось, так как в большинстве случаев в этих условиях наблюдался сплошной рост на чашках и выросшие микроорганизмы невозможно было учитывать и идентифицировать.

При этом определялись следующие параметры:

– общее число бактерий и спорообразующих форм – учитывались в посевах на мясопептонном агаре (МПА) или в среде АГВ при трех температурных условиях инкубации (1–5 °С, 20 °С и 36,5 °С);

– число актиномицетов и бактерий, использующих для роста минеральные формы азота, – учитывалось по росту на крахмально-аммиачном агаре (КАА) при температурном режиме 20 °С в течение двух недель от момента посева;

– число грибов – определялось на подкисленной молочной кислотой среде Чапека, при инкубации в температурном режиме 20 °С до трех недель от момента высева;

– бактерии группы кишечной палочки и близкие к ним микробные формы – исследовались стандартным способом на элективной среде Эндо.

Общее число микроорганизмов, обнаруженных на всех указанных средах, в сумме трактовалось как общее микробное число (ОМЧ). Численность микроорганизмов на агаризированных средах с органическим азотом учитывалось как сумма выявленных колоний на МПА или АГВ при всех температурных условиях.

Интенсивность деградации органических остатков микрофлоры характеризовалась по значениям коэффициента, являющимся отношением числа колоний на КАА к суммарному числу колоний на МПА (КАА/МПА).

При предварительной типизации колоний микроорганизмов учитывались:

– морфологические и культуральные свойства;

– каталазная и оксидазная активность, реакция с 3 %-м КОН;

– грамм-принадлежность;

– микроскопические признаки клеток, составляющих колонии, в том числе их форма, размер и взаимное расположение.

Результаты бактериологического исследования проб грунта на станциях. Как показали наши регулярные исследования подстилающих грунтов в районах действующих круглогодично станций, уровень бактериальной составляющей (ОМЧ) за последние годы вырос в 1,5–3,0 раза. Вероятно, связано это скорее не с увеличением загрязненности, а с постоянным усовершенствованием методического обеспечения бактериологического анализа, позволяющего при стандартных условиях многократно увеличивать степень определения исследуемых микробных сообществ.

Так, на станции Мирный общий уровень определяемого бактериального присутствия за 10 лет (за период 42-й–52-й РАЭ) увеличился примерно в 3 раза, соответственно с 5,23 млн до 15,71 млн м.т./г. При этом соотношение основных групп микроорганизмов в исследуемых микробных консорциумах оставалось схожим (рис.1). Отмечалось только существенное увеличение удельного веса психро-

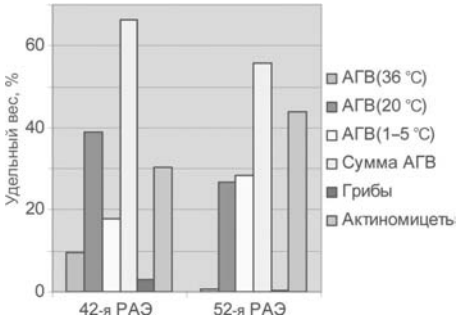


Рис.1. Соотношение различных групп аэробных микроорганизмов в пробах грунта на станции Мирный

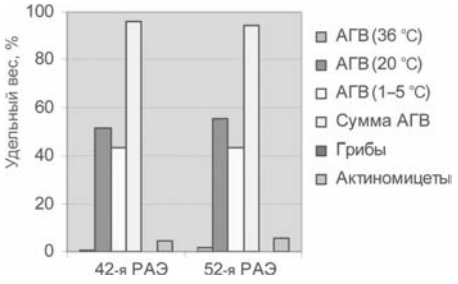


Рис.2. Процентное соотношение различных групп аэробных микроорганизмов в пробах грунта на о. Хасуэлл

фильных бактерий (рост на АГВ при температуре 1–5 °С) и микроорганизмов, развивающихся на средах с минеральными формами азота (актиномицетов). Это явление в почвоведении принято трактовать как следствие усиления процессов минерализации органических остатков в любых грунтах, что в свою очередь является косвенным показателем постепенного очищения подстилающих грунтов от привнесенной органики.

Отметим, что удельный вес сапрофитной микрофлоры (микроорганизмов, развивающихся на АГВ при температуре 36,5 и 20,0 °С) за 10 лет незначительно снизился на фоне увеличения олиготрофных, автохтонных групп микроорганизмов, свойственных природным объектам прибрежной Антарктиды.

Похожий уровень бактериального представительства определялся на другой станции с круглогодичным режимом работы – станции Новолазаревская. Здесь средние значения ОМЧ увеличились примерно в 1,5 раза. При этом, как и на обсерватории Мирный, в пробах грунта существенно выросло представительство психрофильной микрофлоры, грибов и актиномицетов. Последнее свидетельствует о преобладании в формирующихся на станциях микробных ассоциациях олиготрофных в отношении азота микроорганизмов. Подобное увеличение численности данных автохтонных (психрофильных, грибов и актиномицетов) микроорганизмов, эндемичных для мест их обнаружения в Антарктиде, может быть следствием комплекса целенаправленных природоохранных мероприятий, регулярно проводившихся на станциях.

На территориях станций с сезонным режимом работ (Молодежная, Дружная-4) общий уровень и характер бактериального представительства практически не изменился в сравнении с фоновыми территориями, на которых фактически исключены антропогенные нагрузки в любом их проявлении. Исключение составляли только участки территории в местах слива на грунт и хранения в бочках пищевых отходов. Например, на базе Дружная-4 на фоновом участке отбора поверхностных грунтов (район горы Лэндинг) показатель ОМЧ составил около 60 тыс. м.т./г. и только на территории слива жидких отходов из камбуза показатель ОМЧ достигал 10 млн м.т./г., на остальных же обследованных территориях базы бактериальное присутствие превышало фоновые значения не более чем в 3–4 раза даже на участках выраженного антропогенного воздействия (слив из бани). Следовательно, можно считать, что в данном случае антропогенное воздействие минимизировано настолько, что никакого существенного влияния на природные микробные сообщества не оказывает. Подтверждением этого может служить сравнительно высокий усредненный уровень коэффициента деградации органических остатков в грунте, достигавший почти 2,0. Подобное явление может быть обусловлено не только и не сколько сезонным характером работы базы, когда в зимний период вымерзает вся привнесенная микрофлора, но и целенаправленными систематическими природоохранными мероприятиями по складированию и утилизации всех видов отходов.

На подстилающих грунтах территорий, испытывающих только массированное орнитогенное воздействие, общая численность микрофлоры оставалась практически без изменений (о. Хасуэлл). Так, если в период 42-й РАЭ показатель ОМЧ составил в среднем 11,11 млн м.т./г, то в сезоне 52-й РАЭ его значение в среднем было 11,19 млн м.т./г.

Процентное распределение различных групп микроорганизмов в пробах грунтов с о. Хасуэлл за минувшие 10 лет (42-я–52-я РАЭ) также практически не изменилось (рис. 2). Сохранилось взаимное соотношение численности микроорганизмов, развивающихся на плотных агаризированных средах в аэробных условиях. Следовательно, в условиях регулярной орнитогенной нагрузки характер микробных сообществ на объектах окружающей среды за период наблюдений существенно не меняется. В данном случае можно считать, что о. Хасуэлл является примером природной геосистемы, сформировавшейся в зоне регулярного воздействия скопления колониальных птиц (пингвинов Адели).

Таким образом, проведенные мониторинговые исследования бактериальной составляющей в подстилающих грунтах на территории научно-исследовательских станций и прилегающих к ним районов позволяют охарактеризовать их состояние и направленность происходящих в них процессов под влиянием антропогенной деятельности. Следовательно, данная система наблюдений и оценки может быть необходимым условием для качественного прогноза фактического состояния и тенденций изменения в окружающей среде прибрежной Антарктики.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ЭВОЛЮЦИИ ПОКРОВНОГО И ГОРНОГО ОЛЕДЕНЕНИЙ В ХИБИНАХ

В.Я.ЕВЗЕРОВ (Геологический институт Кольского НЦ РАН)

Хибины, расположенные в западной части Кольского п-ова, образованы интрузией щелочных пород (нефелиновых сиенитов) и широко известны благодаря уникальным месторождениям апатитовых руд. Горы занимают малое пространство – участок примерно 30 × 45 км; мала также их абсолютная высота, в среднем 1000–1100 м (отметка высшей точки – горы Ферсмана – 1208 м). Вместе с тем в Хибинах отчетливо выражена высотная поясность ландшафтов, интенсивна лавинная деятельность, существуют небольшие ледники и широко распространены селевые явления.

Отряд Геологического института Кольского НЦ РАН в рамках МПГ занимался изучением ледниковых отложений, развитых во внутригорных долинах и на равнине, прилегающей к северному склону Хибин. Маршруты отряда показаны на космическом снимке синими стрелками (рис. 1). Установлено, что на юге Хибин в депрессии, частично занятой озерами Большим и Малым Вудъявром, развиты отложения как Скандинавского покровного, так и горных ледников. Покровным ледником образованы обширный вал, на котором расположен один из районов Кировска, и более низкая и узкая гряда, локализованная вблизи южного берега оз. Малый Вудъявр. Вал сложен флювиогляциальными дельтовыми и озерно-ледниковыми осадками, частично деформированными и перекрытыми отложениями покровного ледника (мореной). Гряду слагает покровная морена. К отложениям горных ледников, установленным в северной части депрессии, относятся маломощный покров песчано-галечных отложений, созданный блуждающими потоками талых ледниковых вод (зандр), конечные морены, флювиогляциальные дельты, морены Де Геера, формирующиеся ежегодно у края отступающих ледников в примыкающих к ледникам водоемах, и береговые образования приледникового озера.

В северных предгорьях Хибин обнаружены широко распространенные отложения горного оледенения, оставленные сначала предгорным, а затем занимавшим меньшую площадь ширококонечным ледником. На рис. 2 показана крупная глыба нефелиновых сиенитов Хибин, встреченная за пределами Хибинского плутона в области распространения ширококонечного горного ледника. В восточной части Хибин установлены только отложения покровного Скандинавского ледника. Западная часть Хибин пока не исследована.

Материалы, собранные в южной части Хибин, позволяют реконструировать заключительный этап эволюции горных ледников и покровного оледенения в позднем плейстоцене и начале голоцена. Сценарий развития событий приведен на рис. 3. Около 12,5 тыс. лет назад горные и покровный ледник, очевидно, соединялись.

В связи с потеплением в аллероде от массивов активного льда горного и покровного ледников отчленился фрагмент, занимавший большую часть депрессии с озерами Большим и Малым Вудъявром. После некоторого отступления краев активного льда и стаивания части мертвого льда перед краем покровного ледника накопилась мощная толща флювиогляциальных и озерно-ледниковых осадков; вероятно, отложение материала происходило во флювиогляциальной дельте. В это же время перед краем горных ледников сформировался зандр, представленный валунно-галечными и песчаными осадками.

Во время последующего похолодания (в позднем дриасе) произошла реактивация ледников, и они образовали гряды конечных морен. При деградации покровного и горных ледников сформировались, соответственно, тонкий покров флювиогляциальных и озерно-ледниковых отложений, залегающий на покровной морене, и гряды, напоминающие морены Де Геера, затем флювиогляциальные дельты и приледниковые террасы в долинах рек, открывающихся в депрессию. Приледниковый водоем между горными ледниками на севере и покровным ледником на юге существовал, вероятно, в течение непродол-

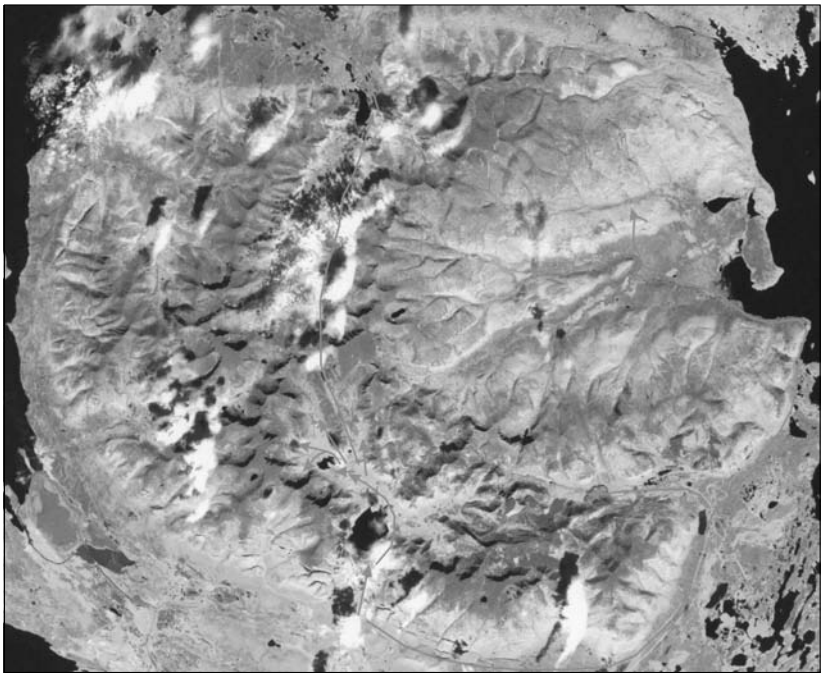


Рис. 1. Космический снимок Хибин с маршрутами отряда

жительного времени. Осадконакопление в оз. Купальном, судя по материалам Д.Б.Денисова, началось в конце пребореального – начале бореального периода, что полностью соответствует предложенной схеме развития событий.

Результаты исследований в южной части Хибин дают ключ для понимания последовательности развития горного оледенения в северных предгорьях Хибин. Очевидно, предгорный ледник оккупировал предгорную равнину во время похолодания 10–11 тыс. лет назад, а ширококонечный ледник функционировал в начале голоцена (последние 10 тыс. лет геологической истории Земли).

На протяжении голоцена горные ледники многократно исчезали и вновь зарождались. К.М.Рябцева на основе геолого-геоморфологических исследований выделила четыре стадии горного оледенения. Первой из них отвечают, очевидно, конечные морены горных ледников в долинах, открывающихся в депрессию с озерами Большим и Малым Вудъявром. Последующая волна потепления, включающая климатический оптимум голоцена, привела к исчезновению горных ледников.

В завершающие 4,5 тыс. лет ледники появлялись еще трижды: примерно 4,5–4,0 тыс. лет назад, около 2,5–2,0 тыс. лет назад и в малый ледниковый период, длившийся ориентировочно с середины XV до середины XIX веков. Все они практически не выходили за пределы цирков, и занимаемые ими площади сокращались во времени.

В южной части Хибин на морене и флювиогляциальных отложениях горного оледенения Ю.М.Косаревой (МГУ) обнаружены погребенные почвы, сформировавшиеся в промежутках между второй-третьей и третьей-четвертой стадиями горного оледенения с возрастами соответственно 3780 ± 110 лет назад (ИГАН-3184) и 1170 ± 80 лет назад (ИГАН-3186).

Современное оледенение Хибин представлено четырьмя ледниками. По данным В.Ф.Перова, в 1960-е гг. их площадь достигала 15–30 тыс. м^2 при мощности слоя льда до 30 м. Это оледенение, которое отнесено к эмбриональному типу, возникло, очевидно, в малый ледниковый период и в настоящее время деградирует.

Среднегодовая температура воздуха на плато Ловчорр, а также на прилегающей к Хибинам равнине приближается к максимальным значениям, отмеченным в 1930-е гг. Однако вполне вероятно, что в ближайшие годы потепление сменится похолоданием подобно тому, как это

Рис. 2. Глыба нефелинового сиенита Хибин

имело место в прошлом столетии. Некоторые исследователи, например О.Г.Сорохтин в брошюре «Эволюция и прогноз изменений глобального климата Земли», прогнозируют именно такое развитие событий.

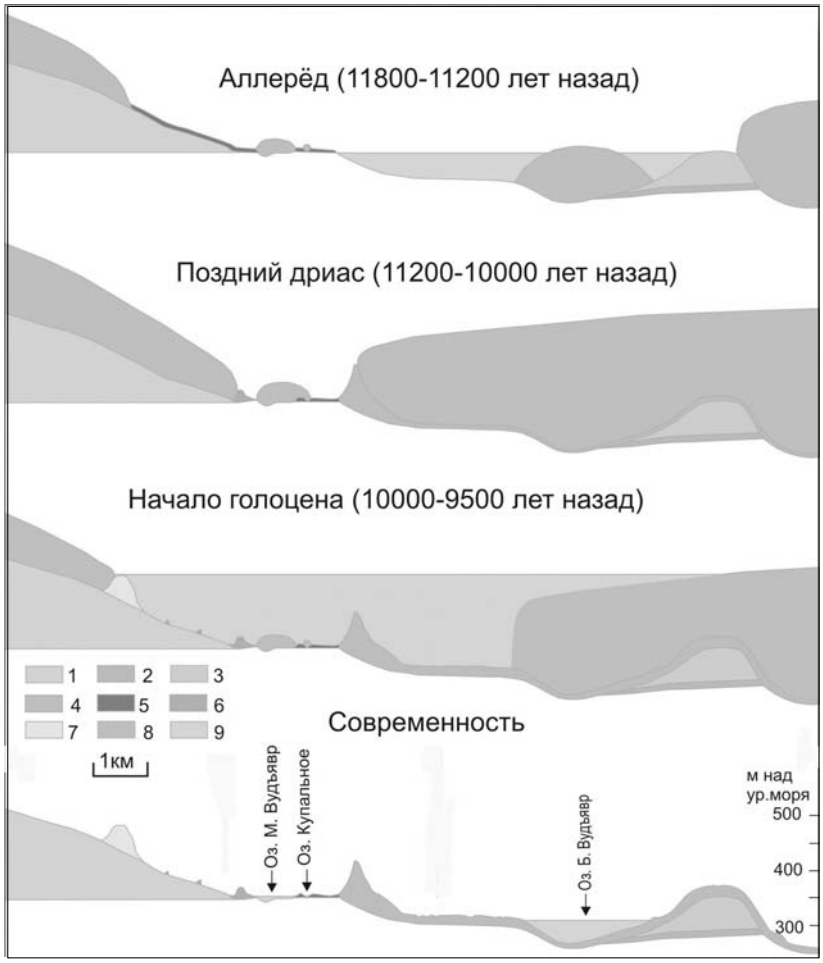


Рис. 3. Эволюция горного и покровного оледенений в позднем плейстоцене – начале голоцена
Коренные породы: 1 – нефелиновые сиениты Хибинского плутона.
Покровное оледенение: 2 – морена и водно-ледниковые отложения; 3 – флювиогляциальные и озерно-ледниковые отложения; 4 – морена с фрагментарно развитым тонким чехлом флювиогляциальных и озерно-ледниковых отложений.
Горное оледенение: 5 – зандр; 6 – конечная морена и морена Де Геера; 7 – флювиогляциальная дельта.
Лед: 8 – активный; 9 – мертвый