ФГАОУ ВПО «Северный Арктический федеральный университет имени М.В. Ломоносова»
ФГБУ «Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»
Всероссийская общественная организация «Русское географическое общество»

Комплексная научно-образовательная экспедиция «Арктический плавучий университет - 2013»

Архангельск - 2013

УДК [551.46.062+551.5](985)
ББК 26 221+26.23(21)
К63

Ответственные редакторы: д.х.н. К.Г. Боголицын, к.г.н. Н.М. Бызова, к.и.н. К.С. Зайков

В монографии изложены результаты комплексных исследований Баренцева, Белого и Карского морей по программе «Арктический плавучий университет – 2013». Представлены данные по изучению климата, гидрохимии и гидрологии вод, геоморфологии береговых зон, сейсмической и радиологической обстановке в западном секторе Арктики. Рассмотрены биоресурсные и бигеографические особенности морей. Представлены данные по океанографическим и метеорологическим исследованиям.

Монография рассчитана на ученых естественно-научных специальностей (химиков, географов, биологов, гидрологов, экологов, климатологов, лимнологов и др.), а также аспирантов и студентов.

Ответственный редактор – доктор химических наук К.Г. Боголицын

Авторы фотографий: П.Н. Бахарев, П.А.Феклистов, А.В. Малков, Ю.Н. Шумилова, М.А. Долинин, Д.С Ковалев, Д.Ю. Поликин, С.А. Игловский, В.В. Кряучюнас.

Оглавление

Введение *К.Г. Боголицын, К.С. Зайков, Н.М. Бызова* ……………...….. 3

1.1 Программа работ и маршрут 1 рейса экспедиции «Арктический плавучий университет - 2013» на НИС «Профессор Молчанов» по научно-исследовательскому направлению *К.Г. Боголицын, Д.Ю. Поликин, Н.М. Бызова*……………………...……...…...………………….. 13

1.2 Программа работ и маршрут 2 рейса экспедиции «Арктический плавучий университет - 2013» на НИС «Профессор Молчанов» по научно-исследовательскому направлению *К.Г. Боголицын, Д.Ю. Поликин, Н.М. Бызова* ………………..………………………….…… 26

1.3 Образовательное направление работ экспедиции «Арктический плавучий университет 2013» *К.С. Зайков, Ю.Н. Шумилова*…..………… 43

2.1 Описание маршрута первой экспедиции «Арктический плавучий университет 2013» на НИС «Профессор Молчанов» *Т.Мошкова, А. Морозов, К.С. Зайков*……………………………………………………….... 63

2.2 Описание маршрута второй экспедиции «Арктический плавучий университет 2013» на НИС «Профессор Молчанов» *В.П. Соколов*…..… 104

3. Сейсмологические исследования на архипелаге Шпицберген *А.Н. Морозов* ……………………………………………………………………… 123

3.1. Цель и задачи исследования…………………………………...…. 123

3.2. Методы и аппаратное обеспечение исследований 124

3.2.1. Методы исследований ……………………………………………..

3.2.2. Аппаратное обеспечение.…………………………………...……… 125

3.3. Анализ данных 127

3.3.1. Геологическое строение архипелага Шпицберген………………….

3.3.2. История инструментальных сейсмологических исследований …... 129

3.3.3. Современные представления о сейсмичности архипелага ………. 131

3.3.4. Сейсмологические исследования в районе п. Баренцбург ……..… 133

3.3.5. Сейсмологические исследования в районе г. Лонгйир…………….. 136

3.3.6. Сейсмологические исследования в районе п. Ню-Олесунн……….. 139

3.4. Заключение…………………………………………………………..…. 143

4. Геоморфологические особенности береговых зон арктических морей *Н.М. Бызова*………………………………………………………………..... 148

4.1. Цели и задачи исследования …………………………….……….... 149

4.2. Методики исследования и аппаратурное обеспечение 150

4.2.1. Методы исследования …………………………….………………

4.3.Результаты исследования ………………………………….………….. 151

4.4. Заключение…………………………………………..……………… 176

5. Палеогеографические исследования архипелага Шпицберген *В.В.Кряучюнас, С.А. Игловский* ……………………………………………… 179

5.1. Цель и задачи исследования ……………………………………….... 179
5.2. Методики исследования и аппаратурное обеспечение 183
5.2.1. Методы исследование ……………………………………….………
5.2.2. Использованная аппаратура …………………………………...... 185
5.3. Палеогеографическая изученность морских террас на архипелаге Шпицберген ……………………………………..…………………..…. 185
5.4. Результаты палеогеографических исследований………………..…... 191
6. Специальные метеорологические исследования: измерение содержания парниковых газов в атмосфере и гидрооптические наблюдения в эвфотическом слое моря *И.А. Говорина* ……………….…. 200
6.1. Цель и задачи исследований ………………………………………... 200
6.2. Методики исследования и аппаратурное обеспечение 201
6.2.1. Метеорологические измерения ……………………….…….
6.2.2. Актинометрические наблюдения…………………………….…… 202
6.2.3. Гидрооптические наблюдения ……………………………..…. 203
6.2.4. Измерения общего содержания озона …………………….….. 204
6.2.5. Измерения концентрации углекислого газа в атмосфере…….....…. 205
6.3. Климатические особенности района исследований 206
6.3.1. Климат Белого моря…………………….………………………....
6.3.2. Климат Баренцева моря……………………….………………….. 207
6.3.3. Климат Карского моря …………………..………………… 208
6.4. Результаты специальных метеорологических исследований 208
6.4.1. Результаты метеорологических и актинометрических наблюдений
6.5. Результаты гидрооптических измерений ………………………… 214
6.5.1.Белое море ……………………………………………………….... 214
6.5.2. Баренцево море …………………………………………………... 215
6.6. Измерения общего содержания озона в атмосфере ……………..…….. 219
6.7. Измерения углекислого газа в атмосфере над акваториями Арктических морей ……………..………………………………….…. 220
6.8. Результаты исследований ………………..……………………..…. 222
7. Гляциологические, криологические и георадарные исследования *Игловский С.А., Кряучюнас В.В., Поликин Д.Ю*..……………………..…... 224
7.1. Ледники ……………………..………………………………………. 224
7.2. Гляциологические, криологические и георадарные исследования на морских террасах о. Западный Шпицберген ….……………………….. 232
7.2.1 Методики исследований…………………..……………………… 232
7.3. Современные особенности оледенения Шпицбергена …………….... 236
7.3.1. Особенности рельефа бассейна залива Грён-фьорд ….…….…….…. 239
7.3.2. История изучения ледников Шпицбергена ………………..……. 241
7.3.3. Прогнозные изменение оледенения архипелага в будущем……… 254
7.3.5. Заключение ….…….…….…….…….…….…….…….…….……..…. 256
7.4. Криолитозона Шпицбергена………………….……………………….. 257

7.4.1. Криогенные формы рельефа ………………………………………… 258
7.4.2. История изучения криолитозоны Шпицбергена ………………..…. 259
7.5. Полевые георадарные и криогенные исследования …………………. 267
7.5.1. Заключение ………………………………………..……………… 277
8. Электрофизические исследования льда, снежных покровов и морской воды *Л.А. Ворожцова* ……………………………………………….... 311
8.1. Цель и задачи исследования …………………………...………………. 311
8.2. Методическое и аппаратурное обеспечение исследований 313
8.2.1. Использованная аппаратура ………………………………..….
8.2.2. Методы исследования …………………………………………. 315
8.3. Результаты электрофизических исследований и их интерпретация…………………………………………………………… 316
9. Океанографические исследования в Белом, Баренцевом, Гренландском и Карском морях.*М.С. Махотин, О.Н. Балакина………….* 340
9.1. Цели и задачи исследований…………………………………………… 340
9.2. Приборы и оборудование……………………………………………. 341
9.3. Океанографические исследования вод Белого моря 343
9.3.1. Формирование гидрологического режима Белого моря……………
9.3.2. Гидрологические условия в Белом море в июне 2013 года……….. 347
9.4. Океанографические исследования в Баренцевом, Гренландском и Карском морях 357
9.4.1. Формирование гидрологических условий территорий…………….
9.4.2. Состав работ……………………………………………………….. 358
9.4.3. Результаты…………………………………………………………. 364
9.4.4. Термическое состояние атлантических вод в Баренцевом море…. 389
9.4.5. Заключение………………………………………………………… 392
10. Гидрохимия вод северных морей………………………………… 394
10.1. Гидрохимические исследования 1 рейса «Арктический Плавучий Университет – 2013» *Н.М., Кокрятская, В.А. Зубаревич, Н.И. Торгунова……………………………………………………….…..................…*
10.1.1. Цель и задачи исследования ……………………………………….. 395
10.1.2. Методическое и аппаратурное обеспечение исследований 400
10.1.2.1. Методы исследований ………………..…………………………..
10.1.2.2. Использованная аппаратура ……………………………..… 401
10.1.3. Результаты и анализ пространственной изменчивости основных биогенных элементов. 406
10.1.3.1. Особенности трансформации растворенного кислорода и биогенных элементов в Белом море …………………………………..…
10.1.3.2. Особенности трансформации растворенного кислорода и биогенных элементов в Гренландском море……………………………… 440
10.1.3.3. Особенности трансформации растворенного кислорода и биогенных элементов в Баренцевом море………………………………… 448

10.1.4. Результаты гидрохимического исследования Белого, Баренцева и Гренландского морей ……..…… 487
10.2. Физико-химические исследования 1 рейса «Арктического Плавучего Университета -2013» *А.С. Почтовалова, А.В. Малков* ……. 489
10.2.1. Цель и задачи исследования …….. 489
10.2.2. Методическое и аппаратурное обеспечение исследований ……..... 490
10.2.3. Физико-химические характеристики Белого и Баренцева морей... 508
10.2.4. Анализ пространственной изменчивости физико-химических свойств воды Белого моря в июне 2013 г ……. 509
10.2.5.Анализ пространственной изменчивости физико - химических свойств воды Баренцева и Гренландского морей в июне 2013 г.……..… 528
10.2.6. Результаты рентгенофлуоресцентного анализа ……..… 564
10.2.7. Обсуждение результатов ……..…… 601
10.2.7.1. Катионный состав 603
10.2.7.1.1. Белое море ……
10.2.7.1.2. Баренцево и Гренландское море ……. 616
10.2.8.Заключение……..…… 632
10.3. Гидрохимические исследования 2 рейса «Арктический плавучий университет -2013» *И.А. Гангнус, К.К. Иванова*……..... 634
10.3.1. Цели и задачи исследования …… 636
10.3.2. Методическое и аппаратурное обеспечение исследований 639
10.3.2.1. Методы исследований……..……..
10.3.2.2. Использованная аппаратура …..…… 644
10.3.3. Результаты и анализ пространственной изменчивости основных биогенных элементов ……...…… 649
10.3.4. Особенности распределения растворенных углеводов на основных разрезах…….…… 688
10.3.5. Результаты определения pH, щелочности и аммонийного азота…….. 693
10.3.6. Результаты определения катионного состава морской воды …… 697
10.3.7. Результаты гидрохимического исследования Баренцева и Карского морей ……... 725
11. Оценка состояния фитопланктонного сообщества и уровня первичной продукции арктических морей России (Баренцево и Карское моря) *Т.В. Страхова* ……..… 727
11.1. История изучения и современное состояние фитопланктона Баренцева и Карского морей ……..……... 728
11.2. Цель и задачи исследований ……..… 739
11.3. Методология исследования. Отбор проб, консервация материала и подготовка к биологическому анализу ……..……... 739
11.4. Результаты исследования 745
11.4.1. Исследование первичной продукции фитопланктона ……

11.4.2. Исследование пространственного и вертикального распределения фотосинтетических пигментов фитопланктона…… 749
11.5. Основной химический состав арктических бурых водорослей *П.А. Каплицин* …… 767
11.5.1. Цели и задачи исследования …… 770
11.5.2 Состав работ …… 771
11.5.3. Методическое и аппаратурное обеспечение исследований …….. 773
11.5.4. Идентификация и районирование морских водорослей …….... 775
11.5.5. Сравнительная химическая характеристика арктических бурых водорослей …… 781
11.5.6. Результаты исследований …… 799
12. Биологические наземные исследования *В.В. Кряучюнас, С.А. Игловский, Д.С. Мосеев, Е.Ю. Чуракова, П.А. Феклистов*……..... 806
12.1. Растительный покров и почвы побережья о. Западный Шпицберген …… 806
12.1.1. Цель и задачи исследования …… 806
12.1.2. Научное оборудование …… 808
12.1.3. Фенологические исследования …… 808
12.1.4. Исследования арктических почв …….. 815
12.1.5. Распределение тяжелых металлов в почвах, сформированных на морских террасах …….. 817
12.2. Общая характеристика растительного покрова в точках высадок второго рейса «Арктического плавучего университета – 2013»……..... 827
12.2.1. Цель и задачи исследования …….. 827
12.2.2. Материал и используемые методики …….. 828
12.2.3. Результаты исследований. Характеристика основных типов растительных сообществ прибрежных территорий в точках высадок..… 832
12.2.4. Характеристика видового разнообразия растений в точках высадок…… 868
12.3. Общая характеристика почв в точках высадок второго рейса «Арктического плавучего университета – 2013»……... 884
12.3.1. Цель и задачи исследования …….. 885
12.3.2. Материалы и методы исследований …… 886
12.3.3. Результаты и их обсуждение……..... 888
13.Геоинформационный исследования «Подготовка тематических ледовых и метеорологических прогнозных карт-схем в интересах геоинформационного обеспечения решения целевых задач экспедиции «Арктический плавучий университет 2013».. 902
13.1 Цель и задачи исследования…… 903
13.2. Оборудование…….. 905
13.3 Описание системы мониторинга и основных методик ее применения…… 910

13.4. Проверка функционирования системы альтернативной энергетики в условиях Арктики *Терёхин В.Д., Коробицын Д.А*…… 937
13.5 Цели и задачи исследования…… 938
13.6 Оборудование…… 940
13.7 Монтаж оборудования и ввод в эксплуатацию…… 942
14. Судостроительные исследования. 947
Исследование особенностей эксплуатации судовой энергетической установки и ее элементов в условиях арктического плавания *А.И. Лычаков, Р.В. Куклин , П.О. Тетеревенков* ……
14.1. Цель и задачи исследований …… 947
14.2. Методическое и аппаратурное обеспечение исследований 948
14.2.1 Методы исследований ……
14.2.2. Использованная аппаратура …… 948
14.3. Характеристика НИС «Профессор Молчанов» 952
14.3.1. Общее устройство судна ……
14.3.2. Судовая энергетическая установка …… 953
14.4. Шумовиброакустические измерения …… 967
14.4.1. Вибрационная диагностика элементов пропульсивного комплекса …… 968
14.4.2. Измерение уровня шума и вибрации в помещениях судна…… 979
14.5 Анализ полученных данных 986
14.5.1 Анализ результатов вибрационной диагностики элементов пропульсивного комплекса……
14.5.2 Анализ результатов замеров уровня шума и вибрации в помещениях судна…… 988
14.6. Результаты исследований …… 992
15.Психофизиологические исследования 996
Оценка компенсаторно-приспособительных реакций организма при укачивании в условиях морской арктической экспедиции *А.Н. Ишеков* ..
15.1. Цель и задачи исследований …… 997
15.2. Методическое и аппаратурное обеспечение исследований 998
15.2.1. Методы исследований ……
15.2.2. Использованная аппаратура …… 1000
15.3. Анализ полученных данных …… 1001
15.4. Результаты измерений …… 1006
16. Психологические исследования. 1008
Психологическое исследование участников экспедиции в динамике арктического рейса *И.А. Порохина*……
16.1. Цель и задачи исследования …… 1010
16.2. Методы исследования…… 1011
16.3. Развитие коллектива в динамике рейса 1012
16.3.1. Психологический климат коллектива в динамике рейса…….

16.3.2. Мониторинг эмоционального фона развития внутригрупповых отношений…… 1014
16.4. Изменение функциональных и психологических состояний участников экспедиции 1019
16.4.1. Динамика самочувствия, активности, настроения членов экспедиции в динамике рейса……
16.4.2. Оценка динамики психоэмоциональной сферы членов экспедиции в динамике рейса…… 1021
16.5. Саморегуляция и социально-психологическая адаптация участников экспедиции……. 1026
16.6. Результаты исследования…….. 1035
17. Историко-археологические исследования 1039
17.1 Пространственно-временные закономерности природопользования на арктических островах и побережье Баренцева и Карского морей *Н.М. Бызова*……
17.1.1. Цели и задачи исследования…….. 1042
17.1.2.Методика исследования и аппаратурное обеспечение 1043
17.1.2.1. Методы исследования……..
17.1.2.2. Использованная аппаратура…… 1044
17.1.3. Результаты полевых исследований островов и архипелагов Баренцева и Карского морей……. 1045
17.2. Построение плавающих хронологий годичных колец для датирования деревянных строений в Арктике *П.А. Феклистов* 1085
17.2.1.Состояние изученности динамики прироста деревьев на Севере и оценка возможности датировки деревянных сооружений……
17.2.2. Методы исследования……. 1091
17.2.3.Результаты дендрохронологического анализа…….. 1093
17.2.4.Результаты исследования…… 1109
18. Культурологические исследования. 1112
Проблемы освоения Арктической зоны России. «Плавучий университет» - как часть культурного освоения Арктики *С.А. Звягин*…..
19. Дневники экспедиций «Арктический плавучий университет -2013» 1119
19.1. Первый рейс АПУ-2013 1-25 июня 2013 года *Т. Мошкова*……
19.2. Второй рейс АПУ-2013 2-26 июля 2013 года *А.П. Долинина*…… 1145
Заключение *К.Г. Боголицын, К.С. Н.М. Бызова, К.С. Зайков*…… 1194

ВВЕДЕНИЕ

К.Г. Боголицын, К.С. Зайков, Н.М. Бызова

Укрепление национальных интересов России в Арктике невозможно без подготовки высококвалифицированных кадров в рамках единого образовательного пространства, путем совершенствования технологий обучения в соответствии с современными достижениями науки и техники. Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова активно внедряет новые направления подготовки молодых специалистов для удовлетворения потребностей рынка труда в специалистах, отвечающих современным требованиям.

Одним из перспективных направлений обучения являются научно-исследовательские экспедиции с участием студентов. В 2012 году стартовал новый инновационный проект «Арктический плавучий университет», в котором органично сочетаются образовательные курсы и научно-исследовательская работа студентов, магистрантов и аспирантов. Благодаря ориентации на арктические исследования, переходу на стандарты третьего поколения, наличию высококвалифицированного профессорско-преподавательского состава, проект «Арктический плавучий университет» на НИС «Профессор Молчанов» достойно продолжил традиции развития Российской научной школы по ведению систематических и планомерных научных исследований Европейского Севера России и Российской Арктики.

Цель экспедиции «Арктический плавучий университет 2013» - получение комплексной информации о состоянии природных условий и процессов в Российской Арктики в сочетании с интегрированной междисциплинарной образовательной программой, которая включает основные разделы океанология, метеорология, география, гляциологии, физика, химия, биология.

Решение научно-образовательных задач осуществлялось в течение 2 рейсов экспедиций в июне-июле 2013 года.

В состав 1 рейса экспедиции «Арктический плавучий университет 2013» вошли студенты, магистранты и аспиранты института естественных наук и биомедицины, института нефти и газа, института теоретической и прикладной химии, института педагогики и психологии САФУ имени М.В. Ломоносова, географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, Российского государственного гидрометеорологического университета, Государственного океанографического института, факультета географии и геоэкологии СпбГУ. Учебно-методической подготовкой молодых исследователей занимались руководители научных блоков из числа участников экспедиции, среди которых были преподаватели САФУ имени М.В.Ломоносова, сотрудники Института Экологических проблем севера Уро РАН, Арктического и Антарктического научно-исследовательского института, Государственного океанографического института имени Н.Н. Зубова, ФГБУ «Всероссийский НИИ рыбного хозяйства и океанографии», Зоологического института РАН, ФГБУ «Северное УГМС». Они познакомили студентов с целями, задачами, маршрутом экспедиции, научно-исследовательским оборудованием, методами полевых и лабораторных исследований, обработки полученных материалов, сопоставления собственных наблюдений с материалами учебной и научной литературы, составления отчетов, промежуточной презентацией полученных результатов.

Основные научно-исследовательские задачи были направлены на получение комплексной океанологической информации о состоянии природных систем Белого, Баренцева и Гренландского морей и влиянии их на формирование климатических изменений в северных полярных районах; оценку содержания парниковых газов в атмосфере и исследование гидрооптических характеристик верхнего слоя морей; изучение современного состояния гидрохимической структуры и уровня

загрязненности среды морей и воздействие на нее процессов, связанных с глобальными климатическими изменениями; изучение морских берегов архипелага Шпицбергена в целях составления геокриологического, геоморфологического и геологического описания рельефа, фото- и видео-фиксации криогенных форм рельефа; изучения структуры почв, концентраций в них различных металлов; получение новых данных по видовому разнообразию, запасам биомассы, численности различных групп организмов-продуцентов в пределах морской акватории, в береговой зоне и на ключевых участках материковой платформы и арктических островов; изучению закономерности системной организации психофизиологических функций и состояний организма человека в условиях морской арктической экспедиции.

В состав 2 рейса экспедиции «Арктический плавучий университет 2013» вошли студенты, магистранты и аспиранты института естественных наук и биомедицины, института нефти и газа, института судостроения и морской арктической техники САФУ имени М.В. Ломоносова, географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, Российского государственного гидрометеорологического университета. Учебно-методической подготовкой молодых исследователей занимались руководители научных блоков из числа участников экспедиции, среди которых были преподаватели САФУ имени М.В.Ломоносова, сотрудники Арктического и Антарктического научно-исследовательского института, Государственного океанографического института имени Н.Н. Зубова, ФГБУ «Всероссийский НИИ рыбного хозяйства и океанографии», ФГБУ «Северное УГМС». Они познакомили студентов с целями, задачами, маршрутом экспедиции, научно-исследовательским оборудованием, методами полевых и лабораторных исследований, обработки полученных материалов, сопоставления собственных наблюдений с материалами учебной и научной

литературы, составления отчетов, промежуточной презентацией полученных результатов.

Основные научно-исследовательские задачи были направлены на получение комплексной океанологической информации о состоянии природных систем Баренцева и Карского морей и влиянии их на формирование климатических изменений в северных полярных районах; оценку содержания парниковых газов в атмосфере и исследование гидрооптических характеристик верхнего слоя морей; изучение современного состояния гидрохимической структуры и уровня загрязненности среды морей и воздействие на нее процессов, связанных с глобальными климатическими изменениями; изучение морских берегов и форм рельефа морских побережий; изучение пространственно-временных закономерностей природопользования на акваториях и побережье Баренцева и Карского морей и арктических островах для выявление мест поселений, становищ, культовых сооружений на морских побережьях для популяризации морского географического наследия, связанного с открытиями, освоением и изучением Арктики; получение новых данных по видовому разнообразию, запасам биомассы, численности различных групп организмов-продуцентов в пределах морской акватории, в береговой зоне и на ключевых участках материковой платформы и арктических островов; изучению закономерности системной организации психофизиологических функций и состояний организма человека в условиях морской арктической экспедиции; ГИСЫ; исследование особенностей эксплуатации судовой энергетической установки и её главных и вспомогательных элементов в условиях арктического плавания для изучения уровня шума и вибрации главного двигателя в условиях плавания на спокойной воде и в ледовом плавании и характеристики уровня шума и вибрации в жилых помещениях экипажа и пассажиров.

Комплексный характер новой научной и образовательной программ экспедиции «Арктический плавучий университет 2013» позволил разработать интегрированный научно-образовательный курс, где предметные научные исследования рационально соотносились с различными видами учебных компетентностей, а расширение в структуре учебной программы общеобразовательных дисциплин позволило существенно увеличить их межпредметную составляющую. Это позволило сформировать у студентов современные понятия и представления об основных принципах, закономерностях и законах пространственно-временной организации морских и наземных арктических, субарктических природных комплексов локального и регионального уровней. Помимо теоретического курса будущие специалисты на практике в процессе научно-исследовательской работы, приобрели практические умения и навыки проведения научных исследований, которые включали сбор, обработку и анализ полевых материалов. Наряду с отбором проб воды, воздуха, горных пород, почв и растений проводились визуальные наблюдения, фотографирование уникальных природных объектов, памятников культурного наследия. Используя материалы, предоставленные Центром космического мониторинга Арктики САФУ, участники экспедиции осуществляли дистанционные наблюдения за важными океанологическими, метеорологическими, географическими, физико-химическими процессами в Арктике с последующей их обработкой для моделирования процессов и явлений в открытом океане и прибрежной зоне морей. Общая трудоемкость каждой образовательной программы 2 экспедиции «Арктический плавучий университет 2013» составляла 3 зачетные единицы, 108 часов.

Новая научно-образовательная программа позволила не только предоставлять обучаемым новую информацию, но и сформировать у них активную позицию в решении возникающих научных проблем, но и вся деятельность студентов, магистрантов и аспирантов приобрела

исследовательский характер и стала предметом усвоения. В период экспедиции работала группа сотрудников Медиа-центра САФУ «Арктический мост».

До начала экспедиций была проведена организационная подготовка, которая заключалась в распределении обязанностей, ознакомлении с правилами и нормами поведения, инструкцией по технике безопасности в экспедиции. Всем участникам экспедиции был выдан комплект одежды для работы в Арктике

Параллельно с задачами обучения на НИС «Профессор Молчанов» решались воспитательные задачи. Наряду с новыми теоретическими знаниями, обучающиеся получили навыки организационной работы в команде при решении хозяйственных и бытовых вопросов, почувствовали ответственность за общий результат, приобрели уверенность в своих силах, повысили самооценку, выработали активную жизненную позицию, целеустремленность и умение преодолевать трудности.

В ходе экспедиции будущие специалисты работали совместно с представителями производственных учреждений, где после окончания университета они могут найти работать. По итогам обучения и научно-исследовательской работы каждый участник экспедиции, из числа студентов, магистрантов и аспирантов, получил Свидетельство участника экспедиции «Арктический плавучий университет 2013».

Эффективное взаимодействие различных структурных подразделений, участвующих в разработке и апробации новой инновационной научно-образовательной программы «Арктический плавучий университет позволило преобразовать процесс обучения, консолидировать межкафедральный профессорско-преподавательский состав Северного (Арктического) федерального университета и ученых научно-исследовательских институтов, сотрудников ФГБУ «Северное УГМС» для создания непрерывного

профессионального образования, интеграции образования, науки и производства.

«Арктический плавучий университет» - новая модель межкультурного обучения, способная подготовить молодых людей к жизни и работе в условиях процесса глобализации, научить их легко адаптироваться в динамично меняющихся политических, культурных и деловых ситуациях. Расширение программы обучения на борту НИС «Профессор Молчанов» за счет привлечения студентов из других вузов России и стран мира поможет студентам совершенствовать в процессе общения иностранные языки, познакомиться с культурой и обычаями других народов, представители которых могут собраться в этом интернациональном плавучем кампусе.

Интеграция инновационных образовательных программ высшего профессионального образования и результатов фундаментальных и прикладных междисциплинарных научных исследований в экспедиции «Арктический плавучий университет 2013» на основе объединения научных, образовательных и производственных учреждений, способствует усилению профессиональной направленности в подготовке будущих специалистов. Это предоставляет студентам, магистрантам, аспирантам большую возможность на практике использовать полученные знания, свободно ориентироваться в информационном пространстве на основе комплекса мировоззренческих идей рационального природопользования и устойчивого развития.

1.1 Программа работ и маршрут 1 рейса экспедиции «Арктический плавучий университет - 2013» на НИС «Профессор Молчанов» по научно-исследовательскому направлению

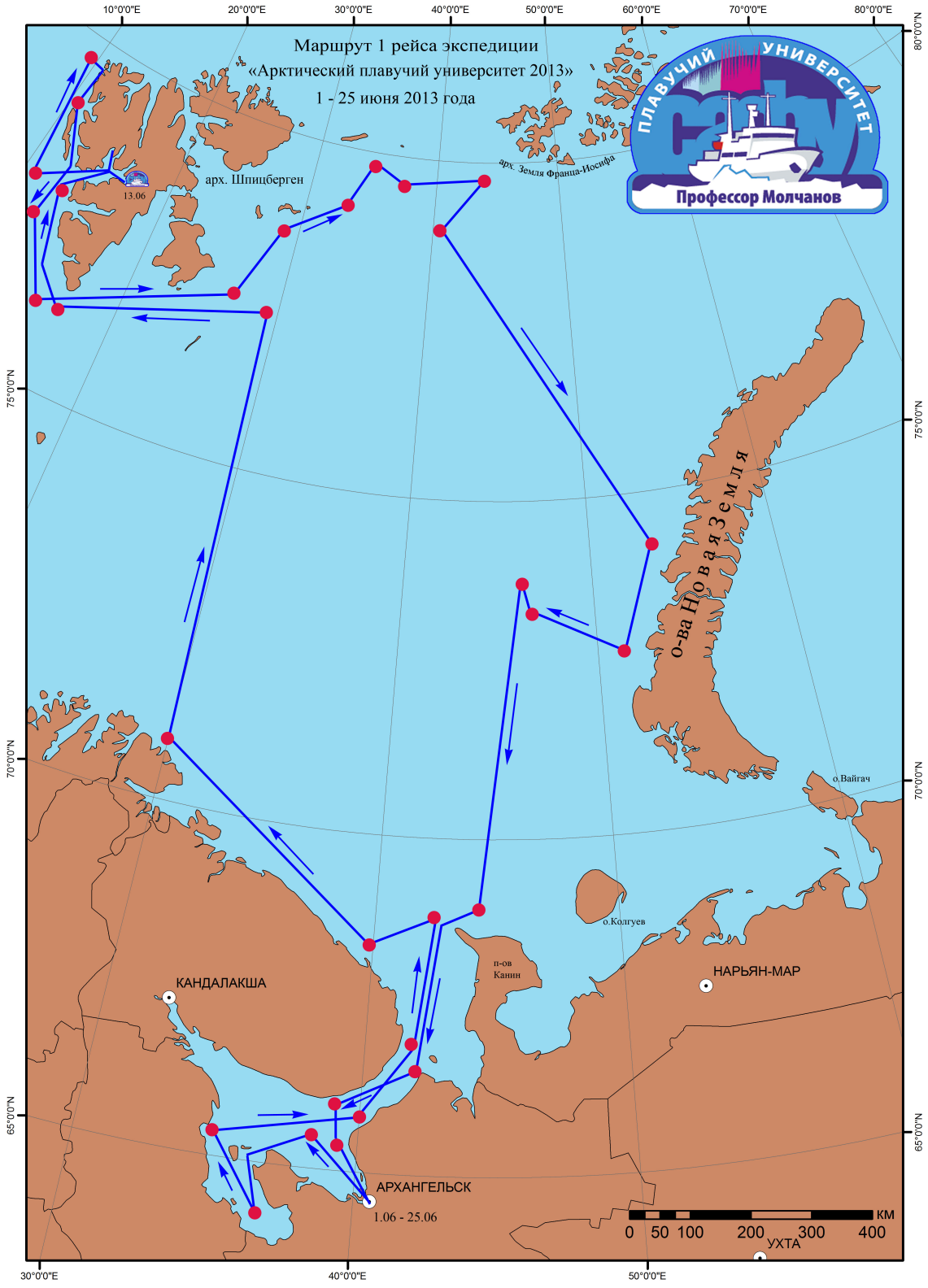


Рисунок 1.1 – Карта-схема 1 рейса экспедиции «Арктический плавучий университет - 2013» (Поликин Д.Ю.)

Океанологический блок

Научное направление: Океанологические исследования на акватории Баренцева моря.

Цель: экспедиционные исследования направлены на получение комплексной информации о состоянии природных систем Баренцева моря, взаимодействии основных ее компонент и влиянии на формирование климатических изменений в северных полярных районах.

Задача: проведение океанографических зондирований толщи воды по гидрологическим разрезам и полигонам в Баренцевом море.

Участники: Махотин Михаил - руководитель (ФГБУ «ААНИИ»), Блошкина Екатерина (ФГБУ «ААНИИ»), Иванов Владимир (ФГБУ «ААНИИ»), Кораблина Анастасия (МГУ им. М.В. Ломоносова), Маркина Маргарита (МГУ им. М.В. Ломоносова), Шамрай Евгения (студентка САФУ), Федин Дмитрий (студент САФУ), Виталий Поздеев (инженер центра радиотехнического мониторинга САФУ).

Состав работ: На каждой океанографической станции производится зондирование толщи морской воды для определения термохалинных характеристик (температура и соленость), а также осуществляется отбор проб

воды с помощью зондирующего комплекса. Для производства вертикальных зондирований судно останавливается в намеченных точках и ложится в дрейф. Текущее местоположение судна и глубина места определяется с помощью судовых GPS приемника и эхолота соответственно.

Оборудование: комплекс SBE 32, оснащенный 12 батометрами емкостью 5 литров и CTD Зонд SBE 19 plus V2 для измерения температуры давления и электропроводности (солености) морской воды pH и растворенного кислорода.

Блок комплексных исследований Белого моря

Научное направление: Комплексные исследования на акватории Белого моря.

Цель: получение комплексной информации о состоянии гидрологического режима Белого моря, исследование изменчивости океанографических характеристик и факторов их определяющих.

Задачи:

1. Проведение океанографического зондирования толщи воды на океанографических разрезах (стандартные и вековые) и отдельных океанографических станциях в Белом море.
2. Пополнение многолетней базы данных океанографических характеристик Белого моря. Пространственный и временной анализ изменения данных характеристик.

Участники: Балакина Ольга - руководитель блока (ФГБУ «Северное УГМС»), Бронников Андрей (ФГБУ «Северное УГМС»), Пикуль Татьяна (студентка РГГМУ), Порохина Ирина (студентка САФУ)

Состав работ: Выполнение метеорологических, океанографических и гидрохимических исследований на океанографических станциях на вековых и стандартных разрезах и полигонах в Белом море.

Отбор проб воды в местах производства океанографических станций для последующего гидрохимического анализа (определения биогенных элементов, растворенного кислорода, водородного показателя pH).

Летняя гидрологическая съемка и съемка ГСН Двинского залива.

Отбор проб воды и грунта на радиоактивное загрязнение в Кандалакшском, Онежском, Двинском заливах, Горле и Бассейне Белого моря. Отбор проб воды на гидробиологию в Двинском заливе.

Оборудование: комплекс SBE 32c, оснащенный 12 батометрами емкостью 5 литров и CTD Зонд SBE 19 plusV2 для измерения температуры, давления, электропроводности (солености), pH и растворенного кислорода морской воды.

Метеорологический блок

Научное направление: Метеорологические исследования**.**

Цель: Оценка содержания парниковых газов в атмосфере и исследование гидрооптических характеристик верхнего слоя Белого и Баренцева морей.

Задачи:

1. Проведение прямых измерений концентрации углекислого газа в приземном слое атмосферы;
2. Проведение регулярных измерений общего содержания озона;
3. Измерение возможных выбросов метана над акваториями исследуемых морей;
4. Измерение суммарной солнечной радиации, приходящей к подстилающей поверхности;
5. Проведение измерений фотосинтетически активной радиации в диапазоне длин волн 400-700 нм в поверхностном слое моря;
6. Измерение относительной прозрачности и цвета морской воды.

Участники: Говорина Ирина, руководитель (ФГБУ «ААНИИ»), Фомин Владимир (аспирант ГОИН), Пахомова Ирина (Мурманское УГМС),

Чистяков Иван, (студент СПБГУ), Телицына Ксения (студентка САФУ), Мазур Анастасия (студентка САФУ).

Состав работ: Измерения приходящей суммарной солнечной радиации, концентрации углекислого газа и метана будут выполняться непрерывно в период плавания судна. Измерения общего содержания озона планируется выполнять ежедневно 5-6 раз в светлое время суток при высоте Солнца, превышающей 5^{o}. Наблюдения проводятся, дополнительно включая оценку состояния неба в зените.

На каждой океанографической станции планируется проведение гидрооптических измерений фотосинтетически активной радиации в диапазоне длин волн 400-700 нм в поверхностном слое моря на горизонтах 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10,12, 15, 20,…,40, 45 м в зависимости от глубины места и уровня получаемого сигнала.

Относительная прозрачность морской воды определяется с теневого борта судна с использованием диска Секки. Цветность определяется при сопоставлении видимого цвета диска Секки, опущенного на ½ глубины

относительной прозрачности, со стандартной шкалой цветности морской воды (ШВЦ-4).

Выполнение стандартных метеорологических судовых наблюдений в 00, 06, 12, 18ч ВСВ.

Оборудование: судовая автоматическая метеостанция AWS-2700 производства фирмы AANDERAA, Норвегия, пиранометр М-115М, пиранометр фирмы Keep&Zonen модели CMP–21, подводный пиранометр LI-192SA, надводный пиранометр LI-190SA, 8-и канальный измерительно-вычислительный комплекс DATA-LOGGER LI-1400, фильтровый озонометр М-124, газоанализатор «Оптогаз-500.4», газоанализатор переносной "ПОЛЯРИС", модель 1001 "Метан CH4".

Гидрохимический блок

Научное направление: Физико-химические исследования вод арктических морей**.**

Цель: изучение современного состояния гидрохимической структуры Баренцева и Белого морей и воздействия на нее процессов, связанных с глобальными климатическими изменениями.

Задачи: 1. Получение новых параметров качества вод (pH, содержание растворенного кислорода, биогенные элементы, соленость, растворенного органического углерода) на стандартных горизонтах исследуемых морей в летний период;

2. Оценка воздействия на гидрохимическую структуру морей атлантической водной массы;

3. Исследование влияния ледяного покрова на распределение гидрохимических параметров и гидрохимические процессы.

Участники: Кокрятская Наталья - руководитель (ИЭПС УрО РАН), Зубаревич Виктор (ВНИРО), Торгунова Надежда (ВНИРО), Николайчик

Анна (студентка САФУ), Сазонова Вероника (студентка САФУ), Трофимова Анна (студентка САФУ), Иванова Алёна (студентка САФУ).

Состав работ: Определение содержания растворенного кислорода производится на борту судна с применением модифицированного метода Винклера согласно установленной методике (Орадовский, 1993). Определение значений pH производится на борту судна с использованием предварительно калиброванного автоматического pH-метра. Горизонты отбора проб согласно руководству (Орадовский, 1993). Определение солености морской воды проводится путем измерения электропроводности проб воды с использованием кондуктометра на борту судна.

Оборудование: автоматическая бюретка «Solarus», автоматический гидрохимический проточный анализатор Bran+Luebbe, фотоколориметр КФК-3, анализатор общего органического углерода «TOC-Vcpн» фирмы “Shimadzu” (Япония).

Физико-химический блок

Научное направление: Применение современных физико-химических методов для оценки экологического состояния экосистем.

Цель: Получение новых данных по изменению компонентного состава экологических матриц Арктического региона в изменяющемся климате.

Задачи: 1. Отработка методик электрохимического, хроматографического и спектрального методов анализа для исследования компонентного состава различных природных матриц.

2. Получение новых данных по ионно-молекулярному составу морских вод.

3. Определение содержания тяжелых металлов в морской воде, донных отложениях и почвах.

Участники: Почтовалова Александра - руководитель (ЦКП НО «Арктика» САФУ), Малков Алексей (ЦКП НО «Арктика» САФУ), Варакин Евгений (аспирант САФУ), Амосова Анна (студентка САФУ), Овчинников Денис (студент САФУ), Стерлев Андрей (ЦКП НО «Арктика» САФУ).

Состав работ: 1.Определение ионного состава морских вод методом ионной хроматографии.

2. Анализ элементного состава донных отложений, почв и воды с использованием метода рентгенофлуоресцентной спектроскопии.

3. Определение минеральной составляющей методом кондуктометрии.

Оборудование: рентгенофлуоресцентный спектрометр полного внешнего отражения S2 Picofox (Bruker, Гемания), рентгенофлуоресцентный спектрометр «Спектроскан Макс GF2E» (НПО Спектрон, Россия), спектрофотометр «Specol-1500» (Analytik Jena, Германия), фотоколориметр «Эксперт» (Эконикс-Эксперт, Россия), кондуктометр Эксперт-002 (Эконикс-Эксперт, Россия), иономер Эксперт-001 (Эконикс-Эксперт, Россия), ионный хроматограф «PIA-1000» (Shimadzu, Япония), шкаф сушильный «СНОЛ» (СНОЛ, Литва).

Сейсмологический блок

Научное направление: Сейсмологические исследования на архипелаге Шпицберген.

Цель: Изучение сейсмического фона арктических островных территорий**.**

Задачи:

1. Замеры уровня микросейсмического фона в местах швартовки судна (установка велосиметра на берегу, время регистрации от 1 ч) для выбора мест установки арктических сейсмических станций.
2. Построение карты распределения уровня микросейсмического фона в западном секторе Арктики (привлечение имеющихся данных с сейсмических станций Архангельской сети, Кольского филиала ГС РАН и Норвегии).
3. Изучение слабой сейсмичности архипелага Шпицберген (регистрация сейсмических событий различной природы (локальные землетрясения, «льдотрясения» и пр.), вычисление их кинематических и динамических параметров, анализ особенностей волновых форм).

Участники: Морозов Алексей – руководитель (ИЭПС УрО РАН).

Состав работ: В запланированных пунктах высадки на архипелаге Шпицберген (г. Лонгйир, Нью-Алесунд, горячие источники) планируется установить сейсмическую аппаратуру на период времени от 1 часа. Непосредственно установка аппаратуры в пункте высадки будет происходить в одной точке в месте выхода коренных пород.

Оборудование: комплект сейсмометрической аппаратуры, производства GuralpLtd (Великобритания).

Гляциологический блок

Научное направление: Гляциологические и геокриологические исследования с применением георадиолокационного комплекса.

Цель: При помощи георадиолокационного комплекса провести изучение береговых мерзлотных ландшафтов и краевых зон ледников Шпицбергена.

Задачи:

1. Изучение процессов, происходящих в береговой криолитозоне на ключевых участках.

2. Изучение развития современных криогенных процессов береговых зон Шпицбергена.

3. Оценка характера термоабразии морских берегов и виды антропогенного воздействия на ландшафты криолитозоны.

4. Изучение краевых зон ледников Шпицбергена.

Участники: Игловский Станислав - руководитель (ИЭПС УрО РАН), Порохин Александр (студент САФУ), Кряучунас Видас (ИЭПС УрО РАН).

Состав работ: При применении метода георадиолокации выделяются структурные нарушения в грунтах в зоне развития многолетнемерзлых пород (ММП). Будут описаны типичные для береговых экосистем георадиолокационные разрезы до глубины 35 м. При мерзлотных исследованиях окружающих ландшафтов георадар SIR–3000 будет применен для построения геологических и мерзлотных разрезов, определения уровня вод, границ согласного и несогласного залегания пород. Планируется изучение процессов, связанных с динамикой сезонно-талого слоя (СТС).

Проведение изучения развития современных криогенных процессов. Оценка характера термоабразии морских берегов и видов антропогенного воздействия на ландшафты криолитозоны. При гляциологических исследованиях ландшафтов георадар используется для построения мощности краевых зон ледников и определения глубин залегания коренных пород.

Оборудование: Георадар SIR - 3000 (GSSI, США), георадиолокационные низкочастотные экранированные антенны Subecho-40 (40 МГц), Subecho-70 (70 МГц) (Geoscanners, Швеция), и высокочастотная антенна 5103 (400 МГц) (GSSI, США).

Биоресурсный блок

Научное направление: Исследование биоресурсов арктических морей и прибрежных территорий.

Цель: Изучение распространения, свойств и экологических особенностей биоресурсов на акватории и побережьях Баренцева и Белого морей.

Задачи: 1. Анализ распределения и физико-химических свойств бурых водорослей в Баренцевом и Белом морях;

2. Изучение таксономического состава микрофитопланктона;

3. Рассмотрение эколого-фитогеографических характеристик фитопланктонных сообществ;

4. Определение влияния изменения освещенности, температуры и солености на структуру фитопланктона (вертикальное распределение).

Участники: Тюкина Ольга - руководитель (Зоологический институт РАН), Каплицын Платон (аспирант САФУ), Попов Вячеслав (студент САФУ), Ненашев Антон (студент САФУ), Ардашова Валерия (студентка САФУ).

Состав работ: 1. Отбор проб бурых водорослей семейств *Laminariaceae* и *Fucaceae* в прибрежных районах островов Баренцева и Белого морей с помощью драги.

2. Отбор проб почвы, мхов, лишайников и растительности на побережье Арктических морей.

3. Отбор проб будет проводиться по утвержденной схеме станций на стандартных горизонтах с помощью СТД-зонда, снабженного кассетой батометров Нискина (5 л) в соответствии параллельно с отбором проб для гидрохимического анализа.

4. Фиксация и первичная камеральная обработка проб на борту судна.

Оборудование: микроскоп ZeissPrimoStar, Микроскоп ЛОМО Микмед-1, окуляр-микрометр MicroscopecameraAxioCamERc 5s, центрифуга лабораторная (ЦЛн), драга-грабли ручная, хим. реактивы для фиксации проб, автоматическая бюретка «Solarus», насос диафрагменный вакуумный KNF Neuberger, центрифуга ОПН-8, спектрофотометр Hach DR 2800, микроскоп «EULER Professor 770T».

1.2 Программа работ и маршрут 2 рейса экспедиции «Арктический плавучий университет - 2013» на НИС «Профессор Молчанов» по научно-исследовательскому направлению

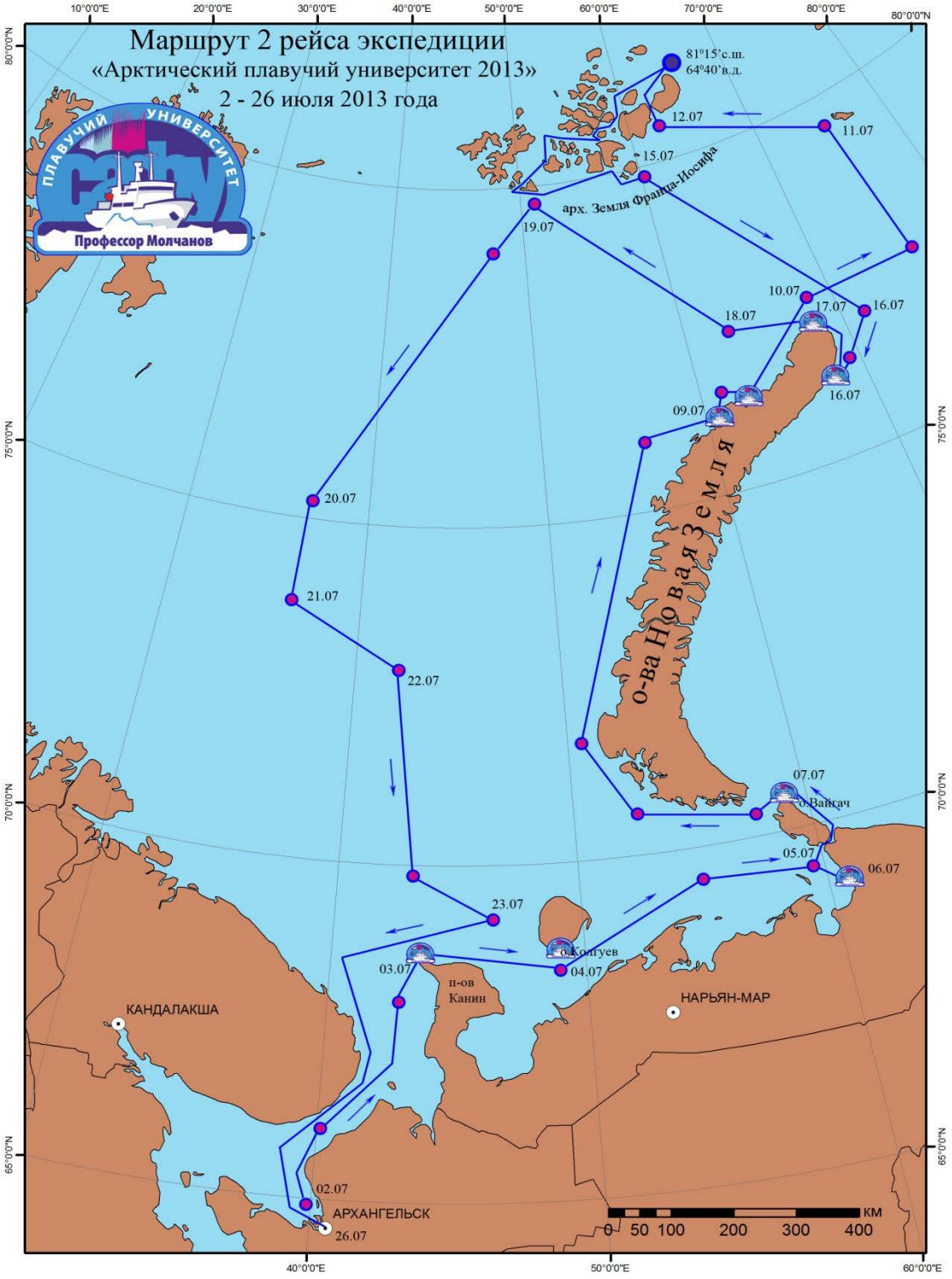
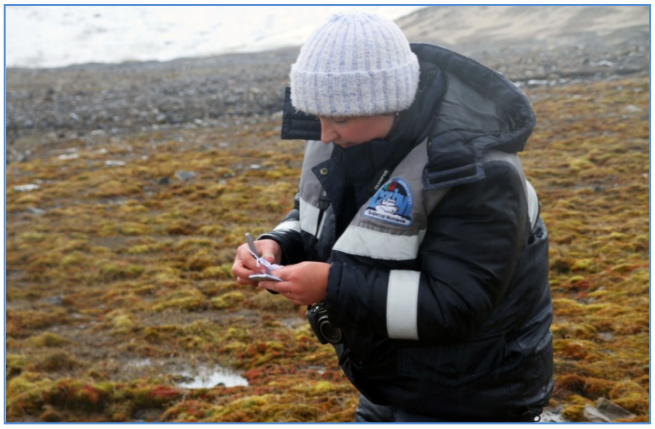


Рисунок 1.2 – Карта-схема 2 рейса экспедиции «Арктический плавучий университет - 2013» (Поликин Д.Ю.)

Биологический блок



Научное направление: исследования биоресурсов арктических морей и прибрежных территорий.

Цель: изучение структуры и состояния растительного покрова прибрежных территорий Баренцева и Карского морей, в том числе, запасов надземной фитомассы и фенологического состояния растений.

Задачи:

1. Охарактеризовать основные типы растительных сообществ, характерные для прибрежных территорий в точках высадок;
2. Выявить видовое разнообразие сосудистых растений и листостебельных мхов в точках высадок;
3. Получить данные по запасам надземной фитомассы и фенологическому состоянию видов в типичных сообществах, выявить виды-аспектообразователи, перспективные для целей дешифрирования состояния растительного покрова;
4. Охарактеризовать основные тенденции изменения показателей видового разнообразия, запасов фитомассы и фенологического состояния видов сосудистых растений на широтном градиенте.

Участники: Чуракова Е.Ю. – руководитель (САФУ), Коротаев М.В. (студент САФУ), Юшкова А.А. (студентка САФУ), Ситникова А.В. (студентка САФУ)

Состав работ: в прибрежных районах проводится отбор проб почвы и надземной фитомассы, сбор гербарных образцов сосудистых растений и мхов, геоботанические описания наиболее типичных для прибрежных территорий растительных сообществ.

Оборудование: цифровой фотоаппарат, GPS – навигатор, световой микроскоп, микроскоп стереоскопический, сушильный шкаф, компактные электронные весы, гербарные сетки, измерительная рулетка, лопата, нож.

Гидробиологический блок

Научное направление: исследования биоресурсов арктических морей.

Цель: оценка состояния фитопланктонного сообщества и уровня первичной продукции арктических морей России (Баренцево и Карское море).

Задачи:

1. Изучение особенностей пространственного и вертикального распределения видового состава, численности и биомассы фитопланктона
2. Исследование фотосинтетических пигментов фитопланктона
3. Оценка уровня первичной продукции фитопланктона

Участники: Страхова Т.В. – руководитель (ФГУП «ВНИРО»), Таптыгина Д.М. (студентка САФУ).

Состав работ: на океанографических станциях осуществляется отбор проб

воды с помощью зондирующего комплекса для исследования параметров фитопланктонного сообщества: видовой состав, численность, биомасса, концентрация и состав фотосинтетических пигментов, уровень первичной продукции (совместно с гидрохимиками). Текущее местоположение судна и глубина места определяется с помощью судовых GPS приемника и эхолота соответственно.

Все исследуемые параметры определяются в соответствии со стандартными методиками (ГОСТ 17.1.4.02-90, РД 52.10.243-92, РД 52.24.633-2002, ГОСТ Р 51592-2000).

Данные по составу и концентрации фотосинтетических пигментов и уровню первичной продукции будут получены в судовых лабораториях в течение экспедиции. Сконцентрированные и зафиксированные пробы для исследования качественных и количественных параметров фитопланктона будут обрабатываться в стационарной лаборатории «ВНИРО» позднее.

Оборудование: автоматическая бюретка «Solarus» (Германия), насос вакуумный KNF Neuberger, фильтровальная система Merck Millipore, центрифуга ОПН-8, спектрофотометр Hach DR 2800, Камеры обратной фильтрации Сухановой, микроскоп «EULER Professor 770T» с программным обеспечением для получения и обработки цифровых микроизображений «AxioVision» Carl Zeiss MicroImaging в стационарных лабораторных условиях в г. Москве.

Гидрохимический блок

Научное направление: гидрохимические исследования.

Цель: изучение гидрохимической структуры северной части Баренцева и Карского морей, оценка пространственной и временной изменчивости (в сравнении с историческими исследованиями) основных гидрохимических характеристик.

Задачи:

1. Получение новых данных о содержании, биогенных элементов (кремний, фосфор, нитратный, нитритный и аммонийный азот), органического вещества (органический углерод, фосфор, азот, углеводы), растворенного кислорода, pH, катионного состава вод северной части Карского и Баренцева морей в летний период;
2. Оценка закономерности распределения гидрохимических характеристик во взаимосвязи с физическими (распределение и циркуляция водных масс) и гидробиологическими (первичная продукция фитопланктона) процессами.

Участники: Гангнус И.А. – руководитель (ФГУП «ВНИРО»), Головина Ю.А (ФГУП «ВНИРО»), Иванова К.К.(ФГБУ «ГОИН»), Покрышкин С.А.(САФУ), Ефремова О.П. (ФГБУ «Северное УГМС»), Андреева Ю.И. (студентка САФУ), Андрусик О.А. (студентка САФУ), Кодрян К.В. (студентка МГУ), Кузовлева Р.Д. (студентка САФУ), Попов С.С. (студент САФУ), Трофимова

А.Н. (студентка САФУ).

Состав работ: отбор проб будет проводиться по утвержденной схеме станций на стандартных горизонтах с помощью океанографического комплекса SBE 32, оснащенный 12 батометрами Нискина (5 л). Отбор проб воды с поверхности моря на каждой станции будет осуществляться батометром Ван-Дорна (5л) или пластиковым ведром. Определяемые характеристики: растворенный кислород, азот нитритов, азот нитратов, азот аммонийный, азот валовый, фосфор минеральный, фосфор валовый, кремний, растворенный и взвешенный органический углерод, углеводы, щелочность, pH, содержание ионов Na^+, K^+, Ca^+, Mg^+. Все гидрохимические характеристики, кроме органического углерода, будут определяться на борту судна, по действующим методикам и на современном оборудовании. Пробы воды на растворенный органический углерод, консервируются и в дальнейшем обрабатываются в аналитической лаборатории гидрохимии ФГУП «ВНИРО» (г. Москва).

Определение содержания растворенного кислорода производится на борту судна на выборочных горизонтах, с целью калибровки мембранного датчика растворенного кислорода с применением модифицированного метода Винклера, согласно установленной методике (Орадовский, 1993).

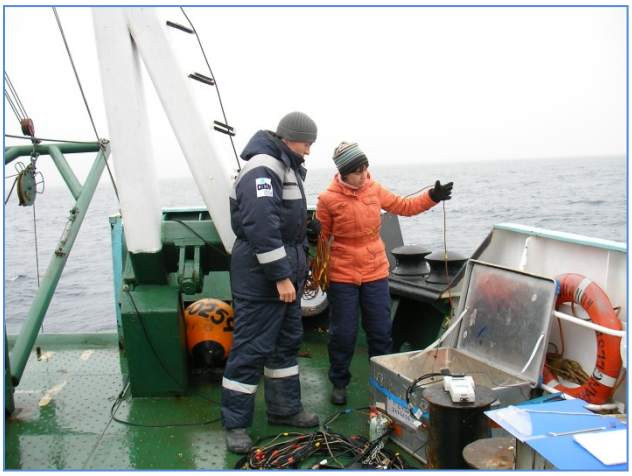
Определение значений pH производится на борту судна с использованием предварительно калиброванного автоматического pH-метра.

Отбор проб производится по стандартным горизонтам (0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500) или более часто (параллельно с гидробиологическими исследованиями).

Оборудование: автоматическая бюретка «Solarus», автоматический гидрохимический проточный анализатор Bran+Luebbe, спектрофотометр HACH DR2800, анализатор общего органического углерода «TOC-Vcpн» фирмы “Shimadzu” (Япония); pH-метр Аквилон-410, оксиметр HD 2109.1, спектрофотометр UNICO, ВЭЖХ система ионной хроматографии PIA-1000 Shimadzu, система получения воды высокой степени очистки Millipore

Simplicity.

Метеорологический блок



Научное направление: метеорологические исследования.

Цель: Оценка содержания парниковых газов в атмосфере и исследование гидрооптических характеристик верхнего слоя моря.

Задачи:

1. Проведение прямых измерений концентрации углекислого газа в приземном слое атмосферы;
2. Проведение регулярных измерений общего содержания озона;
3. Измерение суммарной солнечной радиации, приходящей к подстилающей поверхности;
4. Проведение измерений фотосинтетически активной радиации в диапазоне длин волн 400-700 нм в поверхностном слое моря;
5. Измерение относительной прозрачности и цвета морской воды.

Участники: Говорина И.А. – руководитель (ФГБУ ААНИИ), Соломатов А.С. (ФГБУ Северное УГМС), Рудалева А.С., (студентка САФУ), Красильникова В.В. (студентка САФУ).

Состав работ: измерения приходящей суммарной солнечной радиации, концентрации углекислого газа и основных метеорологических элементов

будут выполняться непрерывно в период плавания судна. Измерения общего содержания озона планируется выполнять ежедневно 5-6 раз в светлое время суток при высоте Солнца, превышающей 5^{o}. Наблюдения дополнительно включают оценку состояния неба в зените.

На океанографических станциях в светлое время суток планируется проведение гидрооптических измерений фотосинтетически активной радиации в диапазоне длин волн 400-700 нм в поверхностном слое моря на горизонтах 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10,12, 15, 20,…,40, 45 м в зависимости от глубины места и уровня получаемого сигнала.

Относительная прозрачность морской воды определяется с теневого борта судна с использованием диска Секки. Цветность определяется при сопоставлении видимого цвета диска Секки, опущенного на ½ глубины относительной прозрачности, со стандартной шкалой цветности морской воды (ШВЦ-4).

Оборудование: судовая автоматическая метеостанция AWS-2700 производства фирмы AANDERAA, (Норвегия); пиранометр фирмы Kipp&Zonen модель CMP–21.; подводный пиранометр LI-192SA, надводный пиранометр LI-190SA; 8-и канальный измерительно-вычислительный комплекс DATA-LOGGER LI-1400; фильтровый озонометр М-124; газоанализатор «Оптогаз-500.4», диск Секки, шкала цветности морской воды ШВЦ-4.

Океанологический блок

Научное направление: океанографические исследования в Баренцевом и Карском морях.

Цель: Получение информации о состоянии современных гидрологических условий Баренцева моря, распространении атлантической водной массы в желобе Святой Анны (Карское море).

Задачи:

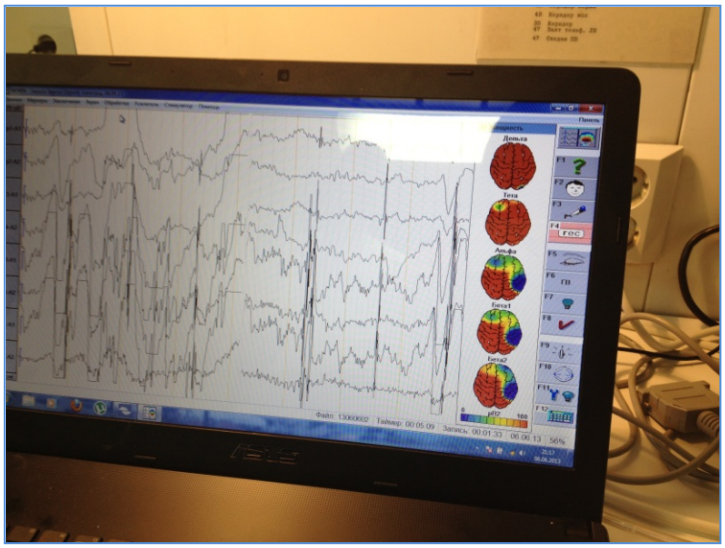
1. Выполнение океанографических станций на разрезах и полигонах.
2. Исследование изменчивости гидрологических характеристик и факторов их определяющих.

Участники: Махотин М.С. – руководитель (ФГБУ ААНИИ), Блошкина Е.В. (ФГБУ ААНИИ), Рыжов И.В. (ФГБУ ААНИИ), Шунин М.В. (ФГБУ Северное УГМС), Архипова А.А. (студентка МГУ), Миронов И.А (студент РГГМУ), Тихомирова А.А. (студент РГГМУ).

Состав работ: на каждой океанографической станции производится зондирование толщи морской воды для определения термохалинных характеристик (температура и соленость), а также осуществляется отбор проб воды с помощью зондирующего комплекса. Для производства вертикальных зондирований судно останавливается в намеченных точках и ложится в дрейф. Текущее местоположение судна и глубина места определяется с помощью судовых GPS приемника и эхолота соответственно.

Оборудование: комплекс SBE 32, оснащенный 12 батометрами емкостью 5 литров, и CTD Зонд SBE 19 plus V2 для измерения температуры, давления и электропроводности (соленость) морской воды, pH и растворенного кислорода.

Психофизиологический блок



Научное направление: оценка компенсаторно-приспособительных реакций организма в динамике условиях морской арктической экспедиции.

Цель: оценить закономерности развития адаптационных реакций организма в экстремальных условиях Арктики.

Задачи:

1. Анализ показателей кардиореспираторной системы в динамике рейса в зависимости от типа вегетативной регуляции.
2. Определение уровня вестибулярной устойчивости в динамике арктической экспедиции.
3. Выявление психофизиологических особенностей высшей нервной деятельности организма в экстремальных условиях.

Участники: Ишеков А.Н. - руководитель (СГМУ), Потуткин Д.С. (студент САФУ).

Состав работ: для решения поставленных задач применяется комплекс физиологических и психофизиологических методов, позволяющих оценить адаптационные возможности оргазма в динамике рейса.

Исследования проводятся в экстремальных условиях рейса (волнение моря 2-3 балла) в помещении с комнатной температурой, в состоянии относительного покоя.

Объект исследования: экипаж НИС «Профессор Молчанов» и члены экспедиции. Формирование групп осуществляется с учетом гендерных различий и медицинских показаний.

Сравнительный статистический анализ полученных данных и итоговая интерпретация результатов исследований.

Оборудование: монитор сердечного ритма Polar810si, стабилометрический комплекс st-150, капнограф КП-01 «Еламед», переносной аппаратно-программный комплекс ЭКГ исследований «ВНС-Спектр», переносной аппаратно-программный комплекс RED 500 EyeTracking, универсальная компактная психофизиологическая лаборатория NeuroLabBioMouse, ноутбук

Судостроительный блок

Научное направление: исследование особенностей эксплуатации судовой энергетической установки и её элементов в условиях арктического плавания.

Цель: изучить судовую энергетическую установку НИС «Профессор Молчанов». Провести замеры уровня вибрации подшипников

пропульсивного комплекса при следующих условиях: плавание в ледовых условиях; плавание в спокойной воде; на холостом ходу. Провести замеры уровня шума и вибрации в помещениях экипажа и пассажиров.

Задачи:

1. Собрать и предоставить общую информацию о СЭУ НИС «Профессор Молчанов».
2. Измерить уровень вибрации подшипников пропульсивного комплекса в различных условиях и сравнить с нормативными показателями.
3. Измерить уровень шума и вибрации в различных точках судна (на палубе, в жилых помещениях-кубриках, в пассажирском салоне, в рубке судна и т.д.) и сравнить с нормативными показателями.

Участники: Куклин Р.В. (студент САФУ), Тетеревенков П.О. (студент САФУ)

Состав работ: Изучение работы судовой энергетической установки НИС «Профессор Молчанов».

Проведение с помощью анализатора A17U2 измерений шума и вибрации, на различных элементах энергетической установки и в помещениях судна, в различных условиях плавания (на спокойной воде, в штормовую погоду, во льдах и т.д.).

Сравнительный анализ полученных данных и итоговый отчёт по всем показателям.

Оборудование: переносной аппаратно-программный комплекс A17-U2 для измерения и анализа шума и вибрации.

Гляциологический блок

Научное направление: гляциологические исследования.

Цель: электрофизические исследования береговой влагосодержащей дисперсной среды, морской воды, льда и снега.

Задачи:

1. Сбор проб снега, льда и грунта на стоянках с разных точек поверхности и глубин залегания;
2. Изучение электропроводности данных проб при комнатной температуре;
3. Оценка зависимости электропроводности и температуры снега от его загрязнения (содержания примесей и солей);
4. Сбор проб морской воды в разных точках разрезов и оценка электропроводности морской воды при комнатной температуре;
5. Изучение распределения температурного фронта с глубиной в Карском море.

Участники: Ворожцова Л.А. – руководитель (САФУ), Любимков И.И. (студент САФУ), Гурьев А.Н. (студент САФУ), Краев А.Ю. (студент САФУ), Краев С.Ю. (студент САФУ)

Состав работ: сбор проб (бурение, температурные замеры). Отобранные пробы влагосодержащей дисперсной среды частично будут изучаться непосредственно на судне при комнатной температуре с использованием

имеющейся аппаратуры. Предполагается продолжение их изучения в лаборатории физики дисперсных систем САФУ после возвращения из рейса.

Оборудование: измеритель иммитанса Е7-20, измерительная ячейка, мультиметр, терморезистор, бур, лопата, контейнеры для отбора проб, ноутбук.

Географический блок

Научное направление: Геоморфологические особенности береговых зон арктических морей. Изучение пространственно-временных закономерностей природопользования на акваториях и побережье Баренцева и Карского морей и арктических островах.

Цели:

1. Изучение морских берегов и форм рельефа побережий Баренцева и Карского морей.

2. Выявление мест поселений, становищ, культовых сооружений по берегам Баренцева и Карского морей для популяризации морского географического наследия, связанного с открытиями, освоением и изучением Арктики.

Задачи:

1. Определение и описание типов берегов на ключевых участках материковой платформы и арктических островов.
2. Собрать, систематизировать и проанализировать информацию о

состоянии мест поселений, культовых сооружений по берегам Баренцева и Карского морей.

Участники: Бызова Н.М.. – руководитель (САФУ), Поликин Д.Ю. (САФУ), Шумилова Ю.Н. (САФУ), Феклистов П.А. (САФУ), Обухова В.И. (студентка САФУ), Трофимова М.А. (студентка САФУ).

Состав работ:

1. Описание характера и особенностей береговой линии на побережье Баренцева и Карского морей.
2. Определение и описание форм рельефа побережий Баренцева и Карского морей.
3. Выявление важнейших навигационных пунктов, мест постоянных и временных поселений, мест зимовок экспедиций (Бугрино, Варандей, м. Челюскин, острова Голомянный и Визе, мыс Желания и др.).
4. Описание современного состояния важнейших навигационных пунктов, мест постоянных и временных поселений, мест зимовок экспедиций.

Оборудование: цифровой однообъективный зеркальный фотоаппарат CANONEOS 550D, высокофункциональный зум-телеобъектив CANONIMAGESTABILIZEREFLENS 100-400 mmf/4.5-5.6LISUSM, персональный навигатор GARMIN OREGON 550.

Геоинформационный блок

Научное направление: Исследование возможностей современного навигационного оборудования в условиях высоких широт Арктики.

Исследование возможности снабжения оперативной прогнозной информацией по ледовой обстановке и погодным условиям экспедиционного судна в условиях высоких широт Арктики.

Цель: произвести комплексные испытания системы мониторинга ледовой обстановки с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ), математического моделирования ледового покрытия на акваториях Баренцева и Карского морей. Обеспечить геоинформационную поддержку экспедиции «Арктический плавучий университет 2013», в рамках которой в режиме on-line публиковать информацию о текущем местоположении НИС «Профессор Молчанов».

Задачи:

1. Произвести полевые испытания терминала-трекера ИПЛГ Fort-300GL в условиях высоких широт Арктики.
2. Осуществить проверку качества сигнала основных спутниковых навигационных систем (ГЛОНАСС и NavStar) в условиях высоких арктических широт.
3. Выполнить комплекс действий по автоматическому трекированию маршрута следования НИС «Профессор Молчанов», формированию тематических пакетов по направлению, скорости и характеру движения судна.
4. Трансляция на геопортал ЦКМА (САФУ) хроники событий и знаковых моментов экспедиции, включая фото и видеоматериалы (сюжетный контент).

Участники: Ковалев Д.С., ведущий инженер ЦКМА (САФУ)

Состав работ: размещение оборудования ИПЛГ Fort-300GL, выбор места и установка приемных антенн, программирование терминала для автоматической записи местоположения судна. Организация оперативного размещения информации о местоположении судна на геопортале ЦКМА.

Сбор дополнительных фотоматериалов о ключевых событиях экспедиционного рейса, формирование на их базе тематических модулей и публикация этих данных на геопортале ЦКМА. Организация получения спутниковых метеоданных и формирование на их основе тематических прогнозных метеокарт в оперативном режиме. Организация получения данных ДЗЗ, принятых в ЦКМА, интерпретация принятой информации: формирование прогнозных карт ледовой обстановки по предполагаемому маршруту экспедиции. Сбор метеоданных с автоматической метеостанции судна, дополнение массива геоданных «черного ящика» ГЛОНАСС-терминала, запись геотрека экспедиционного маршрута.

Оборудование: навигационный ГЛОНАСС-терминал ИПЛГ Fort-300GL (2шт), ноутбук HP EliteBook 2740p со специализированным ПО для обработки метеоданных и ДДЗЗ, устройство спутниковой связи Iridium Xtreme 9575 с дополнительной внешней антенной.

Научное направление: Исследование и экспериментальная отработка возможности применения источников альтернативной энергии для обеспечения функционирования оборудования спутниковой связи в условиях Арктики

Цель: получение новых данных по возможности применения комбинированных автономных источников альтернативной энергии для обеспечения функционирования оборудования спутниковой связи в условиях Арктики.

Задачи:

1. Подготовка комплекса для преобразования энергии ветра и солнца в электрическую энергию.
2. Монтаж комплекса на мысе Желания
3. Удаленный мониторинг работы комплекса.

Участники: Ковалев Д.С., ведущий инженер ЦКМА (САФУ), Коробицын Д.А.(студент САФУ), Терехин В.Д. (студент САФУ).

Состав работ: установка оборудования на мысе Желания (архипелаг Новая Земля): ветрогенератор, солнечные модули, контрольное оборудование, оборудование для мониторинга. Мониторинг процесса преобразования энергии ветра и солнца в электрическую энергию.

Оборудование: ветрогенератор 1-WH200-20-24 ВГ Whisper 200 с контроллером, солнечный модуль ФСМ 300, контроллер заряда Morningstar TS-MPPT-60 с цифровым дисплеем Morningstar TS-M2, инвертор MUST EP 2024, автомат защиты OutBack OBB-175170 A.

1.3 Образовательное направление работ экспедиции «Арктический плавучий университет 2013»

К.С. Зайков, Ю.Н. Шумилова

Новая образовательная программа экспедиции «Арктический плавучий университет 2013» основана на изучении фундаментальных естественно-научных дисциплин, приобретении умений и навыков проведения практических работ, лабораторных исследований на базе современных методик анализа статистической, математической, картографической, ГИС информации, полевых научных исследований в экспедиционных условиях, знаний техники безопасности, действующих норм, правил и стандартов при проведении полевых и лабораторных работ, принципов составления научно-технических отчетов, пояснительных записок, обзоров и заключений.

Важным условием формирования единого образовательного пространства является интеграция инновационных образовательных программ высшего профессионального образования с результатами фундаментальных и прикладных междисциплинарных научных исследований с учетом объединения потенциала научных и образовательных учреждений.

Подготовка молодых специалистов-исследователей на НИС «Профессор Молчанов» осуществляется преподавателями Северного (Арктического) Федерального университета (САФУ) совместно с учеными и

сотрудниками ФГБУ «Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт» (г. Санкт-Петербург) (ФГБУ «ААНИИ»), ФГБУ «Государственный океанографический институт» (г. Москва) (ФГБУ «ГОИН»), ФГБУ «Всероссийский НИИ рыбного хозяйства и океанографии» (г. Москва) (ФГБУ «ВНИРО»), Института экологических проблем Севера УрО РАН (ИЭПС УрО РАН), ФГБУ «Северное УГМС».

Цель образовательной программы экспедиции «Арктический плавучий университет»: усвоение студентами, магистрантами, аспирантами комплекса понятий и представлений об основных принципах, закономерностях и законах пространственно-временной организации, динамики, функционирования морских и наземных природных и природно-техногенных систем локального и регионального уровней; овладение методикой океанологических, метеорологических, географических, эколого-биологических, гляциологических и гидрохимических исследований.

Компетенции, формируемые в результате освоения образовательной программы экспедиций «Арктический плавучий университет»:

1. Владеть базовыми знаниями в области фундаментальных разделов океанологии, метеорологии, географии, сейсмологии, криологии, гляциологии в объеме, необходимом для владения научным аппаратом естественных наук, для обработки информации и анализа данных по наукам о Земле.

2. Обладать базовыми знаниями основных разделов физики, химии и биологии, экологии в объеме, необходимом для освоения физических, химических и биологических основ в геоэкологии и природопользовании.

3. Обладать фундаментальными и прикладными знаниями в области теории и практики устойчивого развития.

4. Свободно ориентироваться в современных глобальных и региональных проблемах геоэкологии и природопользования, владеть методами практического анализа их особенностей.

5. Овладеть умениями и навыками участия в научно-

исследовательских работах по внедрению идеологии устойчивого развития в теорию и практику управления природопользованием.

6. Владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией.

7. Владеть навыками по созданию ГИС для анализа гидродинамических и гидрометеорологических, физико-химических процессов для целей устойчивого управления природопользованием.

8. Владеть методикой космического мониторинга и дешифрирования космоснимков.

Общая трудоемкость образовательной программы экспедиций «Арктический плавучий университет 2013» 2 рейса – 3 зачетные единицы, 108 часов.

Распределение часов по видам занятий образовательной программы экспедиции «Арктический плавучий университет 2013»

	Вид занятий	Количество часов
1	Лекции	36
2	Практические работы	6
3	Лабораторные работы	12
4	Полевые исследования	36
5	Семинарские занятия	6
6	Подготовка научного отчета	12
	Итого	108

В период подготовительного этапа экспедиции студенты были ознакомлены с основными задачами и направлениями работ экспедиций «Арктический плавучий университет 2013». Начальник экспедиций и руководители научных блоков прочитали курс вводных лекций.

Темы лекций подготовительного этапа экспедиции

№	Вид занятий	Тема занятий	Лектор
1	Лекция	«Арктический плавучий университет 2012». Новая	Боголицын К.Г., д.х.н., профессор САФУ

		научно-образовательная программа САФУ имени М.В. Ломоносова. Демонстрация фильма «Перезимовать лето»	
2	Лекция	Арктика: вчера, сегодня, завтра	Бызова Н.М., к.г.н., профессор кафедры географии и геоэкологии САФУ
3	Лекция	Глобальные проблемы климата	Бызова Н.М., к.г.н., профессор кафедры географии и геоэкологии САФУ
4	Лекция	Особенности гидрологического режима Белого моря. Основные выводы исследований 2012 года	Балакина О.Н., начальник отдела гидрометеорологии моря, ФГБУ «Северное УГМС»
5	Лекция	Гидрохимическая оценка Баренцева и Белого моря	Кокрятская Н.М. к.х.н., с.н.с. ИЭПС УрО РАН
6	Лекция	Особенности гидрологического режима Баренцева моря. Основные выводы исследований 2012 года	Махотин М.С., н.с., ФГБУ «ААНИИ»
7	Лекция	Введение в сейсмологию	Морозов А.Н. к.т.н., с.н.с. ИЭПС УрО РАН
8	Лекция	Проблемы прогноза землетрясений. Основы сейсмического районирования	Морозов А.Н. к.т.н., с.н.с. ИЭПС УрО РАН
9	Лекция	Криосфера Земли как глобальное явление	Игловский С.А. к.г.н., вед.н.с. ИЭПС УрО РАН
10	Лекция	Геоэкология криосферы Земли	Игловский С.А. к.г.н., вед.н.с. ИЭПС УрО РАН

Образовательная программа 1 рейса АПУ-2013

В ходе экспедиции участникам «Арктического плавучего университета 2013» прочитан курс лекций в объеме 36 часов (1 кредит). В результате освоения теоретического курса образовательной программы студенты, магистранты и аспиранты овладели основными знаниями, терминологическим аппаратом в области океанологии, метеорологии, гидробиологии, гляциологии, сейсмологии.

Темы лекций океанологического направления исследований

№	Вид занятий	Тема занятий	Лектор
1	Лекция	Геофизическая гидродинамика	Фомин В.В., н.с., ФГБУ «ГОИН»
2	Лекция	Атлантический океан. Северный Ледовитый океан	
3	Лекция	Тихий океан. Индийский океан. Южный океан	
4	Лекция	Современные методы и средства океанологических исследований	
5	Лекция	Особенности гидрологического режима Баренцева моря. Основные выводы исследований 2012 г.	Махотин М.С., н.с., ФГБУ «ААНИИ»
6	Лекция	Обзор современного состояния океанологических исследований в Северном Ледовитом океане	Иванов В.В. д.ф.н., профессор, ФГБУ «ААНИИ»
7	Лекция	Формирование водных масс на арктическом шельфе и роль этого процесса в поддержании глобальной термохалинной циркуляции	

Темы лекций метеорологического направления исследований

№	Вид занятий	Тема занятий	Лектор
1	Лекция	Взаимодействие океана с атмосферой. Влияние Мирового океана на климат Земли	Фомин В.В., н.с., ФГБУ «ГОИН»
2	Лекция	Парниковый эффект и глобальные климатические изменения	Иванов В.В. д.ф.н., профессор, ФГБУ «ААНИИ»
3	Лекция	Атлантическая вода в Северном Ледовитом океане и ее влияние на климат Арктики	

Рисунок 1.3 – Фомин В.В. читает лекцию по океанологии (Фото П. Меньшикова)

Рисунок 1.4 – Лектор Говорина И.А. (Фото П. Меньшикова)

Темы лекций гидробиологического направления исследований

№	Вид занятий	Тема занятий	Лектор
1	Лекция	Биологические ресурсы Северного Ледовитого океана	Тюкина О.С., ст. преп. ФГБОУ ВПО МГТУ, м.н.с. ФГУП ПИНРО
2	Лекция	Водоросли арктических морей	Каплицын П.А. н.с., САФУ им. М.В. Ломоносова

Рисунки 1.5 - 1.6 – Участники рейса на лекциях по гидробиологии и гляциологии (Фото П. Меньшикова)

Темы лекций гляциологического направления исследований

№	Вид занятий	Тема занятий	Лектор
1	Лекция	Изменения климата и их последствия для криолитозоны Европейского Севера России	Игловский С.А. к.г.н., вед.н.с. ИЭПС УрО РАН

2	Лекция	Оледенение Шпицбергена и криогенные процессы	
3	Лекция	Применение метода георадиолокации для изучения арктических территорий и ландшафтов криолитозоны	
4	Лекция	Современные изменения ледяного покрова Северного Ледовитого океана	Иванов В.В. д.ф.н., профессор, ФГБУ «ААНИИ»

Темы лекций сейсмологического направления исследований

№	Вид занятий	Тема занятий	Лектор
1	Лекция	История развития сейсмологических наблюдений в Арктическом регионе. Историческая сейсмичность	Морозов .В.В. к.т.н., с.н.с. ИЭПС УрО РАН
2	Лекция	Современные представления о сейсмичности Арктического региона	

В процессе научно-исследовательской работы студенты, аспиранты, магистранты приобрели практические умения и навыки проведения полевых научных исследований, отработали методику сбора, обработки и лабораторного анализа полевых материалов.

В полевых условиях участниками экспедиции проведены георадарные исследования террас в районах населенных пунктов Баренцбург, Лонгйир, Ню-Олесунн архипелага Шпицберген. Выполнена регистрация микросейсмического фона с помощью сейсмической станции. Взяты пробы грунта для последующего физико-химического анализа. Произведены заборы снега с разных глубин снежника, а так же льда находящегося между снегом и грунтом. Для определения структуры почв наиболее типичных сообществ в местах высадок, исследования степени минерализации и кислотности почв различных типов взяты пробы почв. В литоральной зоне о. Русский Кузов и архипелага Шпицберген произведен сбор водорослей для их последующего химического анализа.

Рисунок 1.7 – Студенты гляциологического блока за сбором проб снега в п. Лонгйир архипелаг Шпицберген (Фото А. Порохина)

На станциях океанологических разрезов отобраны пробы морской воды для определения ее физико-химических свойств, биогенных элементов, а также определения видового состава, численности и биомассы фитопланктона, исследования фотосинтетических пигментов и первичной продукции фитопланктона.

В акватории Белого и Баренцева морей был произведен отбор проб зоопланктона. На каждой океанографической станции проведены измерения относительной прозрачности и цвета морской воды, а также зондирование толщи морской воды для определения температуры и солености. Непрерывно с борта судна проводились измерения основных метеорологических величин, прямые измерения концентрации углекислого газа в приземном слое атмосферы, измерения общего содержания озона и суммарной солнечной радиации.

Рисунок 1.8 – Сбор проб почв п. Ню-Олесунн архипелаг Шпицберген (Фото А. Порохина)

Рисунок 1.9 – Отбор проб зоопланктона в Баренцевом море (Фото П. Меньшикова)

Темы практических работ

№	Вид занятий	Тема занятий	Преподаватель
1	Практическая работа	Ознакомление с методами обработки первичной информации, полученной зондом SBE 19 plus	Махотин М.С., н.с., ФГБУ «ААНИИ»
2	Практическая работа	Отработка методики измерения прозрачности морской воды с помощью фотометров Li-COR и белого диска Секки	Говорина И.А., н.с., ФГБУ «ААНИИ»
3	Практическая работа	Практические навыки измерения озона, расчет основных параметров в программе OZONKOOR (ГГО)	
4	Практическая работа	Отработка навыков по работе с сейсмической станцией	Морозов А.Н., к.т.н., с.н.с. ИЭПС УрО РАН
5	Практическая работа	Приемы, используемые при полевых георадиолокационных исследованиях	Игловский С.А. к.г.н., вед.н.с. ИЭПС УрО РАН
6	Практическая работа	Выявление криогенных форм рельефа	
7	Практическая работа	Изучение гляциальных и нивальных процессов	
8	Практическая работа	Особенности изучения сезонно-талого слоя	
9	Практическая работа	Приемы составления палеогеографических комплексных профилей морских террас	Кряучюнас В.В. к.г-м.н., с.н.с. ИЭПС УрО РАН
10	Практическая работа	Выявление погребенных форм и особенностей реконструируемого рельефа	
11	Практическая работа	Получения и интерпретация палеогеографической информации в полевых условиях	
12	Практическая работа	Особенности геодезической съемки морских террас	
13	Практическая работа	Выполнение и описание почвенных разрезов арктических почв	
14	Практическая работа	Определение станций и горизонтов облова фито- и зоопланктонных проб по океанологическим данным	Тюкина О.С., ст. преп. ФГБОУ ВПО МГТУ, м.н.с. ФГУП
15	Практическая	Изучение устройства оборудования	

	работа	для сбора и обработки планктонных проб	ПИНРО

Рисунок 1.10 – Георадарные исследования п. Лонгйир архипелаг Шпицберген (Фото А. Порохина)

Рисунок 1.11 – Студенты метеорологического блока за работой с фотометром в Баренцевом море (Фото А. Малкова)

Темы лабораторных работ

№	Вид занятий	Тема занятий	Преподаватель
1	Лабораторная работа	Построение георадарограммы в программе Radan 6.5	Игловский С.А. к.г.н., вед.н.с. ИЭПС УрО РАН
2	Лабораторная работа	Обработка георадарограммы при помощи математических методов фильтрации	
3	Лабораторная работа	Определение ископаемой макрофауны и других артефактов отобранных in situ в геологических профилях	Кряучюнас В.В. к.г-м.н., с.н.с. ИЭПС УрО РАН
4	Лабораторная работа	Построение стратиграфической колонки	
5	Лабораторная работа	Овладение методикой отбора и первичной пробоподготовки фито- и зоопланктонных проб	Тюкина О.С., ст. преп. ФГБОУ ВПО МГТУ, м.н.с. ФГУП ПИНРО
6	Лабораторная работа	Овладение методикой первичной идентификации фито- и зоопланктонных организмов в экспедиционных условиях	

На семинарских занятиях участники экспедиции обменивались опытом проведения полевых исследований и применения методов анализа и обработки научной информации, докладывали о полученных результатах.

В ходе экспедиции организована научная сессия студентов для подведения итогов проделанной работы. На научной сессии участники экспедиции докладывали о результатах работы по научным блокам. Научный доклад сопровождался презентацией.

Рисунок 1.12 – Студенты метеорологи - ческого блока за подготовкой отчета (Фото П. Меньшикова)

Рисунок 1.13 – Доклад метеорологического блока (Фото А. Малкова)

С целью формирования комплексного представления об Арктике участники экспедиции познакомились с циклом документальных фильмов, посвященных проблемам арктических территорий.

Образовательная программа 2 рейса АПУ-2013

В ходе экспедиции участникам «Арктического плавучего университета 2013» прочитан курс лекций в объеме 36 часов (1 кредит). В результате освоения теоретического курса образовательной программы студенты, магистранты и аспиранты овладели основными знаниями, терминологическим аппаратом в области океанологии, метеорологии, гидрохимии и гидробиологии, экологии прибрежных арктических экосистем, геоинформационных технологий, получили общее представление о процессах, явлениях и закономерностях существования геосистем.

Темы лекций океанологического направления исследований

№	Вид	Тема занятий	Лектор

	занятий		
1	Лекция	Введение в общую океанологию. Северный Ледовитый океан.	Махотин М.С., н.с., ФГБУ «ААНИИ»
2	Лекция	Гидрологический режим и водные массы Северного Ледовитого океана.	
3	Лекция	Динамика вод Северного Ледовитого океана. Карское море.	

Темы лекций метеорологического направления исследований

№	Вид занятий	Тема занятий	Лектор
1	Лекция	Климатообразующие факторы и особенности, влияющие на погоду в Арктическом регионе.	Говорина И.А., н.с., ФГБУ «ААНИИ»
2	Лекция	Парниковые газы в атмосфере.	
3	Лекция	Изменение климата в Арктике.	

Рисунок 1.14 – Махотин М.С. читает лекцию по общей океанологии (Фото Ю.Н.Шумиловой)

Рисунок 1.15 – Лектор Говорина И.А. (Фото Ю.Н.Шумиловой)

Темы лекций биологического направления исследований

№	Вид занятий	Тема занятий	Лектор
1	Лекция	История изучения растительного покрова Арктики.	Чуракова Е.Ю. к.б.н., доцент кафедры ботаники и общей экологии САФУ
2	Лекция	Флора и растительность прибрежной зоны.	
3	Лекция	Флора арктических островов.	
4	Лекция	Растительность арктических островов.	
5	Лекция	Жизнь в тундре.	Филиппов Б.Ю. д.б.н., профессор кафедры зоологии

			и общей экологии САФУ
6	Лекция	Метод локальных фаун в изучении жужелиц.	Зубрий Н.А. н.с., ИЭПС УрО РАН

Темы лекций гидрохимического направления исследований

№	Вид занятий	Тема занятий	Лектор
1	Лекция	Введение в гидрохимию океанов и морей.	Гангнус И.А., н.с. лаборатории гидрохимии ФГБУ «ВНИРО»
2	Лекция	Главные биогенные элементы и органическое вещество в Мировом океане.	
3	Лекция	Особенности гидрохимического режима Северного Ледовитого океана.	
4	Лекция	Особенности функционирования морских арктических экосистем.	Страхова Т.В., к.б.н., с.н.с. лаборатории гидрохимии ФГБУ «ВНИРО»

Рисунок 1.16 – Чуракова Е.Ю. рассказывает о флоре арктических островов (Фото Ю.Н.Шумиловой)

Рисунок 1.17 – Флиппов Б.Ю. читает лекцию о жизни в тундре (Фото Ю.Н.Шумиловой)

Темы лекций геоинформационного направления исследований

№	Вид занятий	Тема занятий	Лектор
1	Лекция	Современные навигационные системы и оборудование.	Ковалев Д.С. ведущий инженер

2	Лекция	Использование космической деятельности в жизни человека.	отдела тематической обработки данных Центра космического мониторинга Арктики, САФУ
3	Лекция	Малые и сверхмалые космические аппараты дистанционного зондирования Земли. Наноспутники.	
4	Лекция	Космическое зрение. Изучение поверхности планет автоматическими устройствами.	
5	Лекция	Тематическая обработка оптических снимков. Мультиспектральный детектор MODIS.	

Рисунок 1.18 – Ковалев Д.С. читает лекцию о современных навигационных системах (Фото Ю.Н.Шумиловой)

Рисунок 1.19 – Гангнус И.А. рассказывает об основных задачах гидрохимии океанов (Фото Ю.Н.Шумиловой)

В процессе научно-исследовательской работы студенты, аспиранты, магистранты приобрели практические умения и навыки проведения полевых научных исследований, отработали методику сбора, обработки и лабораторного анализа полевых материалов.

В полевых условиях участниками экспедиции проведены исследования по определению количества видов сосудистых растений в местах высадки, определению фенологических фаз развития растений, спектра их жизненных форм, отобраны пробы для определения надземной фитомассы. В местах высадок взяты пробы песка от уреза воды до первого террасного уровня, произведены заборы снега с разных глубин снежника, а так же льда находящегося между снегом и грунтом, в леднике, в айсберге, пробы морской и талой воды. Для определения структуры почв наиболее типичных

сообществ в местах высадок, исследования степени минерализации и кислотности почв различных типов взяты пробы почв. Дано описание важнейших навигационных пунктов, мест постоянных и временных поселений, мест зимовок экспедиций в ключевых точках маршрута исследования, выявлены объекты морского географического наследия на побережье залива Русская Гавань, бухта Тихая и острова Хейса.

Рисунок 1.20 – Отбор проб надземной биомассы (Фото П.А.Феклистова)

Рисунок 1.21 – Отбор проб снега (Фото Ю.Н.Шумиловой)

На станциях океанологических разрезов отобраны пробы морской воды для определения ее физико-химических свойств, биогенных элементов, а также определения видового состава, численности и биомассы фитопланктона, исследования фотосинтетических пигментов и первичной продукции фитопланктона. Непрерывно с борта судна проводились измерения основных метеорологических величин, а так же прямые измерения концентрации углекислого газа в приземном слое атмосферы, измерение общего содержания озона, суммарной солнечной радиации, измерение относительной прозрачности и цвета морской воды.

Рисунок 1.22 – Отбор проб воды батометром с поверхности (Фото Ю.А.Головиной)

Рисунок 1.23 – Измерение уровня освещенности при помощи датчиков (Фото Ю.А.Головиной)

В лабораторных условиях пробы воды, льда и снега, почвы и биомассы обработаны с применением современных методов анализа данных.

Темы практических работ

№	Вид занятий	Тема занятий	Преподаватель
1	Практическая работа	Ознакомление с методами обработки первичной информации, полученной зондом SBE 19 plus	Махотин М.С., н.с., ФГБУ «ААНИИ»
2	Практическая работа	Отработка методики измерения прозрачности морской воды с помощью фотометров Li-COR и белого диска Секки	Говорина И.А., н.с., ФГБУ «ААНИИ»
3	Практическая работа	Практические навыки измерения озона, расчет основных параметров в программе OZONKOOR (ГГО)	
4	Практическая работа	Идентификация видов сосудистых растений.	Чуракова Е.Ю., к.б.н., доцент кафедры ботаники и общей экологии САФУ
5	Практическая работа	Составление списка флоры сосудистых растений.	
6	Практическая работа	Измерение частотной зависимости удельной проводимости проб с использованием измерителя иммитанса в диапазоне частот от 25 Гц до 1 МГц.	Ворожцова Л.А., к.ф-м.н., доцент кафедры физики САФУ
7	Практическая работа	Измерение температуры термосопротивлением с	

		использованием мультиметра.	
8	Практическая работа	Описание важнейших навигационных пунктов, мест постоянных и временных поселений, мест зимовок экспедиций	Шумилова Ю.Н., к.г.н., доцент кафедры географии и геоэкологии САФУ
9	Практическая работа	Ретроспективный анализ состояния природных и исторических памятников	

Рисунок 1.24 – Чуракова Е.Ю. помогает студентам в разборе гербарных образцов (Фото Ю.Н.Шумиловой)

Рисунок 1.25 – Ворожцова Л.А. просматривает результаты, полученные студентами (Фото Ю.Н.Шумиловой)

Рисунок 1.26 – Шумилова Ю.Н. обучает студентов работе в программе PTGui (Фото Ю.Н.Шумиловой)

Рисунок 1.27 – Махотин М.С. уточняет координаты станций гидрологических разрезов (Фото И.А.Гангнуса)

Темы лабораторных работ

№	Вид занятий	Тема занятий	Преподаватель
1	Лабораторная работа	Освоение методики определения содержания в морской воде растворенного кислорода.	Гангнус И.А., н.с. лаборатории гидрохимии ФГБУ «ВНИРО»
2	Лабораторная работа	Освоение методики определения содержания в морской воде минерального фосфора.	
3	Лабораторная работа	Освоение методики определения содержания в морской воде аммонийного азота.	
4	Лабораторная работа	Освоение методики отбора, концентрирования и фиксации проб для исследования фитопланктона.	Страхова Т.В., к.б.н., с.н.с. лаборатории гидрохимии ФГБУ «ВНИРО»
5	Лабораторная работа	Освоение методики определения состава и концентрации фотосинтетических пигментов фитопланктона.	
6	Лабораторная работа	Освоение модифицированной кислородной методики определения уровня первичной продукции фитопланктона. Метод Винклера.	

Рисунок 1.28 – Определение содержания минерального фосфора в морской воде (Фото Ю.А.Головиной)

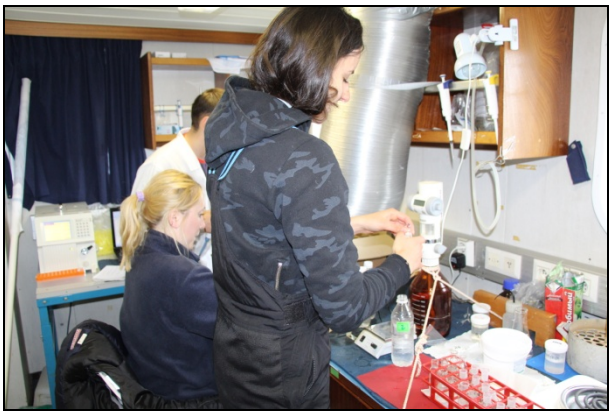


Рисунок 1.29 – Определение содержания аммонийного азота в морской воде (Фото Ю.А.Головиной)

На семинарских занятиях участники экспедиции обменивались опытом

проведения полевых исследований и применения методов анализа и обработки научной информации, докладывали о полученных результатах.

В ходе экспедиции организована научная сессия студентов для подведения итогов проделанной работы. На научной сессии участники экспедиции докладывали о результатах работы по научным блокам. Научный доклад сопровождался презентацией.

Рисунок 1.30 – Доклад гидробиологической группы биологического блока (Фото П.Н.Бахарева)

Рисунок 1.31 – Доклад гляциологического блока (Фото П.Н.Бахарева)

С целью формирования комплексного представления об Арктике участники экспедиции познакомились с циклом аналитических программ «Мнения», предоставленных Медиа-центром САФУ «Арктический мост», и документальных фильмов, посвященных проблемам арктических территорий.

По итогам экспедиций «Арктический плавучий университет – 2013» в сентябре 2013 года планируется проведение итоговой научной сессии студентов и издание материалов экспедиции.

Образовательная программа экспедиций «Арктический плавучий университет» позволяет через научные исследования и получение новых знаний совершенствовать образовательный процесс подготовки кадров для освоения Арктики. В экспедициях в тесном сотрудничестве работают ведущие учёные, преподаватели, магистранты, аспиранты и студенты. Свой

опыт, знания и умения специалисты передают в суровых арктических условиях. В итоге у молодых исследователей, участников рейсов, формируется комплексное представление об Арктике и актуальных задачах, связанных с освоением данного региона.

2.1 Описание маршрута первой экспедиции «Арктический плавучий университет 2013» на НИС «Профессор Молчанов»

Т.Мошкова, А. Морозов, К.С. Зайков

1 июня 2013 года. Научно-исследовательское судно «Профессор Молчанов» взяло на борт участников экспедиции «Арктический плавучий Университет - 2013». В ресторане состоялась пресс-конференция, в которой приняли участие ректор САФУ Е.В. Кудряшова, проректор по научной работе САФУ К.Г Боголицын, начальник ФГБУ «Северное УГМС» Л.Ю. Васильев. Оргкомитет экспедиции ответил на вопросы журналистов. Научно-исследовательское судно «Профессор Молчанов» вышло из порта Архангельск в 13.30. Экспедиция направилась в Белое море. В 17.00 провели учения по шлюпочной тревоге с участниками экспедиции.

Рисунок 2.1 – Шлюпочные учения (Фото В.Соколова)

2 июня 2013 года. Экспедиция прошла 166 мили в 8:50 НИС «Профессор Молчанов» встал на якорь в районе о. Русский Кузов в точке с координатами 64˚57,6N 35˚07,6E. В 10:00 моторная лодка отошла в сторону о. Русский Кузов, где был произведён отбор проб водорослей. В 12:00 лодка с грузом водорослей подошла к борту судна. Лодку приняли на борт и начали движение в район дальнейших работ.

Рисунок 2.2 – о. Русский Кузов сбор водорослей (Фото П. Каплицина)

Начаты работы на станциях векового океанографического разреза № XVIII Ивановы Луды - Зимнегорский.

На станцию №1 с координатами 69˚04,33N 032˚26,431E пришли в 17:20. Отбор проб производился при температуре воздуха +18,6˚С, ветер восточный (101˚) 6,4 м/с, атмосферное давление 1017,5 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 34%. На море штиль, глубина 22 м. Работы выполнялись в течение 40 минут. Взят курс на станцию №14.

На станцию №2 с координатами 65˚42,97N 035˚25,11E пришли в 18:40. Расстояние между 15 и 14 станциями 7 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха +19˚С, ветер восточный (112˚) 5,6 м/с, атмосферное давление 1017,2 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 30%. На море штиль, глубина 48 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс на станцию №3.

Рисунок 2.3 – Работа в океанографическом блоке по спуску розетты (Фото П. Меньшикова)

На станцию №3 с координатами 65˚42,03N 035˚42,29E пришли в 20:00. Расстояние между 3 и 2 станциями 8 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха +19,3˚С, ветер северо-западный (325˚) 6 м/с, атмосферное давление 1017,0 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 30,9%. На море штиль, глубина 84 м. Работы выполнялись в течение 40 минут. Взят курс на станцию №4.

На станцию №4 с координатами 65˚41,01N 036˚00,22E пришли в 21:30. Расстояние между 3 и 4 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха +18,8˚С, ветер западный (257˚) 3,9 м/с, атмосферное давление 1017,0 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 54,8%. На море штиль, глубина 258 м. Работы выполнялись в течение 55 минут. Взят курс на станцию №5.

На станцию №5 с координатами 65˚39,53N 036˚26,13E пришли в 23:30. Расстояние между 4 и 5 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха +16,8˚С, ветер юго-восточный (125˚) 4,2 м/с, атмосферное давление 1017,3мм рт. ст., относительная влажность воздуха 80,5%. На море штиль, глубина 287 м. Работы выполнялись в течение двух часов. Взят курс на станцию №6.

3 июня 2013 года. За сутки пройдено 124 мили. Продолжены работы на станциях векового океанографического разреза № XVIII Ивановы Луды - Зимнегорский.

На станцию №6 с координатами 65˚38,15N 036˚50,14E пришли в 4:25. Расстояние между 5 и 6 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха +12,3˚С, ветер восточный (80˚) 5,6 м/с, атмосферное давление 1017,0 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 87,1%. На море волнение 2 балла, глубина 813 м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс на станцию №7.

На станцию №7 с координатами 65˚35,82N 037˚14,53E пришли в 6:00. Расстояние между 6 и 7 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха +12,3˚С, атмосферное давление 1017,2 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 86,2%. На море волнение 2 балла, глубина 163 м. Работы выполнялись в течение 40 минут. Взят курс на станцию №8.

На станцию №8 с координатами 65˚34,98N 037˚37,73E пришли в 7:40. Расстояние между 7 и 8 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха +12,5˚С, ветер западный (275˚) 5,3 м/с, атмосферное давление 1017,2 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 85,9%. На море волнение 2 балла, глубина 138 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс на станцию №9.

Рисунок 2.4 – Сотрудник физико-химического блока за работой

(Фото А. Почтоваловой)

На станцию №9 с координатами 65˚32,99N 037˚59,94E пришли в 9:15. Расстояние между 8 и 9 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха +12,3˚С, ветер западный (260˚) 4,8 м/с, атмосферное давление 1017,1 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 87%. На море

волнение 2 балла, глубина 113 + 3м. Работы выполнялись в течение 35 минут. Взят курс на станцию №10.

На станцию №10 с координатами 65˚31,98N 038˚25,25E пришли в 11:00. Расстояние между 9 и 10 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха +11,6˚С, ветер северный (356˚) 4,7 м/с, атмосферное давление 1016,8 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 86,9%. На море волнение 2 балла, глубина 102 + 3м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс на станцию №11 .

На станцию №11 с координатами 65˚30,87N 038˚48,9E пришли в 12:25. Расстояние между 10 и 11 станциями 7 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 10,3˚С, ветер восточный (72,1˚) 5,2 м/с, атмосферное давление 1016,7 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 86,8%. На море волнение 2 балла, глубина 97 м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс на станцию №12.

На станцию №12 с координатами 65˚29,18N 039˚05,8E пришли в 13:40. Расстояние между 11 и 12 станциями 5 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 11,1˚С, ветер северный (336˚) 5,3 м/с, атмосферное давление 1016,4мм рт. ст., относительная влажность воздуха 85,2%. На море волнение 2 балла, глубина 75м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс на станцию №13.

На станцию №13 с координатами 65˚28,99N 039˚48,9E пришли в 14:50. Расстояние между 12 и 13 станциями 5 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 12,3˚С, ветер западный (259,1˚) 4,3 м/с, атмосферное давление 1016,2 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 80,9%. На море волнение 2 балла, глубина 63 м. Работы выполнялись в течение 40 минут. Взят курс на станцию №14.

На станцию №14 с координатами 65˚28,15N 039˚30,57E пришли в 16:10. Расстояние между 13 и 14 станциями 5 миль. Отбор проб производился

при температуре воздуха 15,5˚С, ветер западный (279,9˚) 5,0 м/с, атмосферное давление 1015,2 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 70,9%. На море волнение 2 балла, глубина 30 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс на станцию №15.

На станцию №15 с координатами 65˚27,03N 039˚36,94E пришли в 17:10. Расстояние между 14 и 15 станциями 3 мили. Отбор проб производился при температуре воздуха 14,8˚С, ветер юго-восточный (128,7˚) 4,4 м/с, атмосферное давление 1014,7 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 74,2%. На море волнение 2 балла, глубина 21 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс на 180˚.

Начаты работы на станциях векового океанографического разреза №XXVI Унская губа – м Керецкий

На станцию №16 с координатами 65˚19,36N 039˚39,98E пришли в 18:35. Отбор проб производился при температуре воздуха 15,6˚С, ветер западный (280,2˚) 6,4 м/с, атмосферное давление 1014,1 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 79,5%. На море волнение 2 балла, глубина 20 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=˚180 начали следовать на станцию №17.

Рисунок 2.5 – Сотрудник биоресурсного блока за работой
(Фото П. Меньшикова)

На станцию №17 с координатами 65˚17,30N 039˚29,87E пришли в 19:25. Расстояние между 16 и 17 станциями 4,9 мили. Отбор проб производился при температуре воздуха 16˚С, атмосферное давление 1013,9 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 77,2%. На море волнение 2 балла, глубина 53 м. Работы выполнялись в течение 35 минут. Взят курс ГКК=245˚ и начали следовать на станцию №18.

На станцию №18 с координатами 65˚14,42N 039˚11,96E пришли в 20:40. Расстояние между 17 и 18 станциями 7 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 15,4˚С, ветер восточный (98˚) 5,7 м/с, атмосферное давление 1013,8 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 74,1%. На море волнение 2 балла, глубина 68 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=245˚ начали следовать на станцию №19.

На станцию №19 с координатами 65˚11,49N 038˚59,73E пришли в 21:45. Расстояние между 18 и 19 станциями 7 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 14,3˚С, ветер юго-восточный (124˚) 8,9 м/с, атмосферное давление 1013,1 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 74,9%. На море волнение 2 балла, глубина 81 м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс ГКК=205˚ начали следовать на станцию №20

На станцию №20 с координатами 65˚05,62N 038˚51,78E пришли в 22:55 Расстояние между 19 и 20 станциями 7,6 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 17,1˚С, ветер юго-восточный (145˚) 5,1 м/с, атмосферное давление 1013,1 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 70,6%. На море волнение 4 балла, глубина 111 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс ГКК=30˚, начали следовать на станцию №21.

4 июня 2013 года. Продолжены работы на станциях векового океанографического разреза №XXVI Унская губа – м Керецкий.

На станцию №21 с координатами 64˚58,57N 038˚43,57E пришли в 00:07 Расстояние между 20 и 21 станциями 7,7 миль. Отбор проб производился

при температуре воздуха 20,4˚С, ветер юго-восточный (142˚) 5,0 м/с, атмосферное давление 1013,1 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 54,6%. На море волнение 4 балла, глубина 61 м. Работы выполнялись в течение 53 минут. Взят курс ГКК=64˚, начали следовать на станцию №22

На станцию №22 с координатами 64˚52,96N 038˚35,56E пришли в 1:48 Расстояние между 21 и 22 станциями 6,5 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 20,3˚С, ветер западный (265˚) 12,9 м/с, атмосферное давление 1012,3 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 44,2%. На море волнение 4 балла, глубина 16 м. Работы выполнялись в течение 12 минут. Взят курс ГКК=83˚ в район лоцманской станции.

Рисунок 2.6 – порт Экономия г. Архангельска (Фото В. Соколова)

Судно пошло назначением на Архангельск. Цель захода – оформление процедуры таможенных и пограничных властей, т.к. следующий этап рейса будет проходить в водах Шпицбергена. По указанию службы движений по фарватеру Северной Двины мы следовали за танкером «RN

Murmansk». Лоцман Докунин А.А. прибыл на Чижовский рейд и под его проводкой пошли к причалу №5 грузового района Экономии. Процедура оформления документов прошла в штатном режиме. В 20:30 отошли от причала.

5 июня 2013 г. За сутки прошли 104 мили. Начаты работы на станциях векового океанографического разреза № IX м. Инцы – р. Пулоньга.

На станцию №23 с координатами 66˚00,31N 040˚38,63E пришли в 05:30. Отбор проб производился при температуре воздуха 6,8˚С, ветер северный (338˚) 7,2 м/с, атмосферное давление 1024,4 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 91,9%. На море волнение 4 балла, глубина 28 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс ГКК=305˚ начали следовать на станцию №24

На станцию №24 с координатами 66˚03,24N 040˚32,19E пришли в 06:35 Расстояние между 20 и 21 станциями 3,9 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 2,7˚С, ветер восточный (73˚) 6,2 м/с, атмосферное давление 1024,9 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 92,6%. На море волнение 4 балла, глубина 40 м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс ГКК=308˚, начали следовать на станцию №25.

На станцию №25 с координатами 66˚08,13N 040˚20,55E пришли в 08:00 Расстояние между 20 и 21 станциями 7 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,7˚С, ветер северо-западный (43˚) 7,8 м/с, атмосферное давление 1025,7 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 93,8%. На море волнение 4 балла, глубина 84 м. Работы выполнялись в течение 10 минут. Взят курс ГКК=312˚, начали следовать на станцию №26.

На станцию №26 с координатами 66˚13,07N 040˚08,97E пришли в 09:05 Расстояние между 20 и 21 станциями 7 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,1˚С, ветер восточный (102˚) 7,7 м/с, атмосферное давление 1026,2 мм рт. ст., относительная влажность воздуха

95%. На море волнение 2 балла, глубина 53 м. Работы выполнялись в течение 40 минут. Взят курс ГКК=131˚, начали следовать на разрез Канин нос.

6 июня 2013 г. За сутки прошли 204 мили. Начаты работы на станциях векового океанографического разреза № I м. Канин Нос – м. Святой Нос.

Рисунок 2.7 – Метеорологический блок за работой

(Фото П. Меньшикова)

На станцию №27 с координатами 68˚39,10N 043˚11,32E пришли в 4:00 Отбор проб производился при температуре воздуха -0,1˚С, ветер северо-западный (324˚) 6,1 м/с, атмосферное давление 1029,1 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 87,1%. На море волнение 3 балла, глубина 23 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс ГКК=225˚ начали следовать на станцию №28

На станцию №28 с координатами 68˚37,93N 043˚04,90E пришли в 4:50. Расстояние между 27 и 28 станциями 3,2 миль. Отбор проб производился

при температуре воздуха 0,0˚С, ветер юго-западный (205˚) 4,0 м/с, атмосферное давление 1029,1 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 82,6%. На море волнение 3 балла, глубина 44 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс ГКК=240˚, начали следовать на станцию №29.

На станцию №29 с координатами 68˚35,98N 042˚50,38E пришли в 5:50. Расстояние между 28 и 29 станциями 6,5 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -0,1˚С, ветер юго-восточный (120˚) 4,5 м/с, атмосферное давление 1029,1 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 81,2%. На море волнение 3. балла, глубина 67 м. Работы выполнялись в течение 15 минут. Взят курс ГКК=250˚, начали следовать на станцию №30.

На станцию №30 с координатами 68˚32,95N 042˚35,02E пришли в 6:40. Расстояние между 29 и 30 станциями 7 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -0,1˚С, ветер юго-восточный (110˚) 5,8 м/с, атмосферное давление 1029,1 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 81,4%. На море волнение 2 балла, глубина 73 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=250˚, начали следовать на станцию №31.

На станцию №31 с координатами 68˚30,72N 042˚19,99E пришли в 7:35 Расстояние между 31 и 32 станциями 5,9 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 0,2˚С, ветер западный (249˚) 3,5 м/с, атмосферное давление 1029,1 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 79,9%. На море волнение 2 балла, глубина 61м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс ГКК=260˚, начали следовать на станцию №32.

На станции №32 с координатами 68˚28,56N 041˚58,20E отбор проб производился при температуре воздуха 0,4˚С, ветер восточный (86,5˚) 3,2 м/с, атмосферное давление 1029,3 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 81,2%. На море волнение 3 балла, глубина 61 м. Начали следовать на станцию №33. На станцию №33 с координатами 68˚24,73N 041˚36,37E пришли в 10:25 Расстояние между 32 и 33 станциями 8,6 миль. Отбор проб

производился при температуре воздуха 0,4˚С, ветер юго-западный (218˚) 4,7 м/с, атмосферное давление 1020,1 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 79,8%. На море волнение 2 балла, глубина 62 м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс ГКК=246˚, начали следовать на станцию №34.

На станцию №34 с координатами 68˚21,70N 041˚16,85E пришли в 11:40 Расстояние между 33 и 34 станциями 9,2 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 0,6˚С, ветер северо-западный (305,2˚) 2,7 м/с, атмосферное давление 1029,3 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 79,7%. На море волнение 2 балла, глубина 94 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=246˚, начали следовать на станцию №35.

На станцию №35 с координатами 68˚19,17N 040˚55,19E пришли в 12:50. Расстояние между 34 и 35 станциями 8 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 0,9˚С, ветер юго-восточный (136,1˚) 3,1 м/с, атмосферное давление 1029,6 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 97,0%. На море волнение 2 балла, глубина 82 м. Работы выполнялись в течение45 минут. Взят курс ГКК=245˚, начали следовать на станцию №36.

Рисунок 2.8 – Сотрудники гидрохимического блока делают забор проб (Фото А. Почтоваловой)

На станцию №36 с координатами 68˚16,08N 040˚35,65E пришли в 14:30. Расстояние между 35 и 36 станциями 8,6 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,0˚С, ветер северо-западный (308,4˚) 3,3 м/с, атмосферное давление 1029,4 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 78,1%. На море волнение 2 балла, глубина 61 м. Работы выполнялись в течение 17 минут. Взят курс ГКК=245˚, начали следовать на станцию №37.

На станцию №37 с координатами 68˚13,60N 040˚17,44E пришли в 15:40 Расстояние между 36 и 37 станциями 8 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,0˚С, ветер северо-западный (308,4˚) 3,3 м/с, атмосферное давление 1029,4 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 78,1%. На море волнение 2 балла, глубина 61 м. Работы выполнялись в течение 50 минут. Взят курс ГКК=245˚, начали следовать на станцию №38.

На станцию №38 с координатами 68˚10,76N 039˚59,59E пришли в 17:00 Расстояние между 37 и 38 станциями 7,6 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,0˚С, ветер западный (280,2˚) 3,0 м/с, атмосферное давление 1028,8 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 79,1%. На море волнение 1 балл, глубина 80 м. Работы выполнялись в течение 35 минут. Взят курс ГКК=45˚, начали следовать на разрез по Кольскому меридиану.

7 июня 2013 г. За сутки прошли 202 мили. Начаты работы на станциях векового океанографического разреза №VI по Кольскому меридиану.

На станцию №39 с координатами 70˚00,37N 033˚29,71E пришли в 12:05. Отбор проб производился при температуре воздуха 10,2˚С, ветер южный (179,3˚) 8,5 м/с, атмосферное давление 1017,6 мб., относительная влажность воздуха 66,8%. На море волнение 2 балла, глубина 149 м. Работы выполнялись в течение 45 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №40.

На станцию №40 с координатами 70˚30,25N 033˚29,90E пришли в 15:50. Расстояние между 39 и 40 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 9,5˚С, ветер восточный (100,2˚) 8,6 м/с, атмосферное давление 1014,9 мб., относительная влажность воздуха 70,9%. На море волнение 2 балла, глубина 251 м. Работы выполнялись в течение 10 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №41.

Рисунок – 2.9 Закат в Баренцевом море (Фото А. Почтоваловой)

На станцию №41 с координатами 70˚59,94N 033˚29,78E пришли в 19:15. Расстояние между 40 и 41 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 8,4˚С, ветер западный (266,5˚) 7,8 м/с, атмосферное давление 1012,6 мб., относительная влажность воздуха 78,0%. На море волнение 2 балла, глубина 225 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №42.

На станцию №42 с координатами 71˚17,95N 033˚30,11E пришли в 21:30. Расстояние между 41 и 42 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 8,9˚С, ветер южный (180˚) 4,6м/с, атмосферное давление 1012,0 мб., относительная влажность воздуха 75,4%. На море волнение 2 балла, глубина 253 м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №43.

На станцию №43 с координатами 71˚29,99N 033˚29,69E пришли в 23:15. Расстояние между 42 и 43 станциями 18 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 7,9˚С, ветер западный (273˚) 3,4 м/с, атмосферное давление 1011,7 мб., относительная влажность воздуха 83,1%. На море волнение 2 балла, глубина 260 м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №44.

8 июня 2013 г. За сутки прошли 190 миль. Продолжены работы на станциях векового океанографического разреза №VI по Кольскому меридиану.

На станцию №44 с координатами 71˚47,99N 033˚29,72E пришли в 1:08. Расстояние между 43 и 44 станциями 12 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 7,0˚С, ветер северный (350˚) 10,5 м/с, атмосферное давление 1011,2 мб., относительная влажность воздуха 90,4%. На море волнение 4 балла, глубина 325 м. Работы выполнялись в течение 35 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №45.

На станцию №45 с координатами 72˚00,06N 033˚30,33E пришли в 3:05. Расстояние между 44 и 45 станциями 18 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 4,4˚С, ветер северный (355˚) 10 м/с, атмосферное давление 1011,3 мб., относительная влажность воздуха 93,3%. На море волнение 4 балла, глубина 265 м. Работы выполнялись в течение 15 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №46.

На станцию №46 с координатами 72˚20,00N 033˚29,32E пришли в 5:30. Расстояние между 45 и 46 станциями 12 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 3,6˚С, ветер восточный (97˚) 9,1 м/с, атмосферное давление 1012,0 мб., относительная влажность воздуха 94,9%. На море волнение 4 балла, глубина 283 м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №47.

На станцию №47 с координатами 72˚30,05N 033˚50,15E пришли в 7:05. Расстояние между 46 и 47 станциями 20 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 3,8˚С, ветер западный (350˚) 6,7 м/с, атмосферное давление 1012,0 мб., относительная влажность воздуха 95,2%. На море волнение 4 балла, глубина 289 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №48.

На станцию №48 с координатами 73˚00,05N 033˚29,60E пришли в 10:30. Расстояние между 47 и 48 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 3,4˚С, ветер юго-восточный (132,6˚) 3,3 м/с, атмосферное давление 1012,6 мб., относительная влажность воздуха 95,6%. На море волнение 4 балла, глубина 218 м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №49.

На станцию №49 с координатами 73˚29,84N 033˚30,17E пришли в 14:00. Расстояние между 48 и 49 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 2,5˚С, ветер северо-западный (294,3˚) 5,6 м/с, атмосферное давление 1014,3 мб, относительная влажность воздуха 87,8%. На море волнение 3 балла, глубина 285 м. Работы выполнялись в течение 23 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №50.

На станцию №50 с координатами 74˚00,14N 033˚30,11E пришли в 17:30. Расстояние между 49 и 50 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,1˚С, ветер восточный (104,1˚) 5,4 м/с, атмосферное давление 1015,9 мб., относительная влажность воздуха

81,5%. На море волнение 3 балла, глубина 327 м. Работы выполнялись в течение 30 минут.

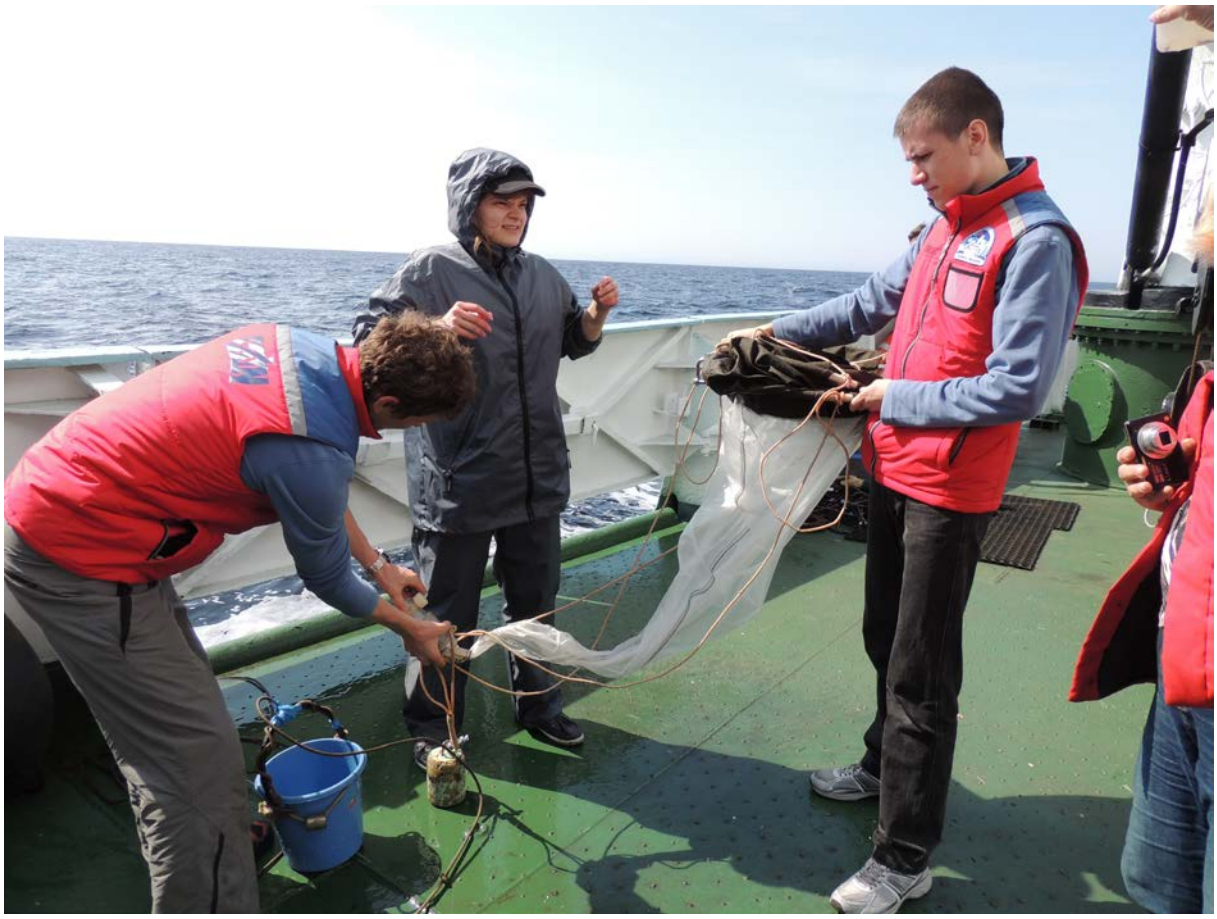


Рисунок 2.10 – Сотрудники биоресурсного блока готовят сеть Джеди к забору проб (Фото А. Почтоваловой)

Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №51.

На станцию №51 с координатами 74˚30,04N 033˚30,21E пришли в 21:00. Расстояние между 50 и 51 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,1˚С, ветер западный (260˚) 5,5 м/с, атмосферное давление 1016,5 мб., относительная влажность воздуха 75,0%. На море волнение 3 балла, глубина 263 м. Работы выполнялись в течение 15 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №52.

9 июня 2013 года За сутки пройдено 210 миль. Продолжены работы на станциях векового океанографического разреза №VI по Кольскому меридиану.

На станцию №52 с координатами 75˚00,13N 033˚29,862E пришли в 0:15. Расстояние между 51 и 52 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 0,8˚С, ветер юго-восточный (125˚) 2,2 м/с, атмосферное давление 1016,8 мб., относительная влажность воздуха 70,9%. На море волнение 1 балла, глубина 149 м. Работы выполнялись в течение 15 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №53.

На станцию №53 с координатами 75˚30,03N 033˚32,52E пришли в 3:26 Расстояние между 52 и 53 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 0,7˚С, ветер юго-западный (211˚) 3,3 м/с, атмосферное давление 1015,4 мб., относительная влажность воздуха 69,0%. На море волнение 1 балла, глубина 227 м. Работы выполнялись в течение 15 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №54.

Рисунок 2.11 – Экспедиция на пути к Шпицбергену

(Фото П. Меньшикова)

На станцию №54 с координатами 76˚00,00N 033˚30,72E пришли в 6:40 Расстояние между 53 и 54 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,9˚С, ветер западный (250˚) 8,5 м/с, атмосферное давление 1013,1 мб., относительная влажность воздуха 73,9%. На море волнение 1 балла, глубина 305 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №55.

На станцию №55 с координатами 76˚30,08N 033˚30,17E пришли в 10:00. Расстояние между 54 и 55 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 2,1˚С, ветер 10,5 м/с, атмосферное давление 1009,6 мб., относительная влажность воздуха 78%. На море волнение 4 балла, глубина 211 м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №56.

На станцию №56 с координатами 77˚00,00N 033˚30,21E пришли в 14:45. Расстояние между 55 и 56 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,9˚С, ветер 14,5 м/с, относительная влажность воздуха 82%. На море волнение 4 балла. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=247˚ начали следовать на Южную оконечность о. Шпицберген.

10 июня 2013 г. За сутки пройдено 212 миль. Начаты работы на станциях векового океанографического разреза Баренцбург – Гренландия.

На станцию №57 с координатами 77˚59,91N 011˚29,85E пришли в 9:05. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,4˚С, ветер восточный (105˚) 11,5 м/с, атмосферное давление 1012,7 мб., относительная влажность воздуха 84%. На море волнение 3 балла, глубина 211 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=270˚ начали следовать на станцию №58.

На станцию №58 с координатами 77˚59,88N 010˚49,68E пришли в 10:20 Расстояние между 57 и 58 станциями 13 миль. Отбор проб производился

при температуре воздуха 1,5˚С, ветер западный (257˚) 7,8 м/с, атмосферное давление 1013,6 мб., относительная влажность воздуха 79%. На море волнение 3 балла, глубина 191 м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс ГКК=270˚ начали следовать на станцию №59.

Рисунок 2.12 – Экспедиция на разрезе в Гренландском море (Фото В. Соколова)

На станцию №59 с координатами 78˚00,09N 009˚30,81E пришли в 12:35 Расстояние между 58 и 59 станциями 8,4 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,1˚С, ветер западный (256˚) 5,9 м/с, атмосферное давление 1014,6 мб., относительная влажность воздуха 76%. На море волнение 2 балла, глубина 403 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=270˚ начали следовать на станцию №60.

На станцию №60 с координатами 78˚00,14N 008˚54,95E пришли в 14:00. Расстояние между 59 и 60 станциями 8,4 мили. Отбор проб производился при температуре воздуха 0,9˚С, ветер западный (252˚) 7,2 м/с, атмосферное

давление 1014,4 мб., относительная влажность воздуха 85%. На море волнение 2 балла, глубина ≈1203 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс ГКК=270˚ начали следовать на станцию №61.

На станцию №61 с координатами 78˚00,01N 008˚25,89E пришли в 15:20. Расстояние между 60 и 61 станциями 13 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 0,6˚С, ветер западный (257˚) 7,4 м/с, атмосферное давление 1014,1 мб., относительная влажность воздуха 88%. На море волнение 2 балла, глубина ≈1800 м. Работы выполнялись в течение 1 час 10 минут. Взят курс ГКК=265˚ начали следовать на станцию №62.

На станцию №62 с координатами 78˚00,13N 007˚29,97E пришли в 17:55 Расстояние между 61 и 62 станциями 11,5 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,3˚С, ветер западный (265˚) 10,8 м/с, атмосферное давление 1013,3 мб., относительная влажность воздуха 84%. На море волнение 2 балла, глубина ≈3315 м. Работы выполнялись в течение 1 час 5 минут. Взят курс ГКК=260˚ начали следовать на станцию №63.

На станцию №63 с координатами 77˚59,97N 006˚30,80E пришли в 20:25 Расстояние между 62 и 63 станциями 12,6 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 0,4˚С, ветер восточный (109˚) 10,9 м/с, атмосферное давление 1012,2 мб., относительная влажность воздуха 85%. На море волнение 2 балла, глубина ≈2100 м. Работы выполнялись в течение 35 минут. Взят курс ГКК=90˚ начали следовать на станцию №64.

Рисунок 2.13 – Берега архипелага Шпицберген (Фото В. Соколова)

11 июня 2013 года. За сутки пройдено 216 миль. Продолжены работы на станциях векового океанографического разреза Баренцбург – Гренландия.

На станцию №64 с координатами 78˚00,08N 012˚24,99E пришли в 04:00. Расстояние между 63 и 64 станциями 66,9 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,2˚С, ветер южный (200˚) 6 м/с, атмосферное давление 1009,4 мб., относительная влажность воздуха 87,9%. На море волнение 2 балла, глубина 243 м. Работы выполнялись в течение 45 минут. Взят курс ГКК=25˚ начали следовать в порт Лонгйир.

В 5:00 в координатах 78˚00,1N 12˚ 31,9E пересекли линию территориальных вод Норвегии на вход.

Рисунок 2.14 – Сотрудник гляциологического блока за работой в районе п. Лонгйир (Фото В. Кряучунаса)

12 июня 2013 года. В 11.30 причалили в порту г. Лонгйира. Сотрудники сейсмологического и гляциологического блоков приступили в выполнению работ на территории города.

Взяли курс на п. Баренцбург. В течение двух часов сотрудники сейсмологического и гляциологического блоков в выполняли научно-исследовательские работы Ночью взяли курс к г. Лонгйир. Встали на якорь в акватории города.

Рисунок 2.15 – Гляциолог за работой в районе п. Баренцбург

(Фото В. Кряучунаса)

13 июня 2013 года. Продолжены работы по направлениям сейсмологии и гляциологии. Выполнен большой объем работ по геокриологическому, геоморфологическому и геологическому описанию рельефа, фото- и видеофиксация криогенных форм рельефа. Проведены георадиолокационные исследования подповерхностного залегания пород. С помощью временной сейсмической станции проведена регистрация микросейсмического фона в городе в течение 13 часов.

Приняли на НИС «Профессор Молчанов» делегацию научно-исследовательского Института UNIS.

В 20.00 взяли курс на север Шпицбергена в п. Ню-Олесунн.

14 июня 2012 года.

К 10.30 прибыли к п. Ню-Олесунн. После высадки на катере сотрудники сейсмологического, гляциологического и биологического блоков приступили в выполнению научно-исследовательских работ.

Приняли на НИС «Профессор Молчанов» делегацию научно-исследовательского Института KingBay.

Рисунок 2.16 – Вид на станцию п. Ню-Олесунн (Фото А. Почтоваловой)

В 22:20 в координатах 79˚00,0N 009˚34,2E НИС «Профессор Молчанов» вышло из территориальных вод Норвегии. Легли на курс ГКК=180˚. Начали движение в южную сторону острова Шпицберген.

15 июня 2013 г. За сутки пройдено 146 миль. Следуем к очередному разрезу для проведения научно-исследовательских работ.

16 июня 2013 г. За сутки пройдено 242 мили. Начали производить океанографическую съёмку северной части Баренцева моря - разрез Кольский меридиан.

Рисунок 2.17 – Ледник Шпицбергена район п. Ню-Олесунн

(Фото А. Почтоваловой)

На станцию №65 с координатами 77˚29,99N 033˚30,58E пришли в 22:55. Отбор проб производился при температуре воздуха -1,0˚С, ветер юго-западный (204˚) 5,3 м/с, атмосферное давление 1004,1 мб., относительная влажность воздуха 68,2%. На море волнение 2 балла, глубина 147 м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №66

17 июня 2013 г. За сутки пройдено 187 миль. Продолжены работы по океанографической съёмке северной части Баренцева моря - разрез Кольский меридиан.

На станцию №66 с координатами 78˚00,02N 033˚28,78E пришли в 1:25. Расстояние между 65 и 66 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -1,7˚С, ветер северо-западный (309˚) 5,1 м/с, атмосферное давление 1002,8 мб., относительная влажность воздуха 86,4%. Состояние поверхности моря – лёд 9 баллов, глубина 184 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №67.

На станцию №67 с координатами 78˚20,04N 033˚30,20E пришли в 3:50. Расстояние между 66 и 67 станциями 40 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -1,5˚С, ветер западный (250˚) 5,2 м/с, атмосферное давление 1002,5 мб., относительная влажность воздуха 81,9%. Состояние поверхности моря – лёд 9 баллов, глубина 176 м. Работы выполнялись в течение 50 минут. Взят курс ГКК=100˚ начали следовать на разрез о. Виктория – п.-ов. Адмиралтейство.

На станцию №68 с координатами 78˚37,11N 033˚38,78E пришли в 6:35. Отбор проб производился при температуре воздуха -1,7˚С, ветер северо-западный (309˚) 4 м/с, атмосферное давление 1002,1 мб., относительная влажность воздуха 87,3%. Состояние поверхности моря – лёд 9 баллов, глубина 291 м. Работы выполнялись в течение 45 минут. Взят курс ГКК=70˚ начали следовать на станцию №69.

На станцию №69 с координатами 78˚29,22N 034˚23,61E пришли в 9:55. Расстояние между 68 и 69 станциями 20 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -0,8˚С, ветер юго-восточный (136˚) 7,1 м/с, атмосферное давление 1001,7 мб., относительная влажность воздуха 88,0%. На море волнение 1 балл, глубина 163 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=73˚ начали следовать на станцию №70.

На станцию №70 с координатами 78˚42,68N 035˚49,29E пришли в 12:35. Расстояние между 69 и 70 станциями 20 миль. Отбор проб производился

при температуре воздуха -0,4˚С, ветер восточный (80˚) 7,1 м/с, атмосферное давление 1001,0 мб., относительная влажность воздуха 92%. На море волнение 1 балл, глубина 242 м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс ГКК=22˚ начали следовать на станцию №71.

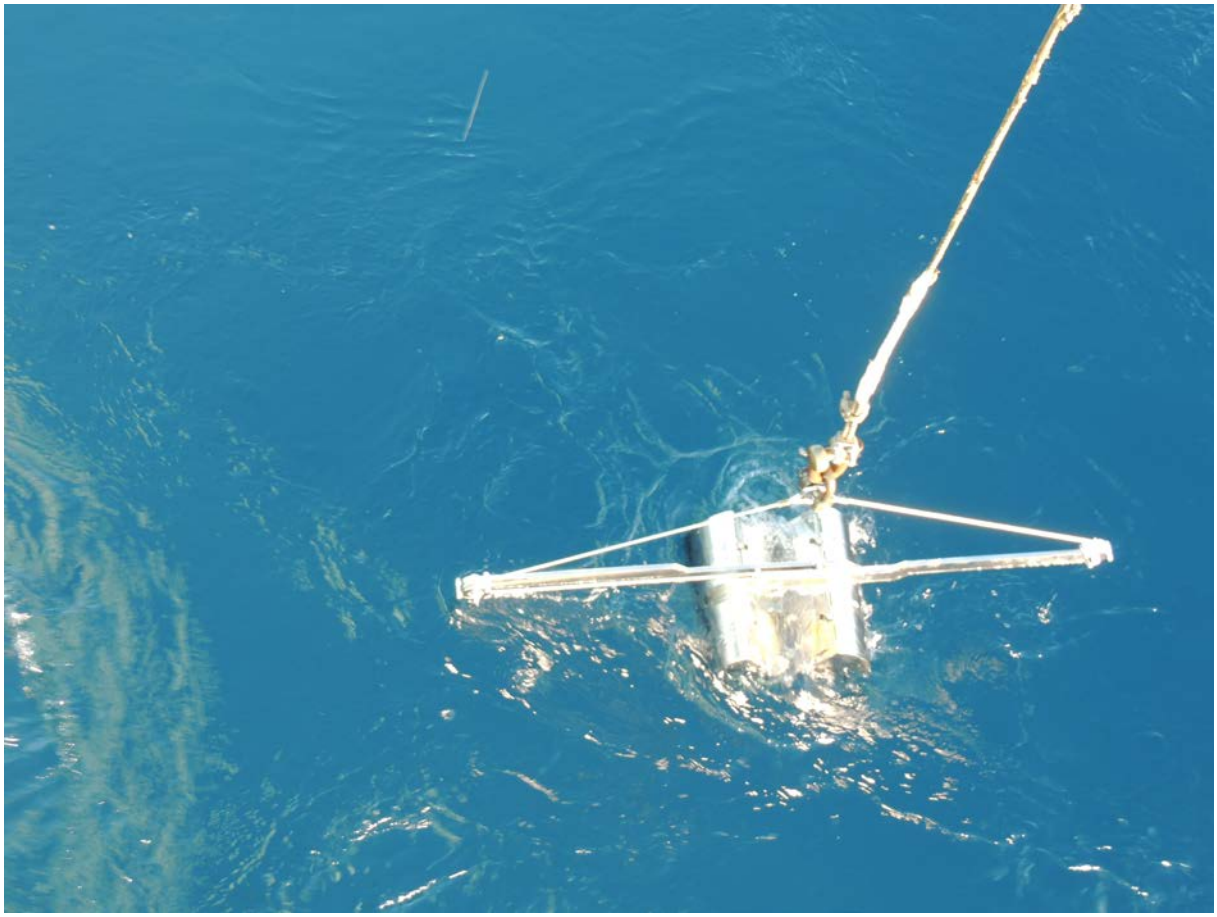


Рисунок 2.18 – Забор проб дночерпалкой (Фото А. Почтоваловой)

На станцию №71 с координатами 78˚48,11N 037˚30,58E пришли в 16:00. Расстояние между 70 и 71 станциями 20 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -0,2˚С, ветер восточный (86,8˚) 8,7 м/с, атмосферное давление 1001,8 мб., относительная влажность воздуха 89,6%. На море волнение 1 балл, глубина 298 м. Работы выполнялись в течение 40 минут. Взят курс ГКК=345˚ начали следовать на станцию №72.

На станцию №72 с координатами 79˚15,03N 038˚28,53E пришли в 21:45. Расстояние между 71 и 72 станциями 20 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -0,7˚С, ветер юго-западный (226,1˚) 6,6 м/с,

атмосферное давление 1000,7 мб., относительная влажность воздуха 90,3%. Состояние поверхности моря – лёд 9 баллов, глубина 328 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=322˚ начали следовать на станцию №73.

На станцию №73 с координатами 79˚53,96N 037˚56,08E пришли в 23:10. Расстояние между 72 и 73 станциями 17 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -1,7˚С, ветер западный (270˚) 5,1 м/с, атмосферное давление 999,6 мб., относительная влажность воздуха 94,9%. состояние поверхности моря – лёд 9 баллов, глубина 223 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=125˚ начали следовать на станцию №74.

18 июня 2013 г. За сутки пройдено 166 миль. Продолжены работы по разрезу на разрез о. Виктория – п.-ов. Адмиралтейство.

Рисунок 2.19 – Экспедиция на пути к о. Виктории (Фото П. Меньшикова)

На станцию №74 с координатами 79˚59,89N 037˚29,26E пришли в 1:35. Расстояние между 73 и 74 станциями 17 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -2,0˚С, ветер юго-западный (214˚) 3,0 м/с, атмосферное давление 999,7 мб., относительная влажность воздуха 95,3%. Состояние поверхности моря – лёд 8 баллов, лубина 121 м. Работы выполнялись в течение 30. минут. Начали следовать на станцию №75.

На станцию №75 с координатами 79˚47,12N 038˚28,64E пришли в 3:45. Расстояние между 74 и 75 станциями 20 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -0,9˚С, ветер юго-западный (213˚) 1,6 м/с, атмосферное давление 1000,2 мб., относительная влажность воздуха 95,4%. Состояние поверхности моря – лёд 8 баллов, глубина 293 м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №76.

Пришли на станцию №76 с координатами 79˚38,605N 039˚06,28E. Расстояние между 75 и 76 станциями 20 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -1,2˚С, ветер юго-западный (212˚) 2 м/с, атмосферное давление 1000,7 мб., относительная влажность воздуха 95,7%. Состояние поверхности моря – лёд 8 баллов, глубина 322 м. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №77.

На станцию №77 с координатами 79˚29,86N 039˚38,44E пришли в 5:30. Расстояние между 76 и 77 станциями 20 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -0,9˚С, ветер юго-западный (217˚) 1,9 м/с, атмосферное давление 1001,0 мб., относительная влажность воздуха 95,9%. На море штиль, глубина 323 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс ГКК=140˚ начали следовать на станцию №78.

На станцию №78 с координатами 79˚21,53N 040˚17,60E пришли в 7:15. Расстояние между 77 и 78 станциями 20 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -0,8˚С, ветер юго-западный (246˚) 5,1 м/с,

атмосферное давление 1015 мб., относительная влажность воздуха 96%. На море штиль, глубина 248 м. Работы выполнялись в течение 45 минут. Взят курс ГКК=360˚ начали следовать на станцию №79.

На станцию №79 с координатами 79˚13,34N 040˚52,09E пришли в 8:30. Расстояние между 78 и 79 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -0,7˚С, ветер восточный (83,7˚) 4,4 м/с, атмосферное давление 1002,0 мб., относительная влажность воздуха 96,0%. На море штиль, глубина 275 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс ГКК=90˚ начали следовать на станцию №80 для начало работ по разрезу №3.

На станцию №80 с координатами 79˚13,60N 041˚46,74E пришли в 10:10. Расстояние между 79 и 80 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -0,1˚С, ветер южный (183,5˚) 2,9 м/с, атмосферное давление 1003,1 мб., относительная влажность воздуха 96,0%. На море штиль, глубина 353 м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс ГКК=90˚ начали следовать на станцию №81.

На станцию №81 с координатами 79˚13,45N 042˚42,42E пришли в 11:40. Расстояние между 80 и 81 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -0,8˚С, ветер восточный (102,7˚) 4,1 м/с, атмосферное давление 1003,4 мб., относительная влажность воздуха 96,0%. На море волнение 1 балл, глубина 327 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс ГКК=90˚ начали следовать на станцию №82.

На станцию №82 с координатами 79˚13,37N 043˚36,55E пришли в 13:10. Расстояние между 81 и 82 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -1,2˚С, ветер западный (251˚) 4,4 м/с, атмосферное давление 1003,9 мб., относительная влажность воздуха 96,0%. На море волнение 1 балл, глубина 271 м. Работы выполнялись в течение 15 минут. Взят курс ГКК=90˚ начали следовать на станцию №83

Рисунок 2.20 – Отчет физико-химического блока (Фото А. Почтоваловой)

На станцию №83 с координатами 79˚13,61N 045˚25,02E пришли 14:30. Расстояние между 82 и 83 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -1,5˚С, ветер западный (267,2˚) 4,6 м/с, атмосферное давление 1005,4 мб., относительная влажность воздуха 96%. На море волнение 1 балл, глубина 88 м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс ГКК=90˚ начали следовать на станцию №84.

На станцию №84 с координатами 79˚13,43N 044˚30,26E пришли в 16:00. Расстояние между 83 и 84 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -1,4˚С, ветер северо-восточный (66,1˚) 2,3 м/с, атмосферное давление 1006,3 мб., относительная влажность воздуха 96,1%. На море волнение 2 балла, глубина 179 м. Работы выполнялись в течение 40 минут. Взят курс ГКК=265˚ начали следовать на станцию №85 для возобновления работ по разрезу о. Виктория – п.-ов. Адмиралтейство. .

На станцию №85 с координатами 78˚57,99N 041˚57,32E пришли в 17:50. Расстояние между 84 и 85 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -2,1˚С, ветер западный (250˚) 2,8 м/с, атмосферное давление 1007,6 мб., относительная влажность воздуха 96,3%. На море волнение 2 балла, глубина 449 м. Работы выполнялись в течение 40 минут. Взят курс ГКК=245˚ начали следовать на станцию №86.

На станцию №86 с координатами 78˚41,46N 043˚00,16E пришли в 21:40. Расстояние между 85 и 86 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -1,0˚С, ветер юго-западный (217˚) 2,3 м/с, атмосферное давление 1008,1 мб., относительная влажность воздуха 96,2%. На море волнение 2 балла, глубина 255 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс ГКК=150˚ начали следовать на станцию №87.

19 июня 2013 г. За сутки пройдено 190 миль. Продолжены работы по разрезу на разрез о. Виктория – п.-ов. Адмиралтейство.

На станцию №87 с координатами 78˚25,83N 044˚03,58E пришли в 00:15. Расстояние между 86 и 87 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -1,1˚С, ветер юго-восточный (145˚) 5,4 м/с, атмосферное давление 1008,5 мб., относительная влажность воздуха 96,3%. На море волнение 2 балла, глубина 231 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=140˚ начали следовать на станцию №88.

На станцию №88 с координатами 78˚10,01N 045˚09,92E пришли в 2:40. Расстояние между 87 и 88 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха -1,0˚С, ветер юго-западный (203˚) 6,6 м/с, атмосферное давление 1009,4 мб., относительная влажность воздуха 96,4%. На море волнение 2 балла, глубина 297 м. Работы выполнялись в течение 15 минут. Взят курс ГКК=140˚ начали следовать на станцию №89.

На станцию №89 с координатами 77˚53,91N 046˚07,99E пришли в 5:00. Расстояние между 88 и 89 станциями 10 миль. Отбор проб производился

при температуре воздуха -0,2˚С, ветер юго-западный (222˚) 7,6 м/с, атмосферное давление 1010,2 мб., относительная влажность воздуха 96,5%. На море волнение 2 балла, глубина 269 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс ГКК=145˚ начали следовать на станцию №90.

На станцию №90 с координатами 77˚41,01N 046˚57,40E пришли в 7:20. Расстояние между 89 и 90 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 0,3˚С, ветер восточный (90˚) 7,2 м/с, атмосферное давление 1010,9 мб., относительная влажность воздуха 96,5%. На море волнение 2 балла, глубина 233 м. Работы выполнялись в течение 40 минут. Взят курс ГКК=140˚ начали следовать на станцию №91.

На станцию №91 с координатами 77˚27,95N 047˚46,40E пришли в 9:40. Расстояние между 90 и 91 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 0,7˚С, ветер восточный (79,5˚) 6,5 м/с, атмосферное давление 1011,8 мб., относительная влажность воздуха 96,6%. На море волнение 2 балла, глубина 239 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс ГКК=140˚ начали следовать на станцию №92.

Рисунок 2.21 – Побережье архипелага Новая Земля

(Фото А. Почтоваловой)

На станцию №92 с координатами 77˚11,90N 048˚42,23E пришли в 11:53. Расстояние между 91 и 92 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,3˚С, ветер северо-западный (305,2˚) 6,1м/с, атмосферное давление 1013,1 мб., относительная влажность воздуха 95,7%. На море волнение 1 балл, глубина 263 м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс ГКК=140˚ начали следовать на станцию №93.

На станцию №93 с координатами 76˚55,96N 049˚37,69E пришли в 14:25. Расстояние между 92 и 93 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 0,8˚С, ветер северо-восточный (65,7˚) 7,2 м/с, атмосферное давление 1014,1 мб., относительная влажность воздуха 94,8%. На море волнение 2 балла, глубина 329 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=140˚ начали следовать на станцию №94.

На станцию №94 с координатами 76˚39,81N 050˚34,77E пришли в 16:50. Расстояние между 93 и 94 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,0˚С, ветер восточный (74,9˚) 6,0 м/с, атмосферное давление 1015,2 мб., относительная влажность воздуха 95,5%. На море волнение 2 балла, глубина 349 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс ГКК=140˚ начали следовать на станцию №95.

На станцию №95 с координатами 76˚24,00N 051˚27,20E пришли в 19;20. Расстояние между 94 и 95 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,4˚С, ветер юго-западный (212˚) 7,2 м/с, атмосферное давление 1015,2 мб., относительная влажность воздуха 96,2%. На море волнение 2 балла, глубина 338 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс ГКК=140˚ начали следовать на станцию №96.

На станцию №96 с координатами 76˚16,00N 051˚50,90E пришли в 21:50. Расстояние между 95 и 96 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,6˚С, ветер юго-западный (213˚) 7,2 м/с, атмосферное давление 1016,5 мб., относительная влажность воздуха

94,3%. На море волнение 2 балла, глубина 281 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=140˚ начали следовать на станцию №97.

На станцию №97 с координатами 76˚07,93N 052˚20,30E пришли в 23:10. Расстояние между 96 и 97 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 2,2˚С, ветер юго-восточный (145˚) 7,2 м/с, атмосферное давление 1016,8 мб., относительная влажность воздуха 96,1%. На море волнение 2 балла, глубина 168 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс ГКК=140˚ начали следовать на станцию №98.

20 июня 2013 г. За сутки пройдено 189 мили. Продолжены работы по разрезу на разрез о. Виктория – п.-ов. Адмиралтейство.

На станцию №98 с координатами 75˚73,87N 053˚33,97E пришли в 0:40. Расстояние между 97 и 98 станциями 10 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 0,4˚С, ветер восточный (104˚) 7,2 м/с, атмосферное давление 1018,6 мб., относительная влажность воздуха 96,2%. На море волнение 3 балла, глубина 130 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=144˚ начали следовать на станцию №99.

На станцию №99 с координатами 75˚22,01N 054˚46,29E пришли в 4:00. Расстояние между 98 и 99 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,2˚С, ветер южный (174˚) 7,3 м/с, атмосферное давление 1019,6 мб., относительная влажность воздуха 96,5%. На море волнение 3 балла, глубина 223 м. Работы выполнялись в течение 15 минут. Взят курс ГКК=140˚ начали следовать на станцию №100.

На станцию №100 с координатами 75˚14,93N 055˚05,13E пришли в 7:00. Расстояние между 99 и 100 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 1,0˚С, ветер южный (151˚) 9,4 м/с, атмосферное давление 1019,9 мб., относительная влажность воздуха 96,6%. На море волнение 3 балла, глубина 204 м. Работы выполнялись в течение 20 минут.

Рисунок 2.22 – Экспедиция на пути по разрезу Маточкин Шар - Новоземельская банка – Центральная возвышенность (Фото А. Почтоваловой)

Взят курс ГКК=150˚ начали следовать на разрез Маточкин шар – Новоземельская банка – Центральная возвышенность. Всего 30 миль.

На станцию №101 с координатами 73˚28,28N 053˚05,11E пришли в 20:25. Отбор проб производился при температуре воздуха 3,2˚С, ветер юго-западный (281˚) 1,9 м/с, атмосферное давление 1022,7 мб., относительная влажность воздуха 92,9%. На море волнение 2 балла, глубина 66 м. Работы выполнялись в течение 30 минут. Взят курс ГКК=300˚ начали следовать на станцию №102.

На станцию №102 с координатами 73˚33,98N 052˚31,79E пришли в 22:10. Расстояние между 101 и 102 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 3,1˚С, ветер северо-западный (24˚) 0,8 м/с, атмосферное давление 1022,8 мб., относительная влажность воздуха

90,3%. На мое штиль. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс ГКК=300˚ начали следовать на станцию №103.

На станцию №103 с координатами 73˚39,01N 052˚01,98E пришли в 23:40. Расстояние между 102 и 103 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 2,9˚С, ветер северо-западный (139˚) 1,9 м/с, атмосферное давление 1022,7 мб., относительная влажность воздуха 90,7%. На море штиль, глубина 166 м. Работы выполнялись в течение 10 минут. Взят курс ГКК=300˚ начали следовать на станцию №104.

21 июня 2013 г. За сутки пройдено 217 миль. Продолжены работы на разрезе Маточкин шар – Новоземельская банка – Центральная возвышенность.

На станцию №104 с координатами 73˚44,01N 051˚32,13E пришли в 00:55. Расстояние между 103 и 104 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 2,8˚С, ветер северо-западный (167˚) 1,9 м/с, атмосферное давление 1022,5 мб., относительная влажность воздуха 92,5%. Волнение на море 3 балла, глубина 177 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=300˚ начали следовать на станцию №104.

На станцию №105 с координатами 73˚52,07N 050˚45,66E пришли в 2:55. Расстояние между 104 и 105 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 3,4˚С, ветер северо-западный (301˚) 4,6 м/с, атмосферное давление 1021,8 мб., относительная влажность воздуха 92,5%. Волнение на море 3балла, глубина 181 м. Работы выполнялись в течение 10 минут. Взят курс ГКК=300˚ начали следовать на станцию №105.

На станцию №106 с координатами 73˚59,99N 050˚00,08E пришли в 4:40. Расстояние между 105 и 106 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 2,5˚С, ветер северо-западный (236˚) 8,2 м/с,

атмосферное давление 1021,5 мб., относительная влажность воздуха 92,0%. Волнение на море 5 баллов, глубина 157 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=300˚ начали следовать на станцию №106.

На станцию №107 с координатами 74˚14,86N 048˚28,26E пришли в 8:10. Расстояние между 106 и 107 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 3,2˚С, ветер северо-западный (270˚) 9,5 м/с, атмосферное давление 1020,2 мб., относительная влажность воздуха 92,1%. Волнение на море 4 балла, глубина 235 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=300˚ начали следовать на станцию №107.

На станцию №108 с координатами 74˚30,27N 046˚56,00E пришли в 11:35. Расстояние между 106 и 107 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 3,4˚С, ветер северо-западный (156˚) 11,0 м/с, атмосферное давление 1018,1 мб., относительная влажность воздуха 92,7%. Волнение на море 4 балла, глубина 136 м. Работы выполнялись в течение 25 минут. Взят курс ГКК=260˚ начали следовать на станцию №109.

На станцию №109 с координатами 74˚30,21N 045˚259,32E пришли в 14:10. Расстояние между 108 и 109 станциями 30 миль. Отбор проб производился при температуре воздуха 4,5˚С, ветер северо-западный (248,6˚) 4,5 м/с, атмосферное давление 1017,2 мб., относительная влажность воздуха 90,1%. Волнение на море 5 баллов, глубина 288 м. Работы выполнялись в течение 20 минут. Взят курс ГКК=188˚ начали следовать в Архангельск.

22 июня 2013 года. За сутки пройдено 194 мили. Продолжаем следовать в Архангельск после научно-исследовательских работ на океанографическом разрезе «Маточкин Шар – Новоземельская возвышенность», осталось 440 миль.

23 июня 2013 года. За сутки пройдено 164 мили. Следуем в Архангельск, осталось 280 миль. Проходили в 35 милях от м. Канин Нос.

24 июня 2013 года. За сутки пройдено 202 мили. Следуем в Архангельск в порт Экономия для прохождения таможенного контроля, осталось 100 миль.

Рисунок 2.23 – Возвращение экспедиции в Архангельск (Фото А. Малкова)

25 июня 2013 года. За сутки пройдено 100 миль. В 10.00 у причала на Морском речном вокзале состоялась торжественная встреча членов экспедиционного отряда. **Всего за рейс пройдено 3505 миль.**

2.2 Описание маршрута второй экспедиции «Арктический плавучий университет 2013» на НИС «Профессор Молчанов»

В.П. Соколов

2 июля 2013 года. НИС «Профессор Молчанов» в 10.00 принял на борт участников экспедиции «Арктический плавучий университет 2013». В 12.00 отошли от причала № 77 порта Архангельск, имея на борту экипаж – 22 человека, экспедиция – 52 человека, топлива – 254 тонны, пресной воды – 262 тонны, осадка носом 4.2 м, кормой 5.1 м. В 15.10 сдали лоцмана в районе острова Мудьюг. Вышли в Двинский залив Белого моря назначением к мысу Канин Нос. В 17.40 провели учения по шлюпочной тревоге с участниками экспедиции.

Рисунок 2.24 – Шлюпочные учения (Фото В.Соколова)

3 июля 2013 года. В 01.45 в координатах 66º 33´ с.ш. 41º 03´ в.д. прошли Северный полярный круг в северном направлении. На 12.00 пройдено 248 миль. Ветер южный 4 м/с. Море – штиль. Температура +13°С. В 15.10 прошли траверз маяка Канинский, вышли в Баренцево море. В 16.00 к северу от полуострова Канин в 1 миле встали на якорь в районе ручья

Косой. Группа участников экспедиции высадилась на берег для отбора проб снега и песка, изучения почв, выявления видового разнообразия растений, проведения геоботанических описаний и отбора проб надземной фитомассы, геоморфологического описания берега. С борта судна выполнены гидробиологические работы. В 18.40 группа вернулась на борт. Снялись с якоря, продолжили плавание назначением бухта Ременка на южном берегу острова Колгуев.

Рисунок 2.25 – Северный берег полуострова Канин (Фото Ю. Шумиловой)

4 июля 2013 года. В 07.50 зашли в бухту Ременка на южном берегу острова Колгуев. В 10.50 встали на якорь к югу в 3 милях от поселка Бугрино. Участники экспедиции высадились на берег. Произведен отбор проб песка. Заложены площади для определения видового разнообразия растений на единицу площади, проведены геоботанические описания четырех различных растительных сообществ, отобраны образцы для определения надземной фитомассы. Проведены флористические исследования, заложены 2 почвенных разреза, выполнены работы по геоморфологическому описанию берега, выявлению объектов морского географического наследия. С борта судна выполнены гидробиологические работы. На 12.00 пройдено 310 миль. Всего за рейс – 458 миль. Ветер южный 5 м/с. Море – штиль. Температура +16 °С. В 19.00 группа прибыла на борт судна. Снялись с якоря. В 20.10 вышли из бухты Ременка, продолжили плавание назначением полярная станция Белый Нос на северо-западной оконечности полуострова Югорский.

Рисунок 2.26 – Экскурсия на метеоплощадку полярной станции Бугрино (Фото Ю. Шумиловой)

5 июля 2013 года. На 12.00 пройдено 174 мили. Всего за рейс – 632 мили. Ветер северо-западный 8 м/с. Море – 2 балла. Температура +9 °С. В 13.45 в координатах 69º 36´ с.ш. 58º 00´ в.д. в 12-ти милях к северу от острова Матвеев вошли в лед: мелко-крупнобитый, торошенный со следами таяния. Сплоченность 7 – 8 баллов. Видимость 200 – 500 метров. Обнаружены несколько семейств моржей и одиночные тюлени на льдинах. В 16.00 в координатах 69º 34´ с.ш. 59º 24´ в.д. вышли на разводья во льду сплоченностью 2 – 4 балла. Видимость улучшилась до 5 миль. В 17.40 встали на якорь в 2-х милях к северо-западу от мыса Белый Нос. В 18.00 резко ухудшилась видимость до 200 метров, ветер северный 12 м/с. Море – 3 балла. Температура +2 °С. Высадку отложили до улучшения погоды.

6 июля 2013 года. В 08.00 высадка на полярную станцию Белый Нос. Произведен отбор проб снега. Проведены исследования почв, работы по выявлению видового разнообразия растений, проведения геоботанических описаний и отбора проб надземной фитомассы, работы по геоморфологическому описанию берега. С борта судна выполнены

гидробиологические работы. Видимость 1500 – 2000 метров. Море – 3 балла. В 11.00 группа участников экспедиции прибыла на борт судна. Снялись с якоря, продолжили плавание назначением на мыс Болванский Нос на северо-восточной оконечности острова Вайгач. Проследовали проливом Югорский Шар.

На 12.00 пройдено 33 мили. Всего за рейс – 665 миль. В 14.00 вышли из пролива, продолжили плавание в Карском море. В 18.30 встали на якорь в 1 миле к востоку от полярной станции имени Федорова. Группа участников экспедиции высадилась на берег. Два участника экспедиции Филиппов Б.Ю., Зубрий Н.А. убыли с борта в командировку на полярную станцию. Произведен отбор проб снега и морской воды. Проведены исследования по определению видов сосудистых растений, работы по геоморфологическому описанию берега, выявлению объектов морского географического наследия на побережье. С борта судна выполнены гидробиологические работы. В 22.30 группа прибыла на борт судна, снялись с якоря, продолжили плавание назначением Русская гавань на северном острове архипелага Новая Земля. Проследовали проливом Карские ворота.

Рисунок 2.27 – Высадка на мысе Болванский Нос (Фото В. Соколова)

7 июля 2013 года. В 02.30 в координатах 70º 20´ с.ш. 57º 32´ в.д. вышли из пролива Карские ворота, вошли в Баренцево море, продолжили плавание вдоль побережья островов Новая Земля в 12 милях западнее. На 12.00 пройдено 209 миль. Всего за рейс – 874 мили. Ветер юго-восточный 4 м/с. Море – штиль. Температура +9 °С.

8 июля 2013 года. Продолжили следовать вдоль побережья островов Новая Земля назначением Русская гавань. На 12.00 пройдено 264 мили. Всего за рейс – 1138 миль. Ветер юго-восточный 5 м/с. Море – зыбь 3 балла. Температура +5 °С.

Рисунок 2.28 – Новая Земля (Фото В. Соколова)

9 июля 2013 года. В 06.00 вошли в Русскую гавань. В 06.30 встали на якорь в бухте Воронина к северо-востоку от полярной станции Русская гавань в 0.5 мили. В 08.15 группы участников экспедиции убыли на берег для отбора проб снега и льда, талой и морской воды, изучения почв, выявления видового разнообразия растений, проведения геоботанических описаний и отбора проб надземной фитомассы, проведения геоморфологического описания берега, выявления объектов морского географического наследия

на побережье. С борта судна выполнены гидробиологические работы. На 12.00 пройдено 214 миль. Всего за рейс – 1352 мили. Ветер южный 8 м/с. Море – 2 балла. Температура +6 °С. В 12.45 группа вернулась на борт судна, снялись с якоря. В 13.30 вышли из Русской гавани, продолжили плавание назначением мыс Желания. На переходе вдоль побережья наблюдали многочисленные обломки айсбергов. В 16.00 легли в дрейф в 1.5 мили к западу от островов Гольфстрим. Группа участников экспедиции направилась к леднику Легздина для отбора проб льда. В 17.10 в координатах 70º 22´ с.ш. 64º 14´ в.д. видимость ухудшилась до 500 – 1000 метров. Дождь. На море – штиль. Приняли группу на борт, продолжили плавание.

Рисунок 2.29 – Полярная станция Русская Гавань (Фото В. Соколова)

10 июля 2013 года. В полночь подошли к полярной станции Мыс Желания. Встали на якорь в бухте Поспелова к востоку в 1 миле от берега. Два участника экспедиции, студенты САФУ, Терехин В. Д. и Коробицын Д. А. убыли с борта судна в командировку на полярную станцию для установки и запуска в эксплуатацию альтернативной, экологически-чистой энергетической установки: ветрогенератора и комплекса солнечных батарей.

В 03.10 снялись с якоря, пересекли линию разделения Карского и Баренцева морей, продолжили плавание в Карском море назначением остров Визе. В 03.50 в координатах 70º 00´ с.ш. 68º 15´ в.д. приступили к гидрологическим работам в западной части разреза мыс Желания – остров Русский. Разрез проходит по широте 77º, видимость улучшилась до 3 миль, генеральный курс 90º, расстояние 87 миль. Всего на разрезе 11 станций. На 12.00 пройдено 155 миль. Всего за рейс – 1507 миль. Ветер южный 7 м/с. Море – 2 балла. Температура +3°С. В 20.00 в координатах 77º 00´ с.ш. 75º 00´ в.д. закончили работы на разрезе, продолжили плавание назначением остров Визе. В 21.40 в координатах 77º 19´ с.ш. 75º 14´ в.д. начали гидрологические работы на разрезе 77-я широта – остров Визе. Разрез проходит генеральным курсом 10º. Расстояние 126 миль. Всего на разрезе 7 станций.

11 июля 2013 года. В 02.20 в координатах 77º 58´ с.ш. 75º 43´ в.д. вошли в лед, крупные обломки однолетнего льда со следами торошения, сплоченностью 5 – 8 баллов, толщиной до 1.5 метров. Видимость ухудшилась до 1000 метров. Сбавили скорость до малого хода, 4 – 5 узлов. В 06.20 в координатах 78º 16´ с.ш. 75º 58´ в.д. вышли изо льда сплоченностью 5 – 8 баллов. Наблюдаются отдельные льдины. Видимость улучшилась до 7 миль. Ход полный, скорость 11 узлов. На 12.00 пройдено 173 мили. Всего за рейс – 1680 миль. Ветер южный 10 м/с. Море – лед 2 балла. Температура +5°С. В 13.35 в координатах 79º 13´ с.ш. 76º 43´ в.д. закончили работы на разрезе, следуем к острову Визе. Видимость ухудшилась до 200 метров. В 15.30 подошли к полярной станции Визе с юга на расстояние 1.5 мили, легли в дрейф. Наблюдается припайный лед на расстоянии от берега 0.7 – 1.0 мили, туман. Глубина по эхолоту 7.6 метра. Ввиду невозможности высадки по погодным и ледовым условиям продолжили плавание назначением остров Греэм-Белл архипелага Земля Франца-Иосифа. В 22.10 в координатах 80º 20´ с.ш. 74º 30´ в.д. приступили к гидрологическим работам на разрезе Желоб Святой Анны. Разрез проходит по широте 80º 20´, генеральный курс 270º.

Расстояние 101 миля. Всего на разрезе 13 станций. Видимость улучшилась до 1000 метров.

12 июля 2013 года. В 08.00 на меридиане 68º 00´ в.д. пересекли линию разделения Карского и Баренцева морей, продолжили плавание в Баренцевом море. Видимость улучшилась до 7 миль. На 12.00 пройдено 201 миля. Всего за рейс – 1881 миля. Ветер восточный 9 м/с. Море – 3 балла. Температура +1 °С. В 16.20 в координатах 80º 00´ с.ш. 64º 30´ в.д. закончили работы на разрезе, продолжили плавание назначением остров Греэм-Белл. В 21.55 в координатах 81º 01´ с.ш. 62º 59´ в.д. прошли проливом Моргана между островами Земля Вильчека и Греэм-Белл, проследовали в непосредственной близости вдоль берегового припая западной части острова Греэм-Белл. Ширина припая 2 – 3 мили. В 22.00 в координатах 81º 15´ с.ш. 64º 35´ в.д. в расстоянии 4 мили к северу от мыса Аэросъемки острова Греэм-Белл достигли самой северной точки в рейсе. Продолжили плавание назначением остров Хейса.

Рисунок 2.30 – Пик Парнас на острове Винер-Нейштадт
(Фото В. Соколова)

13 июля 2013 года. В 01.00 в координатах 81º 10´ с.ш. 61º 00´ в.д. вошли в пролив Березкина. Генеральный курс 230º. По пути следования встречались многочисленные айсберги, максимальный размер надводной части 50×30×10 метров. В 05.30 подошли к северной оконечности острова Хейса. Встали на якорь в проливе Гидросевер к западу в 0.2 мили от полярной станции имени Кренкеля. В 08.00 группа участников экспедиции высадилась на берег для изучения почв, выявления видового разнообразия растений, проведения геоботанических описаний и отбора проб надземной фитомассы, отбора проб снега, льда и морской воды, выполнения работ по геоморфологическому описанию берега, выявлению объектов морского географического наследия на побережье. С борта судна выполнены гидробиологические работы. В 10.40 группа прибыла на судно, снялись с якоря. Продолжили плавание назначением остров Чамп. 11.00 в координатах 80º 39´ с.ш. 57º 54´ в.д. вошли в пролив Ермака. Генеральный курс 260 градусов. Резко усилился ветер: направление северо-восток, силой до 16 м/с.

Рисунок 2.31 – Полярная станция имени Кренкеля (Фото Ю. Шумиловой)

На 12.00 пройдено 169 миль. Всего за рейс 2050 миль. Ветер северный 14 м/с. Море – 4 балла. Температура 0 °С. В 13.20 в координатах 80º 36´ с.ш. 56º 52´ в.д. легли в дрейф в 0.5 мили к юго-востоку от мыса Триест острова Чамп. Группа участников экспедиции высадилась на берег для изучения почв, выявления видового разнообразия растений, проведения

геоботанических описаний и отбора проб надземной фитомассы, отбора проб снега и льда, талой и морской воды.

Рисунок 2.32 – Экстремальные условия высадки на остров Чамп (Фото В. Соколова)

В 15.20 группа прибыла на борт судна, продолжили плавание назначением мыс Останцовый южной оконечности острова Хейса. В 16.20 в координатах 80º 31´ с.ш. 57º 42´ в.д. легли в дрейф в 0.2 мили от берега для осмотра залежки моржей. В 17.00 продолжили плавание назначением бухта Тихая острова Гукера. Вошли в пролив Маркема. Генеральный курс 285º. В 21.40 в координатах 80º 39´ с.ш. 52º 43´ в.д. вошли в пролив Британский

канал. Генеральный курс 205º. В 24.00 проливом Мелениум вошли в бухту Тихая.

Рисунок 2.33 – Пролив Британский канал (Фото В. Соколова)

14 июля 2013 года. В 01.00 встали на якорь в бухте Тихая в 0.2 мили к юго-востоку от мыса Седова в ожидании улучшения погоды. В 08.40 участники экспедиции высадились на берег для изучения почв, выявления видового разнообразия растений, проведения геоботанических описаний и отбора проб надземной фитомассы, отбора проб снега и льда, выполнения работ по геоморфологическому описанию берега, выявлению объектов морского географического наследия на побережье. С борта судна произведены гидробиологические работы. Ветер ослаб до 8 м/с, в порывах 12 м/с. На 12.00 пройдено 93 мили. Всего за рейс 2143 мили. Ветер северо-восточный 8 м/с. Море – 1 балл. Температура 0 °С. В 15.20 группа вернулась на борт судна. Снялись с якоря, продолжили плавание назначением мыс Флора острова Нордбрука. В 16.00 в координатах 80º 17´ с.ш. 52º 25´ в.д. вошли в пролив Майерса. Генеральный курс 230º. Видимость ухудшилась до

1 мили. В 19.00 в координатах 80º 00´ с.ш. 50º 00´ в.д. легли в дрейф в 0.3 мили к западу от мыса Флора для осмотра установленных здесь памятных знаков. Наблюдали уникальное природное явление: мыс и южный склон сопки ярко освещены солнцем при общей горизонтальной видимости 1 – 1.5 мили. В 20.00 в координатах 79º 56´ с.ш. 50º 00´ в.д. продолжили плавание назначением мыс Тегетхоф острова Галля. Генеральный курс 90º. Вышли в открытую часть Баренцева моря.

Рисунок 2.34 – Мыс Флора (Фото Ю. Шумиловой)

15 июля 2013 года. В 02.00 волнение моря усилилось до 5 баллов. Судно испытывает килевую качку. В 08.00 в координатах 80º 03´ с.ш. 58º 02´ в.д. легли в дрейф к югу в 0.5 мили от мыса Тегетхоф. Ввиду ограниченной видимости около 1 мили, скопления дрейфующих айсбергов отменили плановую высадку на берег. Продолжили плавание назначением остров Сальма. Генеральный курс 180º. На 12.00 пройдено 168 миль. Всего за рейс 2311 миль. Ветер юго-восточный 9 м/с. Море – 4 балла. Температура 0 °С. В 12.30 в координатах 79º 45´ с.ш. 59º 33´ в.д. приступили к гидрологическим

работам на разрезе остров Сальма – мыс Желания. Разрез проходит генеральным курсом 150º. Расстояние 196 миль. Всего на разрезе 16 станций.

16 июля 2013 года. В 03.00 ветер южный в порывах 17 м/с, волнение моря усилилось до 5 баллов. Судно испытывает сильную килевую и бортовую качку. В 07.00 ветер сменился на юго-западный 11 м/с, волнение моря 3 балла, зыбь от юго-востока 4 балла. На 12.00 пройдено 186 миль. Всего за рейс 2329 миль. Ветер юго-западный 6 м/с. Море – зыбь 4 балла. Температура +3 °С. В 13.20 координатах 77º 10´ с.ш. 68º 00´ в.д. пересекли линию разделения Баренцева и Карского морей. Вышли в Карское море. В 15.20 в координатах 76º 59´ с.ш. 68º 24´ в.д. закончили работы на разрезе. Продолжили плавание назначением Ледяная гавань. Следуем вдоль береговой линии переменными курсами на расстоянии 5 – 8 миль. В 20.15 вошли в Ледяную гавань, согласно описанию в Лоции Карского моря бухта промерами не обследована, навигационная карта бухты отсутствует. Следуем самым малым ходом. Обсервации по радиолокатору с контролем глубины по эхолоту. 21.10 в координатах 76º 17´ с.ш. 68º 16´ в.д. встали на якорь к востоку в 1.2 мили от берега. Группа участников экспедиции высадилась на берег для отбора проб снега, талой и морской воды, для изучения почв, выявления видового разнообразия растений, проведения геоботанических описаний и отбора проб надземной фитомассы, выполнения работ по геоморфологическому описанию берега, выявлению объектов морского географического наследия на побережье.

17 июля 2013 года. В 04.00 группа прибыла на борт судна. Снялись с якоря, продолжили плавание назначением мыс Желания. В 09.30 в координатах 76º 57´ с.ш. 68º 34´ в.д. встали на якорь в бухте Поспелова, в 1 миле к востоку от берега. В связи со штормом высадку на берег перенесли до улучшения погоды. Ветер юго-западный 14 м/с, в порывах 17 м/с. Судно дрейфует на якоре, периодически меняем место якорной стоянки. На 12.00 пройдено 136 миль. Всего за рейс 2465 миль. Ветер юго-западный 12 м/с. Море – 3 балла. Температура +4 °С.

Рисунок 2.35 – Памятный крест и гранитная плита на месте зимовки В. Баренца в Ледяной гавани в 1597 году (Фото П. Бахарева)

В 13.50 участники экспедиции высадились на берег для отбора проб снега, талой и морской воды, для изучения почв, выявления видового разнообразия растений, проведения геоботанических описаний и отбора проб надземной фитомассы, выполнения работ по геоморфологическому описанию берега, выявлению объектов морского географического наследия на побережье. В 20.20 группа вернулась на борт судна. Два студента САФУ Терехин В. Д. и Коробицын Д. А. прибыли на борт из командировки на полярную станцию. Снялись с якоря. Продолжили плавание назначением полуостров Литке архипелага Новая Земля. Следуем вдоль берега в

расстоянии 2 – 3 мили средним ходом. Выполняются работы по геоморфологическому описанию берегов. В 21.40 в координатах 77º 01´ с.ш. 68º 00´ в.д. пересекли линию разделении Карского и Баренцева морей. Вышли в Баренцево море. В 22.30 в координатах 77º 01´ с.ш. 67º 50´ в.д. дали полный ход. Генеральный курс 250º.

Рисунок 2.36 – Побережье мыса Желания (Фото Ю. Шумиловой)

18 июля 2013 года. В 09.05 в координатах 76º 23´ с.ш. 61º 19´ в.д. приступили к гидрологическим работам на разрезе полуостров Литке – остров Нордбрука. Разрез проходит генеральным курсом 325º. Расстояние 229 миль. Всего на разрезе 18 станций. На 12.00 пройдено 167 миль. Всего за рейс 2632 мили. Ветер северо-восточный 3 м/с. Море – 1 балл. Температура +3 °С. Приступили к гидрологическим работам на разрезе полуостров Литке – остров Нордбрука.

19 июля 2013 года. Продолжаем работы на разрезе полуостров Литке – остров Нордбрука. На 12.00 пройдено 196 миль. Всего за рейс 2818 миль. Ветер северный 3 м/с. Море – штиль. Температура +5 °С. В 16.00 в координатах 79º 42´ с.ш. 50º 58´ в.д. Закончили работы на разрезе. Приступили к гидрологическим работам на разрезе остров Нордбрука – банка Ушакова. Разрез проходит генеральным курсом 245º. Расстояние 56 миль. Всего на разрезе 4 станции. В 23.20 в координатах 79º 18´ с.ш. 46º 28´

в.д. закончили работы на разрезе. Продолжили плавание назначением на банку Персея. Генеральный курс 205º.

20 июля 2013 года. В 05.00 ветер северо-восточный 12 м/с. Волнение моря усилилось до 4 баллов. Судно испытывает бортовую качку. В 08.00 в координатах 78º 02´ с.ш. 43º 23´ в.д. начали штормование. Генеральный курс 120º. Дали малый ход. Скорость – 4 узла. Ветер восточный 15 м/с. Море – 5 баллов. На 12.00 пройдено 199 миль. Всего за рейс 3017 миль. Ветер восточный 14 м/с. Море – 5 баллов. Температура +3 °С. В 16.00 в координатах 77º 18´ с.ш. 41º 38´ в.д. закончили штормование. Генеральный курс 205º. В 19.00 в координатах 76º 54´ с.ш. 40º 44´ в.д. приступили к работам на разрезе банка Персея. Разрез проходит генеральным курсом 180º. Расстояние 92 мили. Всего на разрезе 7 станций.

Рисунок 2.37 – Шторм в Баренцевом море (Фото В. Соколова)

21 июля 2013 года. В 01.20 в координатах 76º 10´ с.ш. 40º 44´ в.д. начали штормование. Генеральный курс 180º. Дали малый ход. Скорость – 4

узла. Ветер южный 15 м/с. Море – 5 баллов. Судно испытывает килевую качку. В 08.00 закончили штормование. Ветер южный 12 м/с. Море – 4 балла. В 10.15 в координатах 75º 25′ с.ш. 40º 43′ в.д. закончили работы на разрезе. Продолжили плавание назначением Белое море, остров Моржовец. На 12.00 пройдено 176 миль. Всего за рейс 3193 мили. Ветер южный 5 м/с. Море – зыбь 4 балла. Температура +6 °С.

22 июля 2013 года. На 12.00 пройдено 235 миль. Всего за рейс 3428 миль. Ветер южный 4 м/с. Море – 1 балл. Температура +9 °С. В 12.45 в координатах 71º 36′ с.ш. 45º 03′ в.д. вошли в полосу тумана. Видимость 300 – 500 метров. Дали малый ход, подаем туманные сигналы. В 20.00 в координатах 70º 21′ с.ш. 45º 04′ в.д. видимость улучшилась до 5 миль. Следуем полным ходом.

23 июля 2013 года. На 12.00 пройдено 198 миль. Всего за рейс 3616 миль. Ветер северо-восточный 10 м/с. Море – 3 балла. Температура +11 °С. В координатах 68º 37′ с.ш. 42º 43′ в.д. пересекли линию разделения Баренцева и Белого морей. Вошли в Белое море.

24 июля 2013 года. В 02.55 в координатах 66º 33′ с.ш. 40º 56′ в.д. пересекли Северный полярный круг в южном направлении. Отменили плановую высадку на остров Моржовец ввиду штормовой погоды. Ветер северо-восточный 15 м/с. Море – 4 балла. Продолжили плавание назначением Двинский залив для выполнения гидрологических работ. На 12.00 пройдено 65 миль. Всего за рейс 3876 миль. Ветер северо-восточный 10 м/с. Море – 2 балла. Температура +11 °С. В 14.15 в координатах 64º 44′ с.ш. 39º 24′ в.д. приступили к гидрологическим работам в районе подходного фарватера порта Северодвинск. Всего 11 станций отбора проб. В 20.10 закончили гидрологические работы в районе порта Северодвинск. Продолжили плавание назначением мыс Керец Двинского залива. В 23.40 в координатах 65º 14′ с.ш. 39º 49′ в.д. к югу в 5 милях от мыса Керец Зимнего берега встали на якорь в ожидании светлого времени суток.

25 июля 2013 года. В 08.30 группа участников экспедиции высадилась

на Зимний берег Двинского залива для изучения почв, выявления видового разнообразия растений, проведения геоботанических описаний и отбора проб надземной фитомассы. В 11.20 группа прибыла на борт судна, снялись с якоря. Продолжили плавание назначением мыс Керец для производства гидрологических работ на разрезе мыс Керец – Унская губа – устье реки Северная Двина. На 12.00 пройдено 118 миль. Всего за рейс 3994 мили. Ветер северный 7 м/с. Море – 1 балл. Температура +11 °С. В 12.40 в координатах 65º 20′ с.ш. 39º 30′ в.д. приступили к гидрологическим работам на разрезе мыс Керец – Унская губа – устье реки Северная Двина. Расстояние 106 миль. Всего на разрезе 7 станций.

26 июля 2013 года. В 01.50 закончили гидрологические работы в 0.5 мили к западу от приемного буя порта Архангельск. На борт прибыл лоцман, следуем в порт. В 06.30 ошвартовались у причала № 150 Морского и речного вокзала.

Рисунок 2.38 – Возвращение экспедиции в Архангельск (Фото В. Соколова)

Закончился второй в 2013 году рейс «Арктического плавучего

университета» на борту научно-исследовательского судна «Профессор Молчанов». За 25 суток экспедиция прошла 4150 миль по Белому, Баренцеву и Карскому морям. В ледовых условиях экспедицией пройдено 200 миль. Участниками экспедиции было выполнено 10 высадок на необорудованный берег 6 арктических островов (Колгуев, Вайгач, Северный (архипелаг Новая Земля), Хейса, Гукера и Чамп (архипелаг Земля Франца Иосифа)), полуостровов Канин и Югорский. Участники экспедиции выполнили гидрологические работы на 8 стандартных гидрологических разрезах, обработали 94 станции.

За время плавания экипаж и экспедиция трое суток трудились в условиях шторма силой 5 баллов. Волнение моря в 4 балла считалось рабочим режимом рейса. На десятый день рейса судном «Профессор Молчанов» была достигнута самая крайняя северо-восточная точка маршрута экспедиции в Карском море у острова Визе – 79° 34′ с. ш. 76° 55′ в. д. В этом рейсе была покорена рекордно высокая для «Арктического плавучего университета» параллель 81° 15′ с.ш. у острова Греэм-Белл архипелага Земля Франца-Иосифа.

3. Сейсмологические исследования на архипелаге Шпицберген

А.Н. Морозов

Свальбардская континентальная окраина, включающая шельф, континентальный склон и островную сушу архипелага Шпицберген, является северо-западным фрагментом более крупной структурно-тектонической зоны – Баренцевоморской континентальной окраины (Хуторской и др., 2009). В непосредственной близости от архипелага Шпицберген проходит Срединно-Арктическая сейсмоактивная зона. Ближайшие эпицентры землетрясений хребта Книповича и Шпицбергенской зоны разломов отмечены на расстояниях не более 25-30 км к западу от архипелага (Аветисов, 1996). Проведение исследований этой области может дать важный материал для понимания ряда структурно-тектонических вопросов взаимодействия континентальной и океанической литосферы.

Сейсмические исследования архипелага важны как инструмент, с помощью которого можно получить количественные данные, расширяющие наши представления о тектонических процессах зоны перехода континент-океан; о параметрах слабой сейсмичности в известных сейсмоактивных зонах; о динамике процессов деструкции ледовых покровов архипелага.

3.1. Цель и задачи исследования

Целью проводимых исследований являлся анализ существующего микросейсмического фона и слабой сейсмичности архипелага Шпицберген. Изучение слабой сейсмичности (локальные землетрясения, льдотрясения и пр.) предполагало вычисление их кинематических и

динамических параметров и анализ особенностей волновых форм. В частности, необходимо было решить следующие задачи:

1. измерить уровень микросейсмического фона в местах швартовки судна с помощью установки временной сейсмической станции;
2. изучить по записям сейсмической станции проявление слабой сейсмичности архипелага и вычислить их кинематические и динамические параметров.

3.2. Методы и аппаратное обеспечение исследований

3.2.1. Методы исследований

Известно, что поверхность Земли непрерывно испытывает упругие колебания или микросейсмы как естественного, так и техногенного происхождения. По частотному составу, интенсивности микросейсмы подразделяют на три типа (Кедров О.К., 2005):

I тип обусловлен источниками естественного происхождения. К таковым относятся мощные циклоны в океанах, которые порождают сейсмические колебания, по форме близкие к синусоидальным, с периодами 3-9 с и амплитудой в несколько микрон. Их энергетический вклад в спектре микросейсмического фона может достигать 20-30%.

II тип обусловлен локальными источниками как естественного, так и техногенного происхождения (морской прибой, удары воздушных масс (ветер) о неровную поверхность Земли, работа промышленных предприятий и транспорта и т.п.), амплитуды которых могут достигать больших величин, а периоды изменяются незначительно. Интенсивность микросейсм этого типа довольно быстро убывает с расстоянием от источника, а амплитуда может изменяться в зависимости от грунтовых условий в 1000 раз.

Выделяют также микросейсмы III типа с сильно различающимися периодами, представляющие собой наложение колебаний от различных источников. Источники микросейсмического фона также подразделяют на эндогенные и экзогенные.

Наиболее объективной характеристикой микросейсмического фона на той или иной станции является его спектр. Для получения устойчивой оценки среднего спектра, характеризующего условия регистрации сейсмических колебаний в интересующий промежуток времени, например, днем или ночью, или в тот или иной сезон года, анализу подвергается представительный интервал записи. Этот интервал должен быть тем больше, чем больше период исследуемых микросейсм.

Для получения представительной оценки спектра для данного момента регистрации достаточно проанализировать 60-минутный интервал шумов, а предварительную оценку спектра делать в 10-минутном окне с перекрытием. Всего на 60-минутном интервале будет получено 60 таких оценок и их осреднение позволяет получить окончательную оценку спектра и стандартные отклонения на заданном уровне доверия.

3.2.2. Аппаратное обеспечение

Регистрация микросейсмического фона осуществлялась с помощью широкополосной сейсмической аппаратурой CMG-40TDE, производства фирмы Guralp Ltd. Анализа микросейсмического фона производился на фильтрованной записи в частотном диапазоне от 0.2 Гц до 25 Гц. Это вынужденная мера, связанная с особенностями эксплуатации широкополосной аппаратуры в полевых условиях. А именно, широкополосная аппаратура должны «выстаиваться» в течение нескольких суток в точке наблюдения для полноценного анализа динамических

характеристик сейсмической записи. Параметры станций представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Параметры аппаратуры сейсмической станции CMG-40TDE

Тип аппаратуры	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса, отч/с	Разрядность АЦП
CMG-40TDE	BH(N,Z,E)	0.01–100	50	16

В рамках экспедиции «Арктический Плавучий университет – 2013» на научно-исследовательском судне «Профессор Молчанов» инструментальные сейсмические наблюдения на архипелаге Шпицберген производились с 12 по 14 июня 2013 года в точках на территории поселков Баренцбург, Ню-Олесунн и города Лонгйир (рис. 3.1).

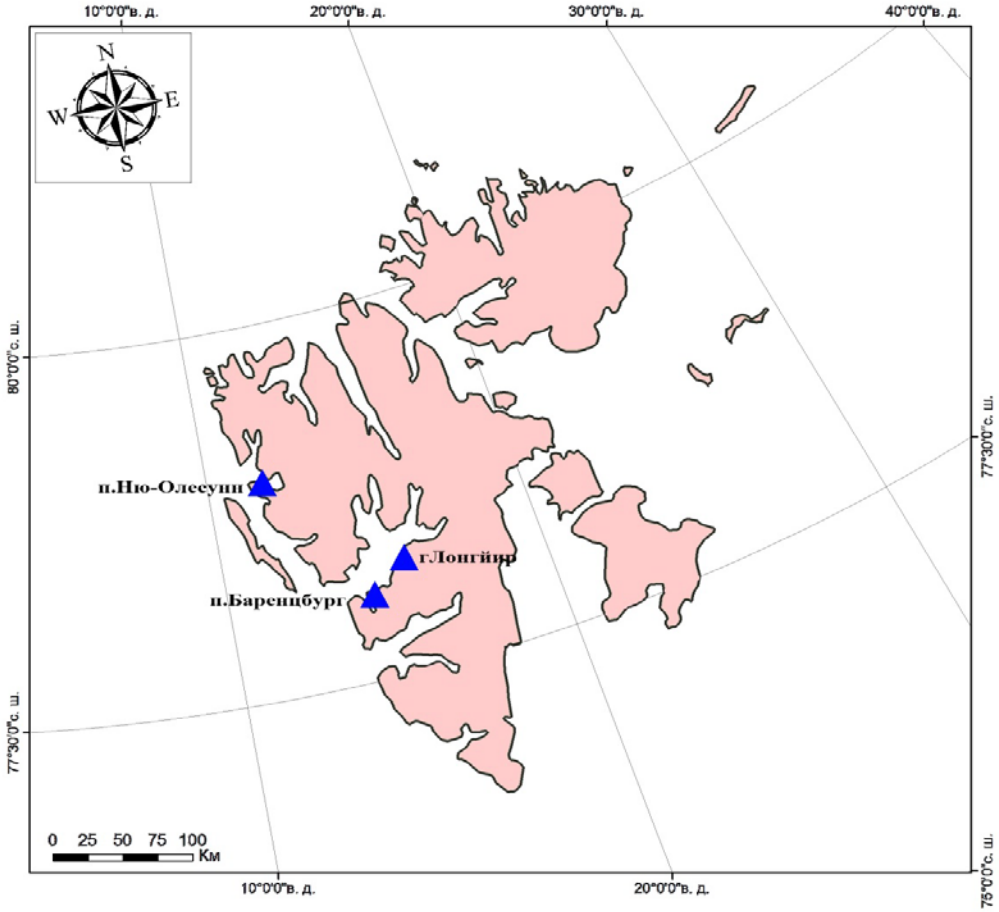


Рисунок 3.1 – Карта с обозначением пункта временных инструментальных сейсмических наблюдений на архипелаге Шпицберген

3.3. Анализ данных

3.3.1. Геологическое строение архипелага Шпицберген

Наиболее полное обобщение результатов работ зарубежных и российский геологов по архипелагу Шпицберген приведено в работе (Наука на Шпицбергене…, 2009). Геологическое строение архипелага на данный момент представляется следующим образом.

Шпицберген является крайним северо-западным выступом материковых структур Евразии. Этот блок отличается разнообразием и широким возрастным диапазоном геологических формаций. В геологическом строении архипелага и прилегающего шельфа принимают участие в разной степени метаморфизованные вулканогенноосадочные и интрузивные комплексы докембрия и нижнего палеозоя, мезозоя, и палеогена, вмещающие позднемезозойскую трапповую формацию, а также полифациальные образования четвертичного возраста.

На Шпицбергене традиционно выделяются три главных структурно-формационных комплекса (этажа), типичных для молодых подвижных платформ и эпиплатформенных орогенных областей. Нижний этаж представляет складчатый фундамент платформы, окончательно сформировавшейся в результате каледонского тектогенеза; средний, или промежуточный, этаж сложен мощным орогенным комплексом наложенных впадин девонского возраста; верхний этаж – гетерогенный осадочный чехол молодой платформы, разрез которого венчается комплексом четвертичных осадков.

В пределах фундамента Шпицбергенского архипелага выделяют три главных литотектонических блока: юго-западное побережье, северо-западный район Шпицбергена и северо-восток архипелага. Эти крупные блоки различаются типом разрезов, интенсивностью и характером

процессов магматизма и метаморфизма, стилем структурных дислокаций и геохронологическими характеристиками.

Тектоническая история архипелага на основании обобщения ряда отечественных и зарубежных исследователей описана в работе (Аветисов, 1996). В частности, в работе отмечается, что в девоне в процессе последующего постгеосинклинального орогенного периода произошли интенсивные разнонаправленные глыбовые движения, омолодившие крупные разломы, заложенные на геосинклинальном этапе развития. Одновременно с этим сформировались наложенные грабенообразные впадины, также унаследовавшие простирание каледонских структур. Самый крупный девонский грабен расположен на о. Западный Шпицберген севернее Ис-фиорда между зонами разломов Билле-фиорда и Бок-фиорда.

В окончательном формировании современной структуры архипелага вторым по значимости событием после каледонской складчатости и этапа девонского орогенеза, сопровождавшихся длительным относительно стабильным платформенным периодом, явились начавшиеся в среднем палеогене, одновременно с началом раскрытия Норвежско-Гренландского бассейна и Евразийского суббассейна, и продолжавшиеся в течение всего позднекайнозойского этапа интенсивные дифференцированные движения, приведшие к оживлению разломов древнего заложения и формированию новых ослабленных зон. В месте своего максимального проявления эти движения привели к формированию орогенного пояса, прослеживаемого вдоль западного побережья о. Западный Шпицберген, а также системы глубоко врезанных в сушу фиордов субширотного простирания.

Результатом всей истории тектонического развития Шпицбергена явился его современный структурный план, характеризующийся

отчетливым блоковым строением, четким выражением линейности основных структур и системами узких фиордов.

3.3.2. История инструментальных сейсмологических исследований

Наиболее полный обзор истории развития инструментальных наблюдений на арктических и субарктических территориях изложен в работе (Аветисов, 1996). На основе этой работы опишем историю развития наблюдений на архипелаге Шпицберген.

Первые инструментальные наблюдения на Шпицбергене были произведены в 1911-1912 гг. в течение 7 месяцев. Было зарегистрировала 6 довольно значительных землетрясений, впервые показавших повышенную сейсмичность архипелага. Однако, первая стационарная сейсмическая станция (Isfjord) была установлена лишь в 1958 году и функционировала до 1972 года. Впоследствии, в 1967 году открыта станция Kingsbay, а в районе ощутимого землетрясения от 18 января 1976 года в 1977 году открыта станция Edge Oya. А в 1984 году была введена в эксплуатацию станция Hornsund. Усилиями Кольского филиала РАН организованы станции Баренцбург в 1982 году и Пирамида в 1984 году, которая, однако, была закрыты в 90-х годах.

В 1994 году на архипелаге была установлена сейсмическая группа SPI сейсмологического агентства NORSAR. Группа состоит из 24 вертикальных датчиков, расположенных по окружности радиусом до 1.5 км, и одной трехкомпонентной станции, расположенной в центре. Группирование сейсмических датчиков применятся как метод повышения отношения сигнал/шум, что дает возможность регистрировать слабые сейсмические события. На примере группы NORESS, которая является однотипной группе SPI, показано, что на расстояниях до 2-3 тыс. км в

автоматическом режиме регистрируются сейсмические события с Ml=2.5-2.7 (Кедров, 2002).

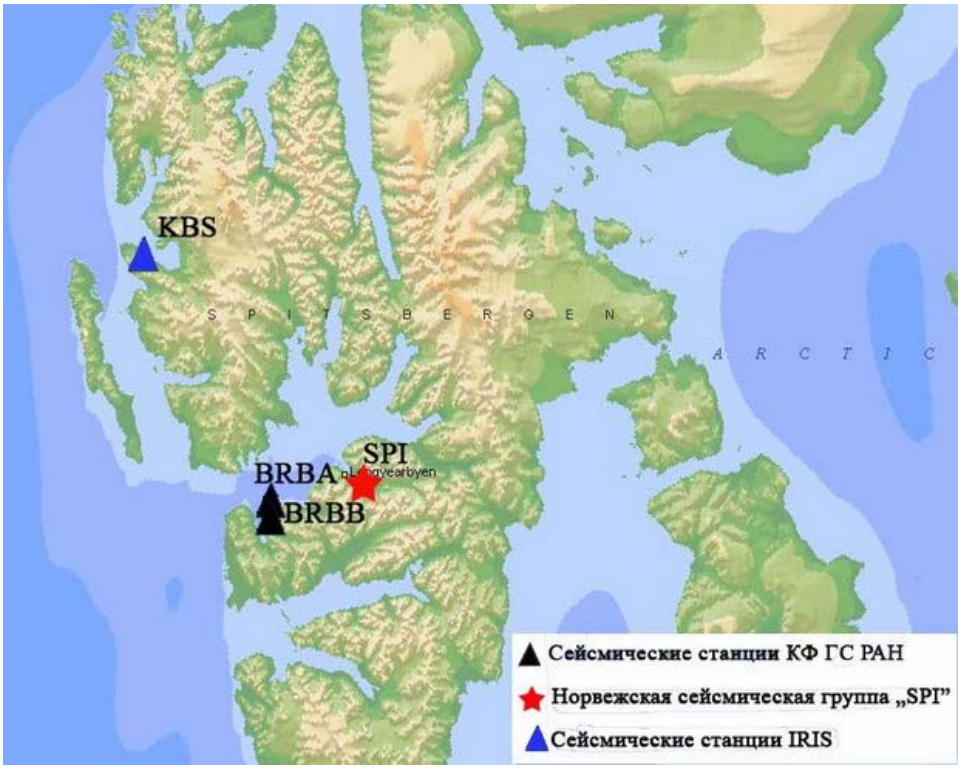


Рисунок 3.2 – Сейсмические станции на архипелаге Шпицберген (Электронный ресурс: www.krsc.ru)

К настоящему времени на архипелаге Шпицберген продолжает функционировать сейсмическая станция Kingsbay (KBS), входящая в сеть IRIS, сейсмическая группа SPI и две сейсмостанции Кольского филиала Геофизической службы РАН BRBA и BRBB (рис. 3.2).

В целом, можно констатировать, что для регистрации землетрясений из районов хребта Книповича, Шпицбергенской зоны разломов и сейсмоактивной зоны у западного берега залива Стур-Фиорд существующих станций достаточно. Однако, для регистрации слабой сейсмичности из сейсмоактивной зоны на о. Северо-Восточная Земля и района континентального склона восточнее архипелага существующих станций недостаточно.

3.3.3. Современные представления о сейсмичности архипелага

Сейсмичность архипелага Шпицберген активно изучается российскими и зарубежными исследователями. Обзор работ по сейсмологическим исследованиям архипелагу до 90-х годов подробно рассмотрен в работах (Панасенко и др. 1987, Ассиновская, 1994; Аветисов, 1996).

В частности, в работе (Аветисов, 1996) отмечается, что первая информация о сейсмичности Шпицбергена и прилегающих к нему районов была получена практически с самого начала инструментальных наблюдений над арктическими наблюдениями. В пределах архипелага даже по телесейсмическим данным были очевидны две локализованные сейсмоактивные зоны: в районе Земли Геера на западном берегу пролива Стур-Фиорд и на острове Северо-Восточная Земля (рис. 3.2).

Эпицентральная зона Земли Геера имеет явно выраженное широтное простирание длиной 35 км и шириной 15 км, протягивающейся в залив Стур-Фиорд. Именно здесь произошли наиболее сильные землетрясения: 18.01.1976 г. с $M_{LH\ ECCH} = 6.3$; 04.07.2003 с M = 5.1; 21.02.2008 с M = 5.9

На Северо-Восточной Земле анализа по телесейсмическим землетрясениям и экспедиционным наблюдениям (Mitchel B.J. et al, 1990) позволил выделить два основных сгущения эпицентров, имеющих северо-западное-западное простирание, совпадающее с простиранием закартированных здесь геологами разломов, и отстоящих друг от друга на 15 км.

Информация о глубинах шпицбергенских землетрясений до настоящего времени приблизительна и противоречива. Согласно последним представлениям скорее всего землетрясения Шпицбергена являются поверхностными (не глубже 10-15 км).

В работе (Ассиновская, 1994) указывается ещё две сейсмоактивные зоны, в которых регистрировались слабые землетрясения. Это сейсмоактивная зона, совпадающая в плане с орогеном Западного Шпицбергена, а точнее с Западной Граничной зоной разломов и зона на южной границе блока, заключенного между Ис-фиордом и Ван-Мейен-фиордом. Однако согласно работе (Баранов, Виноградов, 2011), слабая сейсмичность архипелага, в большей своей части, вызвана движением ледников в летние периоды года. Поэтому, скорее всего, слабые землетрясения в зонах, определенных Б.А. Асиновской, имеют нетектоническую природу.

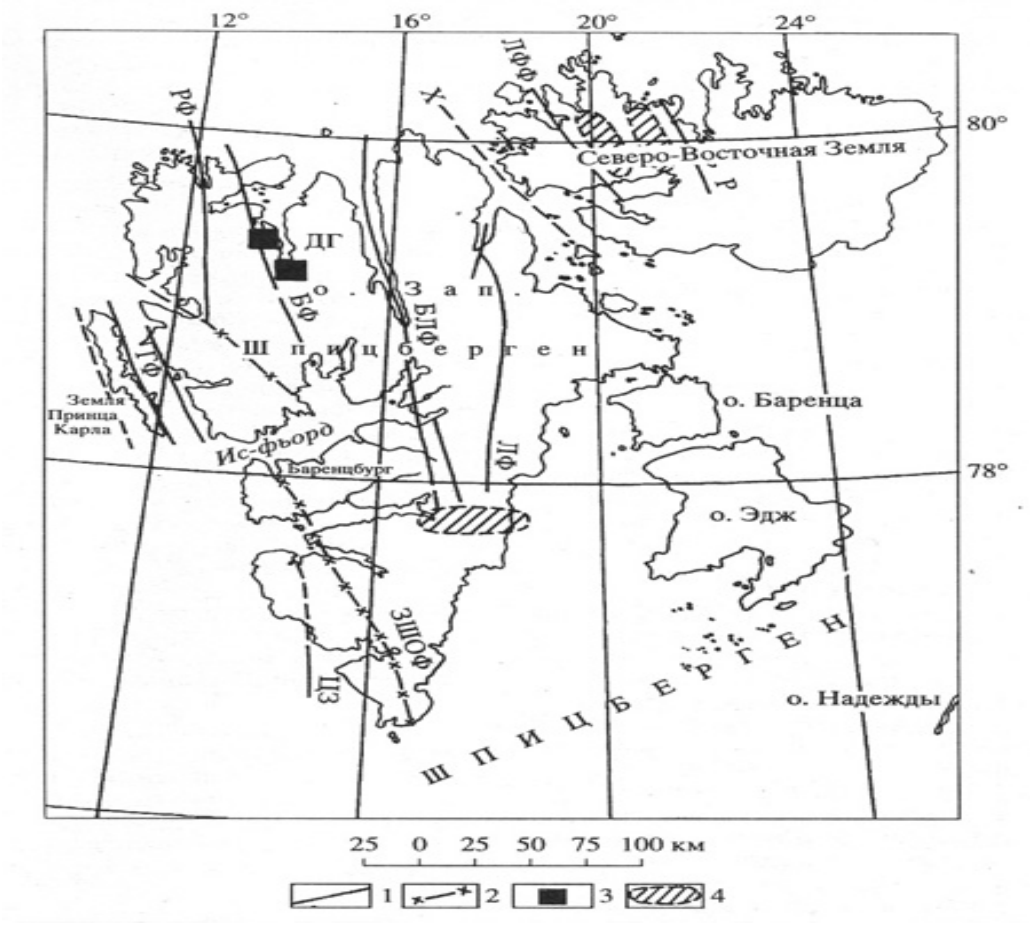


Рисунок 3.3 – Схема главных разломов и сейсмоактивных зон Шпицбергена (Аветисов, 1996): 1 - разломы и их продолжение под осадочным чехлом; 2 - граница Западно-Шпицбергенского орогенного фронта; 3 - современные вулканы и сопутствующие им термальные источники; 4 - зоны сейсмической активности. БЛФ - разлом Билле-

фиорд; БФ - разлом Бок-фиорд; ГФ - грабен Форлансуннет; ДГ - девонский грабен; ЗШОФ - Западно-Шпицбергенский орогенный фронт; ЛФ - разлом Лум-фиорд; ЛФФ - разлом Леди Франклин-фиорд; Р - разлом Рипдален; ЦЗ - разлом Центрально-Западный; Х - разлом Хинлопен

В последние годы сейсмичность архипелага Шпицберген активно изучается сотрудниками Кольского филиала ГС РАН (Электронный ресурс: www.krsc.ru). С помощью современных сейсмоакустических комплексов изучается сейсмический режим основных сейсмоактивных зон, техногенная сейсмичность, слабая сейсмичность, вызванная движениями ледников, афтершоковые процессы в заливе Стур-фиорд и др..

3.3.4. Сейсмологические исследования в районе п. Баренцбург

В п. Баренцбург регистрация микросейсмического фона велась с 16:40:00 (GMT) в течение 50 минут в точке с координатами 78°55.758’с.ш. и 11°52.599’ в.д. Место установки характеризуется преобладанием выветренных рыхлых осадочных пород с величиной угловатых обломков > 100 мм (рис. 6.4). Негативными факторами, которые могли повлиять на качество записи: - отсутствие возможности установить сейсмическую аппаратуру в месте выхода плотных коренных пород; - сильный порывистый вечер с залива; - наличие около пункта регистрации большого количества разных по размеру ручьев, по которым талая вода попадает в залив. Стационарными сейсмическими станциями BRBA и BRBB, установленными на территории п. Баренцбург, помимо землетрясений из ближайшей сейсмогенной зоны в заливе Стур-Фиорд, периодически регистрируются вблизи поселка наведенную сейсмичность, обусловленную деятельностью рудника «Баренцбург» (*б*Виноградов и др., 2011). Регистрируется также большое количество сейсмических событий,

источниками которых являются пульсирующие ледники Эсмарка и Нансена (Виноградов и др., 2011).

Рисунок 3.4 – Место установки сейсмической станции в п. Баренцбург на архипелаге Шпицберген

Периодически на архипелагах в Арктике регистрируются ледниковые крипы, связанные с подвижками ледников, либо с отколом края ледника и сопровождающихся ударом отколовшегося блока о дно. Такие микроколебания довольно распространены в Арктике и регистрируются сейсмическими станциями ежедневно, порой до нескольких десятков событий в сутки (Аветисов Г.П., 1996; Антоновская Г.Н. и др., 2011; *а*Виноградов Ю.А. и др., 2011).

Однако за период времени регистрации 50 минут временной станцией не было зарегистрировано ни одного локального сейсмического события. Отсутствовали на записях и сейсмические события на региональных и телесейсмических расстояниях. Поэтому оценить характер волновых форм и вычислить кинематические и динамические параметры телесейсмических, региональных и локальных сейсмических событий не представляется возможным. Но для анализа параметров

микросейсмического фона в точке установки станции указанного периода времени вполне достаточно.

В спектре тихого участка записи преобладают высокие значения амплитуд в низкочастотной части спектра и меньшие на порядок значения амплитуд в высокочастотной (рис. 3.5). Высокие амплитуды колебаний в низкочастотной части спектра являются характерной особенностью для прибрежных и островных территорий. В нашем случае высокие амплитуды могут также объясняться тем фактом, что сейсмическая станция не «выстаивалась» в точке наблюдения.

Высокочастотная часть спектра характеризуется равномерным распределением амплитуд колебаний с частотой за исключением диапазона частот от 10 до 17 Гц. В этом диапазоне амплитуды колебаний заметно увеличиваются для каналов регистрации Z и E. Одной из возможных причин это антропогенной деятельность на территории поселка.

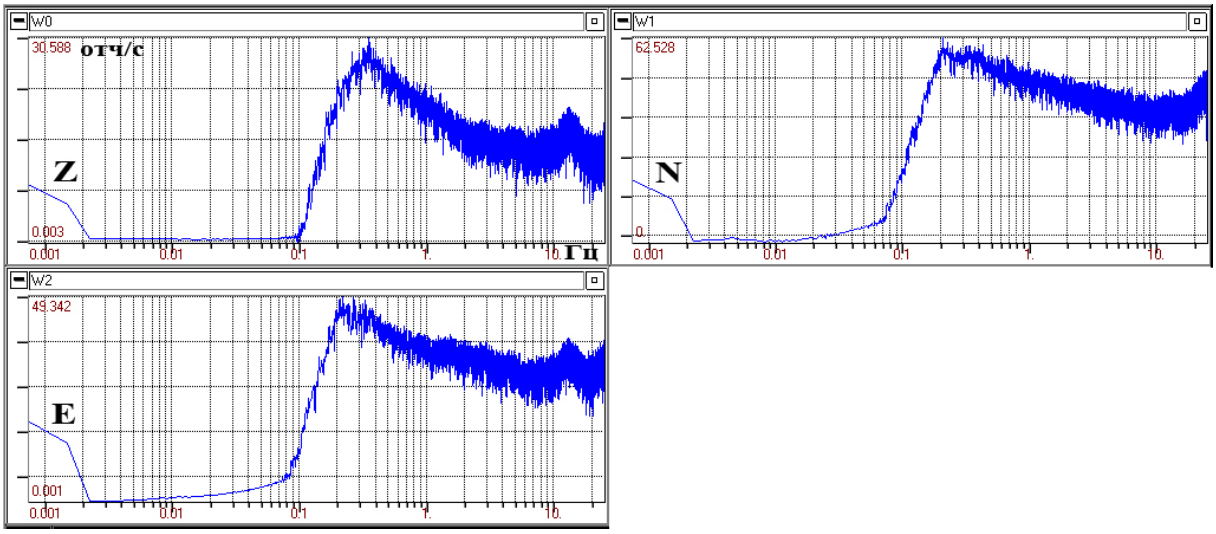


Рисунок 3.5 – Амплитудный спектр микросейсмического фона в точке регистрации в п. Баренцбург

3.3.5. Сейсмологические исследования в районе г. Лонгйир

В г. Лонгйире сейсмическая станция была установлена 13.06.2013 г. в точке с координатами 78°13.315’с.ш. и 15°37.679’ в.д. (рис. 3.3) Место установки, подобно в п. Баренцбурге, характеризуется преобладанием выветренных рыхлых осадочных пород с величиной угловатых обломков >100 мм (рис. 6.6). Регистрация микросейсмического фона велась в течение 13 часов в период времени с 00:17:00 по 13:50:00 (GMT). Негативными факторами, которые могли повлиять на качество записи: отсутствие возможности установить сейсмическую аппаратуру в месте выхода плотных коренных пород и порывистый вечер с залива.

Рисунок 3.6 – Место установки сейсмической станции в г. Лонгйире на архипелаге Шпицберген

На территории г. Лонгйир сейсмическая группа SPI и станции BRBA и BRBB периодически регистрируют колебания от землетрясений в сейсмогенной зоне Стур-Фиорд, находящейся на расстоянии 80 км от города, предположительно техногенные землетрясения и большое

количество событий, вызванных ледотрясениями и скалыванием ледников (Виноградов и др., 2011).

Отсутствие подходящих геологических условий для установки временной сейсмической станции не могло ни сказаться на информативности полученных данных. Согласно каталогу Геофизической службы РАН (Электронный ресурс: http://www.ceme.gsras.ru/) за период регистрации станции произошло несколько землетрясений на телесейсмических расстояниях от пункта регистрации, включая землетрясение в Северной Атлантике (13.06.2013; 10:08:46; 58.45°/-32.05°; M=4.7) на расстоянии около 2500 км. Однако станция не зарегистрировала колебания от указанных землетрясений.

Тоже относится и к землетрясениям на локальных и региональных расстояниях. Сравнение записи временной станции с записями норвежских станций KBS и SPIT показало, что не было зарегистрировано несколько довольно сильных землетрясений из сейсмогенной зоны в заливе Стур-Фиорд и хребта Книповича. Были лишь зарегистрированы колебания с низким отношением «сигнал/шум» от одного из сильных землетрясений, которое произошло 13.06.2013 06:19:30 ч. в заливе Стур-Фиорд (рис. 3.7). Поэтому оценить характер волновых форм телесейсмических, региональных и локальных сейсмических событий не представляется возможным.

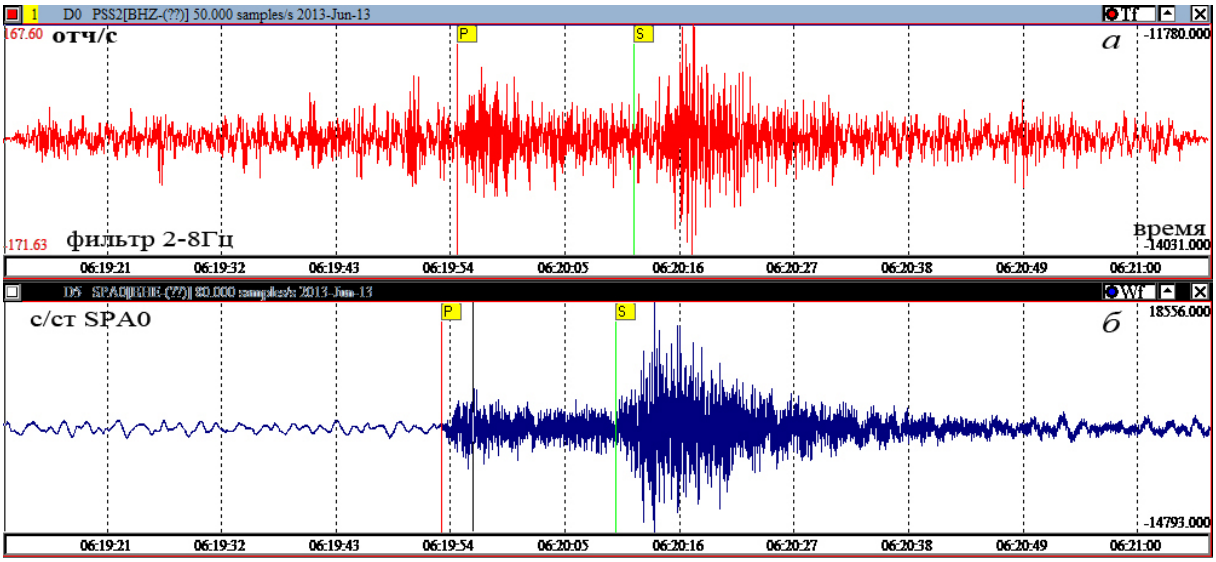


Рисунок 3.7 – Вид волновых форм землетрясения 13.06.2013 06:19:30 ч. в заливе Стур-фьиорд: *а* – по записям временной сейсмической станции; *б* – по записям центральной станции SPA0 сейсмической группы SPI

Амплитудный спектр микросейсмического фона тихого участка записи характеризуется высокими значениями амплитуд в низкочастотной части спектра, основные причины таких значений амплитуд указывались выше, и меньшие на порядок значения амплитуд в высокочастотной (рис. 3.8). При этом высокочастотный участок спектра характеризуется неравномерным распределением амплитуд по частоте. Присутствуют диапазоны частот, в которых амплитуды увеличиваются, а также отдельные линейные пики, характерные для работающих промышленных агрегатов. Подобное распределение амплитуд колебаний в высокочастотной части спектра характерно точек вблизи населенных пунктов с большим количеством экзогенных источников.

Длительный период работы временной сейсмической станции позволил сравнить суточные вариации амплитудного спектра микросейсмического фона. На рисунке 6.9 построен спектр записи Z-канала тихого участка записи в ночное и дневное время. В дневное время

суток увеличиваются амплитуды колебаний в высокочастотной части спектра, что также характерно для населенных пунктов.

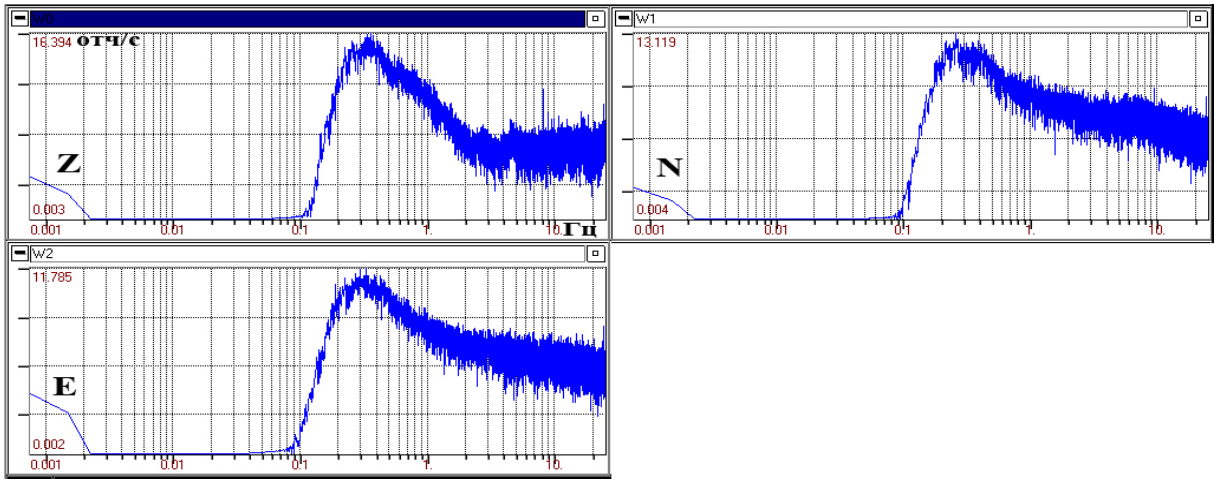


Рисунок 3.8 –Амплитудный спектр микросейсмического фона в точке регистрации в г. Лонгйир

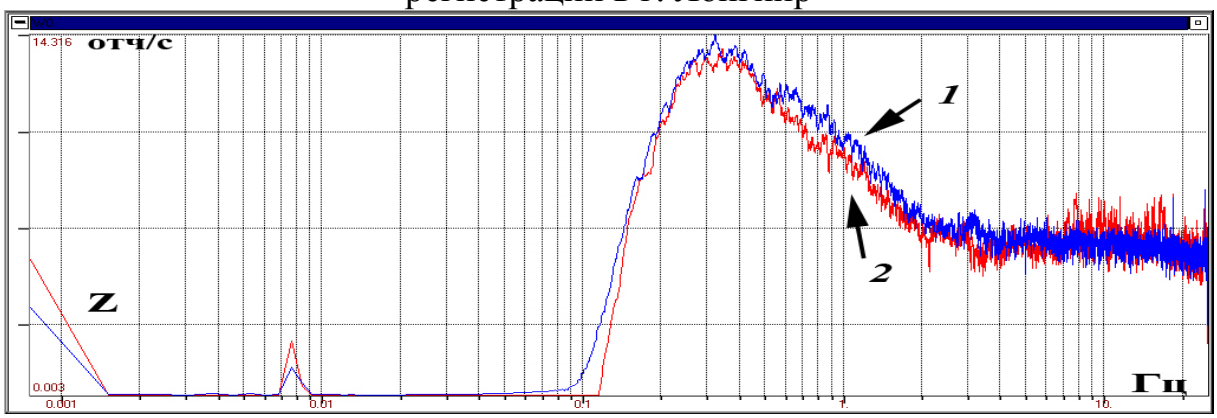


Рисунок 3.9 –Сравнение амплитудных спектров микросейсмического фона в точке регистрации в г. Лонгйир: *1* – ночное время суток; *2* – дневное время суток

3.3.6. Сейсмологические исследования в районе п. Ню-Олесунн

В п. Ню-Олесунн сейсмическая станция была установлена 14.06.2013 г. в точке с координатами 78°55.684’с.ш. и 11°53.211’ в.д. (рис. 3.3). Аппаратура была установлена в месте выхода коренных пород взбросового типа позднемелового периода (рис. 3.10). Регистрация микросейсмического фона велась в течение 4.5 часов в период времени с 08:30:00 по 13:10:00 (GMT). Негативными факторами, которые могли

повлиять на качество записи, был сильный порывистый вечер со снегом и работа самосвалов по отгрузке каменных блоков в 500 м от точки регистрации.

Рисунок 3.10 – Место установки сейсмической станции в п. Ню-Олесунн на архипелаге Шпицберген

Согласно каталогам Геофизической службы РАН (Электронный ресурс: http://www.ceme.gsras.ru) и сейсмологического агентства NORSAR (Электронный ресурс:http://norsardata.no) за период регистрации станции не произошло существенных сейсмических событий на телесейсмических, региональных и локальных расстояниях от точки регистрации временной станции.

Анализ амплитудного спектра микросейсм тихого участка записи показал, преобладание высоких амплитуд колебаний в низкочастотной части спектра и на порядок ниже амплитуд колебания в высокочастотной части (рис. 3.11*а*-*в*). Высокочастотная часть спектра характеризуется равномерным распределением амплитуд колебаний от частоты, в отличие от диапазона 3.5 до 4.5 Гц на канале Z, в котором амплитуда колебаний повышается.

На территории п. Ню-Олесунн функционирует стационарная сейсмическая станция KBS, принадлежащая сейсмической сети IRIS (США). Амплитудный спектр записи в тот же момент времени характеризуется более высокими амплитудами колебаний в низкочастотной части спектра и также на порядок ниже амплитудами колебания в высокочастотной части. Однако высокочастотная часть спектра характеризуется неравномерным распределением амплитуд с частотой. В частотных диапазонах от 3.5 до 4.5 и от 6.5 до 8.5 Гц наблюдаются высокие значения амплитуд колебаний на всех трех каналах. Повышенные значения амплитуд колебаний в диапазоне от 3.4 до 4.5 Гц на обеих станциях объясняется, предположительно функционированием большой спутниковой антенны, которая в момент регистрации совершала периодические вращательные движения.

Различие в амплитудном спектре записей Z каналов временной сейсмической станции и стационарной станции KBS хорошо показано на рисунке 3.12. Из рисунка видно, что спектр записи временной станции по значению амплитуд меньше спектра станции KBS. На запись станции KBS оказывают более сильное влияние экзогенные источники.

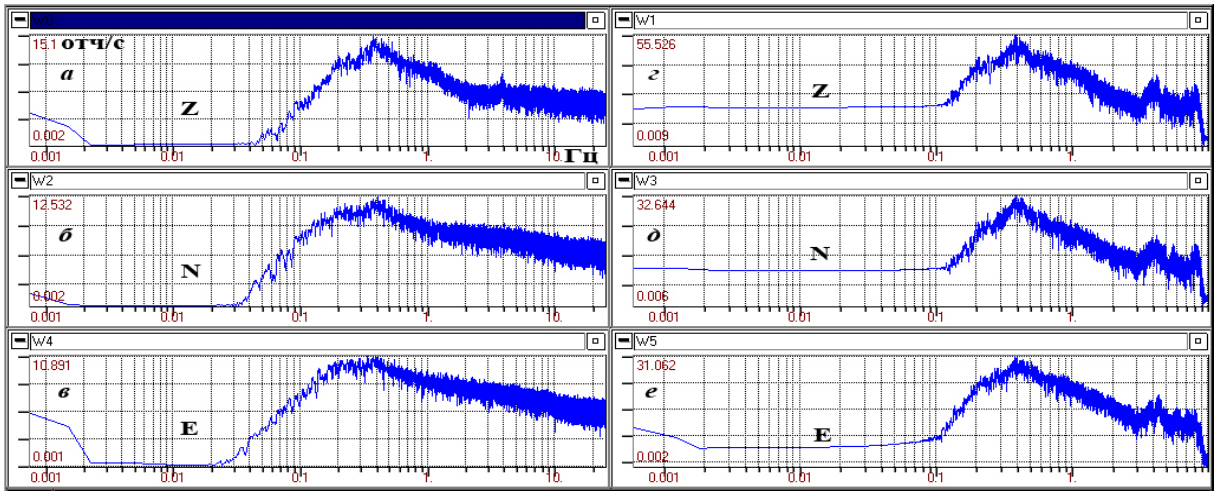


Рисунок 3.11 – Амплитудный спектр микросейсм по данным: *а-в* – временной сейсмической станции; г-е – стационарной сейсмической станции KBS

На рисунке 3.13 показано наложение спектров записей в точках на территории поселков Баренцбург, Ню-Олесунн и города Лонгйир, а также для сравнения спектр записи сейсмической станции KBS. В зависимости от диапазона частот амплитуды колебаний распределяются по-разному. В низкочастотной части спектра, как уже не раз упоминалось выше, присутствуют высокие значения амплитуд, характерные для островных и прибрежных территорий. Однако в высокочастотной части спектра распределение амплитуд в каждой точке различается. В диапазоне от 2.0 до 5.0 Гц самой «тихой» точкой является г. Лонгйир, однако после 5.0 Гц амплитуды колебаний увеличиваются. «Шумными» точками являются пункты установки станций KBS и временной станции в п. Баренцбург, которые характеризуются одинаковым распределением и значениями амплитуд колебаний в зависимости от частоты, за исключением диапазона от 3.5 до 4.5 Гц. «Тихими» точками являются пункты регистрации в п. Ню-Олесунн и г. Лонйир. Однако в точке на территории г. Лонйир амплитуда колебаний резко увеличивается после 5 Гц.

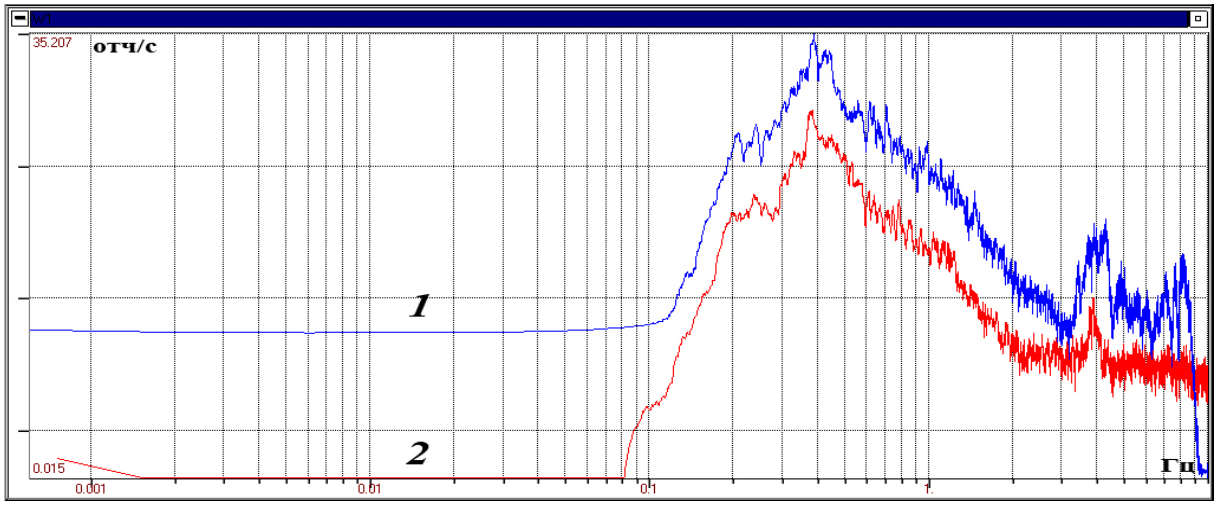


Рисунок 3.12 – Сравнение амплитудных спектров Z каналов: *1* – стационарной станции KBS; *2* – временной станции

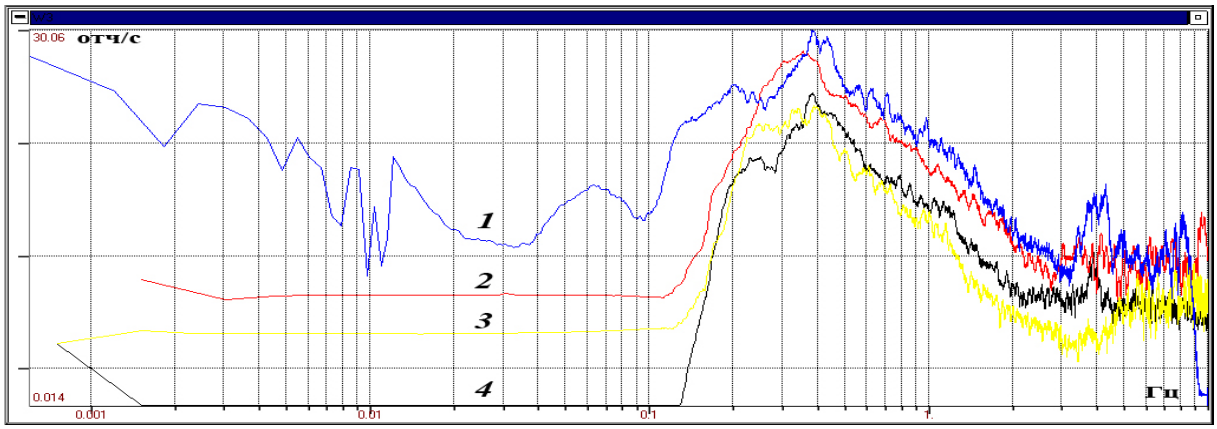


Рисунок 3.13 – Сравнение амплитудных спектров Z каналов в точках регистрации: *1* – п. Ню-Олесунн, стационарной станции KBS; *2* – п. Баренцбург; *3* – г. Лонгйир; *4* – п. Ню-Олесунн, временная сейсмическая станция

3.4. Заключение

По результатам сейсмологических исследований, проведенных в ходе экспедиций в 2012 и 2013 годах на научно-исследовательском судне «Профессор Молчанов» по программе «Арктический Плавучий университет», можно сформулировать следующие основные *выводы*:

1. Выполнены замеры микросейсмического фона в точках на архипелагах Западного сектора Арктики (Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Шпицберген).

Подобные работы имеют как фундаментальное, так и важное прикладное значение. В 2010 году в Архангельске состоялось совместного заседания Совета РАН по координации деятельности региональных отделений и региональных научных центров РАН и Научного совета РАН по изучению Арктики и Антарктики и одним из пунктов итогового решения Совета было «организовать в арктическом регионе и северных территориях мониторинг опасных геофизических, геологических, метеорологических и экологических явлений для решения проблем загрязнения в Арктике, последствий изменения климата и т.д., для чего

последовательно создавать на арктических островах и побережье Северного Ледовитого океана сеть биосферных и геофизических станций, оснащенных средствами спутниковой связи» (Материалы совместного заседания Совета РАН…, 2010). Институт экологических проблем Севера УрО РАН с помощью сотрудников лаборатории сейсмологии планомерно развивает сеть инструментальных сейсмометрических наблюдений на арктических территориях (Morozov, Konechnaya, 2013). Проведенные работы по замерам микросейсмического фона являются рекогносцировочными, и полученные результаты будут основой для составления и корректировке планов по дальнейшему развитию сейсмической сети.

2. Выявлены основные закономерности спектрального состава микросейсмического фона в точках на архипелагах Западного сектора Арктики в контексте задачи мониторинга сейсмичности на локальных, региональных и телесейсмических расстояниях.

Микросейсмический фон, измеренный в пунктах указанный выше, представляет собой типичный пример фона островных и прибрежных территорий с полным отсутствием техногенной составляющей. В диапазоне низких частот, используемого для регистрации сейсмических событий на телесейсмических (>2000 км) расстояниях, наблюдается высокий уровень фона, а диапазоны высоких частот, которые используются для регистрации сейсмических событий на региональных (до 2000 км) и локальных (до 200 км) расстояниях, имеют низкий уровень микросейсмического фона. Такие условия являются благоприятными для установки стационарных сейсмических станций с целью мониторинга локальной и региональной сейсмичности.

На основе полученных выводов можно сформулировать следующие *рекомендации*:

1. Для получения детальной информации о сейсмичности основных сейсмоактивных зон в Западном секторе Арктики, в частности, для регистрации слабой сейсмичности, необходима установка на севере архипелага Новая Земля и на одном из восточных островов архипелага Земля Франца-Иосифа стационарной сейсмической станции.

Действующие сейсмических станций в Российском секторе Арктики недостаточно для детального контроля современной сейсмической ситуации. Поэтому в настоящее время в связи с редкой сетью сейсмических наблюдений в высоких широтах отсутствует детальная информация о современной сейсмической активности Арктического региона. В результате наши представления о геодинамике региона носят фрагментарный характер.

2. Для изучения слабой сейсмичности шельфовых территорий арктических морей необходимо проведение сейсмометрических наблюдений с помощью донных сейсмических станций.

Используемая литература

1. Аветисов Г.П. Сейсмоактивные зоны Арктики / Комитет РФ по геологии и исследованию недр, ВНИИ Океангеология, Спб.: ВНИИ Океангеология, 1996. 186с.
2. Агентство NORSAR [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://norsardata.no
3. Антоновская Г.Н., Данилов К.Б., Конечная Я.В., Данилов А.В. Установка и первые результаты работы сейсмической станции ZFI на архипелаге Земля Франца-Иосифа // Физический вестник Института естественных наук и биомедицины САФУ. Вып. 10: сборник научных трудов / Федер. гос. Авт. общеобразоват. учреждение высш.

проф. образования "Сев. (Аркт.) федер. Ун-т им. М.В. Ломоносова". – Архангельск: КИРА, 2011. – С. 31-38.

4. Ассиновская Б.А. Сейсмичность Баренцева моря. М.:, изд-во РАН, 1994. 128 с.
5. Баранов С.В., Виноградов А.Н. Сейсмичность архипелага Шпицберген // Материалы Шестой Международной мейсмологической школы «Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных». Обнинск: ГС РАН, 2011. С. 41-47.
6. Виноградов Ю.А., Виноградов А.Н., Кровотынцев В.А. Применение геофизических методов для дистанционного контроля динамики процессов деструкции ледовых покровов Арктики // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: материалы Шестой Междунар. сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2011. С. 87-89.
7. Виноградов Ю.А., Кременецкая Е.О., Асминг В.Э., Баранов С.В. Техногенная сейсмичность острова Западный Шпицберген // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: материалы Шестой Междунар. сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2011. С. 90-94.
8. Геофизическая Служба РАН [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.ceme.gsras.ru
9. Кедров О.К. Сейсмические методы контроля ядерных испытаний. М.:Саранск: Красный октябрь, 2005. 420с.
10. Кольский филиал Геофизической службы РАН – Электронный ресурс: www.krsc.ru
11. Материалы совместного заседания Совета РАН по координации деятельности региональных отделений и региональных научных

центров РАН и Научного совета РАН по изучению Арктики и Антарктики, 31 марта – 2 апреля 2010 г., г. Архангельск. Екатеринбург: УрО РАН, 2010.

12. Наука на Шпицбергене: Историй российских исследований / Под. ред. академика РАН В.Т. Калинникова. СПб.: «ГАМАС», 2009. 408с.
13. Панасенко Г.Д., Кременецкая Е.О., Аранович З.И. Землетрясения Шпицбергена. – М.:ВИНИТИ, 1987. 83 с.
14. Хуторской М.Д., Леонов Ю.Г., Ермаков А.В., Ахмедзянов В.Р. Аномальный тепловой поток и природа желобов в северной части Свальбардской плиты // Докл. РАН. Т.424, №2. 2009. С.227-233.
15. Morozov A.N, Konechnaya Ya.V. Monitoring of the Arctic region: capabilities of the Arkhangelsk seismic neetwork // Journal of Seismology. Volume 17, Issue 2 (2013), Page 819-827.
16. Mitchel B.J. Bungum H. et al Seismicity and present day tectonics of the Svalbard region // Geophis. Lourn. Intern. 1990. V.102. P. 139-149.

4. Геоморфологические особенности береговых зон арктических морей

Н.М. Бызова

Морская береговая зона в отличие от удаленных территорий суши испытывает постоянное воздействие со стороны морей и океанов. Морские берега являются природными образованиями, на формирование которых, наряду с горными породами, большое влияние оказывает зональный характер соотношения тепла и влаги, оказывающий существенное влияние на доминирующие факторы и процессы образования рельефа берегов. Наряду с абразией и аккумуляцией, при преобладании твердых атмосферных осадков на береговых склонах доминируют процессы нивации, экзарации и ледниковой аккумуляции, а дождевых осадков – эрозии, водной аккумуляции, что сопровождается активизацией склоновых процессов [6]. Берега, сложенные рыхлыми многолетнемерзлыми породами легко поддаются размыву и термоэрозии, вследствие чего, их береговая линия особенно не устойчива и быстро меняет свою конфигурацию.

Важную роль в формировании берегов и берегообразующих процессов играет динамика уровня мирового океана. Начиная с позднего плейстоцена (18 - 6 тыс. лет назад), таяние материковых льдов привело к поднятию уровня океана примерно на 100 м. С голоцена началось формирование современной береговой линии и конфигурации большинства шельфовых островов [8].

Берега, развивающиеся по аккумулятивному типу, характеризуются накоплением наносов и образованием аккумулятивных форм рельефа: террасы, выровненные на склоне морских берегов площадки; пляж, отлогий морской берег в виде слабонаклонной к морю полосы суши, сложенный песком, гравием, галькой, валунами, сформировавшийся под действием прибоя; коса, низкая намывная полоса суши из песка и гальки, присоединённая к берегу и вдающаяся клином в пределы водного пространства в результате перемещения наносов волнами, волновыми

течениями вдоль берега и их аккумуляции на участке падения энергии волны при огибании выступа берега [4]; перейма, низкая намывная полоса суши из намытого морем рыхлого материала, соединяющая бывший остров с берегом ближайшей суши [5]; пересыпь, низкая и узкая полоса наносной суши из песчаного, гравийно-галечного материала, образующаяся под действием прибойного потока и волновых течений в результате продольного (вдоль берега) или поперечного перемещений наносов [17].

Для абразионных берегов, подверженных разрушительной деятельности волн, типичны крутые обрывы, волноприбойные ниши, абразионные террасы. Особое положение занимают берега из многолетнемерзлых пород и ледяные берега. Тепло морской воды способствует интенсивному разрушению мерзлых и ледяных берегов со скоростью нескольких метров в год, при этом на подводных окраинах береговой зоны формируются общирные отмели и подводные террасы.

Актуальность исследования арктических берегов определяется не только мониторингом современных берегообразующих процессов в условиях меняющегося климата, но и потенциальной значимостью современного состояния береговых зон для обеспечения необходимой безопасности при строительстве и эксплуатации промышленных объектов по трассе Северного морского пути и развитии арктического нефтегазодобывающего комплекса России.

4.1. Цели и задачи исследования

Цель исследования изучение морских береговых форм рельефа побережий Баренцева и Карского морей.

Задачами работ были: Определение и описание типов берегов на ключевых участках побережья и островов Баренцева и Карского морей по маршруту экспедиции «Арктический плавучий университет 2013».

4.2. Методики исследования и аппаратурное обеспечение

4.2.1. Методы исследование

При экспедиционных исследованиях в труднодоступные районы применяется метод непосредственного визуального наблюдения рельефообразующих процессов и форм рельефа, связанных с ними. Это позволяет проследить общий характер изменения рельефа, дать качественную и частично количественную оценку для последующего обобщения полученного материала. Метод сравнительно-географического описания береговых зон берет свое начало в описании берегов в рукописных поморских лоциях, созданными северными мореходами в XVII-XVIII веках и ранее[15].

Визуальные наблюдения проводились по методике, апробированной во время экспедиции «Арктический плавучий университет 2012» с НИС «Профессор Молчанов» по маршруту экспедиции «Арктический плавучий университет 2013» [10]. Дистанционное фотонаблюдение с борта судна с помощью специальной фотоаппаратуры позволило наблюдать отдельные формы рельефа, зафиксировать берег на значительной протяженности для выявления типичных береговых форм рельефа. На основе обилия снимков были сделаны панорамные изображения ключевых участков. Во время наблюдения с судна, используя персональный навигатор, в полевой книжке отмечалось время, место, азимут наблюдения, номера снимков наблюдаемых объектов.

Первичное обобщение имеющегося материала по береговой зоне, основанное на сравнительно-географическом подходе, является начальным звеном географического моделирования, позволяющем выделить в массе фактических данных наиболее характерные черты того или иного участка береговой зоны. Дальнейшее синтезирование полученных физико-географических знаний о берегах дает возможность производить обобщение в региональном и типологических аспектах, используя методы качественного регионального географического моделирования. Дистанционные визуальные

наблюдения позволили выявить объекты и с большей точностью описать и нанести их на карту.

Использованная аппаратура

Для выполнения визуальных наблюдений использовались:

- цифровой однообъективный зеркальный фотоаппарат CANON EOS 550D, оснащенный датчиком CMOS высокого разрешения с 18,0 эффективных мегапикселов, процессором DIGIC 4, высокоточной и высокоскоростной 9-точечной системой автофокусировки, режимом серийной съемки со скоростью 3,7 кадра/сек, режимом съемки с использованием ЖКД-видоискателя и режимом видеосъемки с разрешением Full HD (Full High-Definition);
- высокофункциональный зум-телеобъектив CANON IMAGE STABILIZER EF LENS 100-400 mm f/4.5-5.6L IS USM, оснащенный стабилизатором изображения, обеспечивающим эффект, эквивалентный увеличению скорости затвора (уменьшению выдержки) на два шага, объективными элементами флуоритными и супер-UD, ультразвуковым мотором фокусировки;
- персональный навигатор GARMIN OREGON 550 3-х дюймовый с невыцветающим на солнце полноцветным экраном и системой управления касанием. Высокочувствительный GPS-приемник имеет встроенную камеру с автофокусом, влагозащищенный корпус, 3-х осевой электронный компас и барометрический альтиметр. Передача данных на компьютер беспроводная, имеется запись трека и узловых точек маршрута с автоматической геопривязкой к карте местности.

4.3.Результаты исследования

Строение и динамика береговой зоны Баренцева и Карского морей имеет значительные отличия от морей умеренных широт в связи зональными условиями, обусловленными годовым термическим режимом. Отрицательные температуры в течение длительного холодного сезона

существенно влияют на ледовитость морей и состояние береговых зон. Протекающие геоморфологические процессы являются одним из главных факторов, влияющих на выбор места и инженерных решений при строительстве производственных и бытовых объектов как на берегу, так и на акватории морей.

Берега Баренцева и Карского морей относятся к арктико-ледяной, арктико-нивальной, субарктико-нивальной зонам, для которых характерны наиболее суровые природные условия. В морях круглый год встречаются льды. В проливах шельфовых островов и архипелагов даже в летнее время сохраняется припай, а на островах (Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Северная Земля) развито покровное и горное оледенение.

Рисунок 4.1 - Покровный ледник на острове Вильчека архипелага Земля Франца-Иосифа (Фото Ю.Н.Шумиловой)

Рисунок 4.2 - Ледники Северного острова Новой Земли (Фото Ю.Н. Шумилова)

На южном побережье морей сплошной ледяной покров отсутствует, но летом можно встретить поля разбитого припайного льда и обломки

айсбергов. Горные породы, слагающие берега повсеместно скованы мерзлотой.

Рисунок 4.3 - Поля разбитого припайного льда у восточного побережья Вайгача в Карском море (Фото Д.С. Ковалева)

Зональные закономерности находят свое отражение в однотипности и аналогии береговых процессов, а азональность придает им черты индивидуальности и оригинальности. Берега Баренцева моря относятся к Северо-Европейской провинции, которая с севера на юг разделена на Северо-Европейскую арктическую (ледяную) и Северо-Европейскую субарктическую (криогенную) области, а Карское море и его берега находятся в Северо-Азиатской провинции с аналогичными областями [12].

Длительное сезонное присутствие морского льда у побережий Баренцева и Карского морей обуславливает их взаимодействие с берегами и дном. Это находит свое отражение в динамики береговой зоны, в объёме вдольбереговой транспортировки наносов, перемещении наносов с дрейфом и подвижками льдов. Торосы, нагромождение обломков льда, до 10—20 метров в высоту, образующиеся в результате сжатия и подвижках ледяного покрова, и стамухи, севшие на мель большие морские льдины и нагромождающихся постепенно друг на друга, являются одной из причин образования экзарационных ледовых форм рельефа на дне моря [17].

Для побережья морей характерно образование припая - неподвижного морского льда, прикрепленного к берегу. На мелководье припай может

примерзать ко дну, образуя подошву припая. Припай защищает берега от волн и дрейфующих льдов.

Остров Визе (79°34′с.ш. и 76°55′в.д), расположенный в в наиболее труднодоступном районе Карском море, вытянут с востока-юго-востока на запад-северо-запад на 22,5 км остров имеет ширину 5,5 км. Он представляет собой слегка всхолмленную равнину, с разряженной мохово-лишайниковой растительностью. Наиболее приподнятой является центральная часть острова (22 м). Береговая линия острова слабо изрезана. Берега в основном пологие и лишь у самого моря, преимущественно в северо-западной части, местами образуют невысокие песчаные обрывы. Южный берег обрывистый, абразионный, постоянно разрушается под воздействием прибоя. Восточное побережье острова наоборот представляет собой песчаную низину. Остров Визе со всех сторон окаймляет береговой вал из камней и мелкой гальки шириной от 7 до 30 м. Местами вал представляет собой насыпь, местами отдельные нагромождения гальки на различном расстоянии от уреза воды.

Интересна история открытия острова Визе. В 1924 году советский океанограф, полярный исследователь В. Ю. Визе по материалам вахтенного журнала экспедиции Г.Л. Брусилова, спасенного штурманом В. И. Альбановым, изучал линию дрейфа зажатого во льдах судна «Святая Анна». Особенности направления дрейфа судна и отклонения морского течения он связал с существованием неизвестного острова, и даже указал весьма точные географические координаты. В 1930 году на ледоколе «Георгий Седов» В.Ю. Визе, как участник экспедиции под руководством О. Ю. Шмидта, первым сошёл на теоретически предсказанный им самим остров. В 1931 г. В.Ю. Визе пришёл к выводу, что аномалии дрейфа «Святой Анны» были вызваны не о. Визе, а более крупным препятствием, которым оказалась подводная возвышенность в Карском море с вершинами в виде о-вов Ушакова, Визе и Уединения.

Остров Визе почти постоянно окружен сплоченным льдом и припаем с грядами торосов и с айсбергами у побережья. Ширина припая зимой

достигает 10-15 км. С начала июня он постепенно начинает разрушаться, а к началу июля при толщине льда 150-200 см его разрушенность достигает около 2 баллов. Окончательное разрушение припая по многолетним данным наблюдается к середине августа, а в конце сентября вновь начинается устойчивое льдообразование[14]. С ноября 1945 года на южном берегу острова работает гидрометеорологическая полярная станция, одна из самых северных в мире. Постоянного населения на острове нет.

Во время экспедиции 11 июля 2013 года НИС «Профессор Молчанов» не смог подойти к острову Визе, столкнувшись с припайными льдами, окутанными густым туманом, в точке с координатами 76°15´с.ш. 62°24´в.д.

Рисунок 4.4 – Припайные льды в тумане у южного побережья острова Визе (Фото П.Н. Бахарева)

Плавучий лед вблизи берега гасит энергию волн. С учетом того, что береговая зона большую часть года покрыта припайными и дрейфующими льдами, величина суммарного расхода волновой и приливной энергии сокращается здесь в 5-10 раз [18]. Куски припая и битый однолетний лед, вынесенные на пляж, могут определенное время защищать береговые уступы от прибоя.

Рисунок 4.5 – Побережье полуострова Вайгач в районе морской гидрометеорологической станции им. Е.К. Федорова (Фото Ю.Н.Шумиловой)

Припай, в то же время, может вызвать экзарацию берегов и дна, осуществлять транспортировку наносов, усиливать промерзание пород. Этот процесс может захватывать участки берега от 10-20 м выше уровня моря на суше до глубин 15-35 м ниже уровня моря. Интервал глубин с наибольшей интенсивностью экзарации дна в Печорском море составляет 8-12 м, а в Карском – 15-20 м. Предельная глубина моря, где возможна экзарация дна морским льдом соответственно 20 – 25 м и и 25 – 35 м, а максимальная глубина ледовоэкзарационных микроформ на дне – 1,0-1,5 м и 2,0-2,5 м [16].

Горные породы попадают на лед и в результате эолового выноса с берегов. Например, лишенные снега и растительного покрова территории мыса Желания на Северном острове Новой Земли активно подвергаются воздействию сильных ветров с переносом мелкозернистого материала на припай.

Рисунок 4.6– Запыленность остатков припая на баренцевоморском побережье мыса Желания (Фото Ю.Н. Шумиловой)

В результате обвалов, осыпей и оползней крутых берегов припайные льды оказываются погребенными под их обломками. Имеет место вмерзание донных осадков в подошву припая, штормового выброса наносов на припай. Сами припайные льды в результате надвига на берег могут образовывать на пляжах валы из гравия и гальки. В дальнейшем в процессе ледообразования

породы могут вмерзать в припай и при его движении с последующим разрушением водой переноситься на значительные расстояния.

Рисунок 4.7 – Погребенный припай на побережье острова Чамп. Земля Франца-Иосифа (Фото И.А. Мизина)

Льды постоянно транспортируют обломочный материал из прибрежной контактной зоны в глубоководные участки морей. При разрушении припая льдины выносятся в море, где постепенно тают, а осадочные породы осаждаются на дно моря, так 1 кв.м льда способен перенести до 100 кг осадочного материала [11]. По оценке Н.А. Белова (1976), с поверхности льдов при их таянии и разрушении только в Карское море ежегодно переходит во взвесь 5,4 млн т осадочного материала. С учетом всего материала, захваченного льдом, эта величина значительно возрастет [1]. Расчеты В.Ю. Бирюкова и В.А. Совершаева (1985) свидетельствуют, что припайными льдами Карского моря на участке от мыса Бурунный до мыса Харасавэй в среднем с 1 км берега в море выносится около 800 т обломочного материала [3]. В период экспедиции 5 - 6 июля 20013 года на юго-востоке Баренцева моря можно было увидеть поля взломанных «грязных льдов».

Рисунок 4.8 – «Грязный» припайный лед у юго-восточного побережья острова Вайгач (Фото Ю.Н. Шумиловой)

Значительные объемы горных пород поступают с прибрежных территорий с покровными ледниками. На обрывах ледяных берегов просматривается степень загрязнения материкового льда. Достигая морского побережья, разрушаясь и образуя айсберги, покровные ледники являются постоянными поставщиками материковых горных пород в моря.

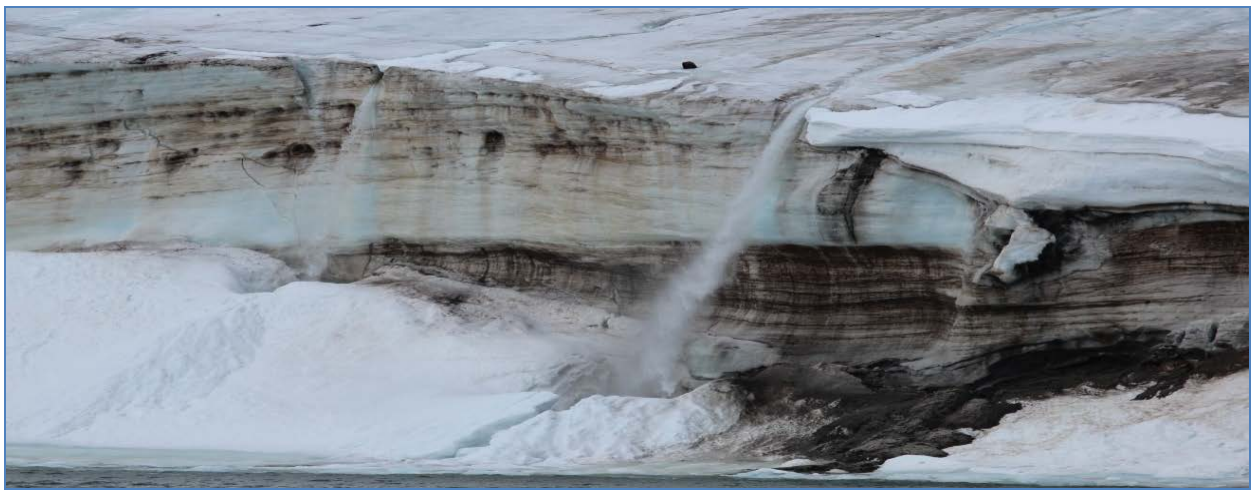


Рисунок 4.9 – Край ледника. Водопад талых вод с ледника. Айсберг с вмершими горными породами. Остров Чамп, архипелаг Земля Франца-Иосифа. (Фото Д. Ковалева)

На абразионных берегах, сложенных кристаллическими породами, льды также оказывают влияние на рельеф береговых зон. Замерзание воды в трещинах ведет к активизации физического выветривания и усиленному растрескиванию скальных горных пород и строительных материалов.

Рисунок 4.10 – Физическое выветривание горных пород: побережье острова Вайгач (Фото П.А. Феклистова); бухта Тихая, остров Гукера (Фото П.А. Феклистова); разрушение строительного кирпича, мыс Желания, Новая земля (Фото Ю.Н. Шумиловой)

На островах архипелага Земля Франца-Иосифа встречаются многочисленные выходы базальтовых столбчатых отдельностей. Излившиеся базальты, бронируя нижележащие толщи, обусловливают платообразный рельеф островов. Чаще всего они расположены на вершинах островов, образуя покровы базальтов из гигантостолбчатых отдельностей.

На ряде островов столбчатые базальты встречаются у уреза воды, образуя уникальные побережья. Например, на острове Земля Александры ими выложен протяженный участок берега. Выходя на поверхность, коренные

породы в изменившихся условиях подвергаются новым процессам разрушения и размыва.

Рисунок 4.11 - Столбчатые базальты на острове Земля Александры. Архипелаг Земля Франца-Иосифа (Фото Д. Менникова, 2009)

В результате современных процессов выветривания и абразии происходит денудации прибрежных территорий из столбчатых базальтов. Их разрушение ведет к образованию глыбовых нагромождений, «каменного хаоса», с переходом к глыбовым россыпям. В дальнейшем горные породы измельчаются до щебня и в сочетании с мелкоземом образуют ровные низменные приморские равнины, в понижениях которых появляются арктические растительные сообщества.

Рисунок 4.12 – Этапы разрушения столбчатых базальтов в береговой зоне острова Земля Александры. Архипелаг Земля Франца – Иосифа (Фото Д. Менникова, 2009)

На острове Хейса скала Рубини также представляет гигантский выход базальтов на поверхность. В отличие от острова Земля Александры, здесь крупно-, средне и мелкостолбчатые отдельности базальтов располагаются хаотично, веерообразно, под разными углами. Они спускаются до береговой линии и активно разрушаются морским прибоем.

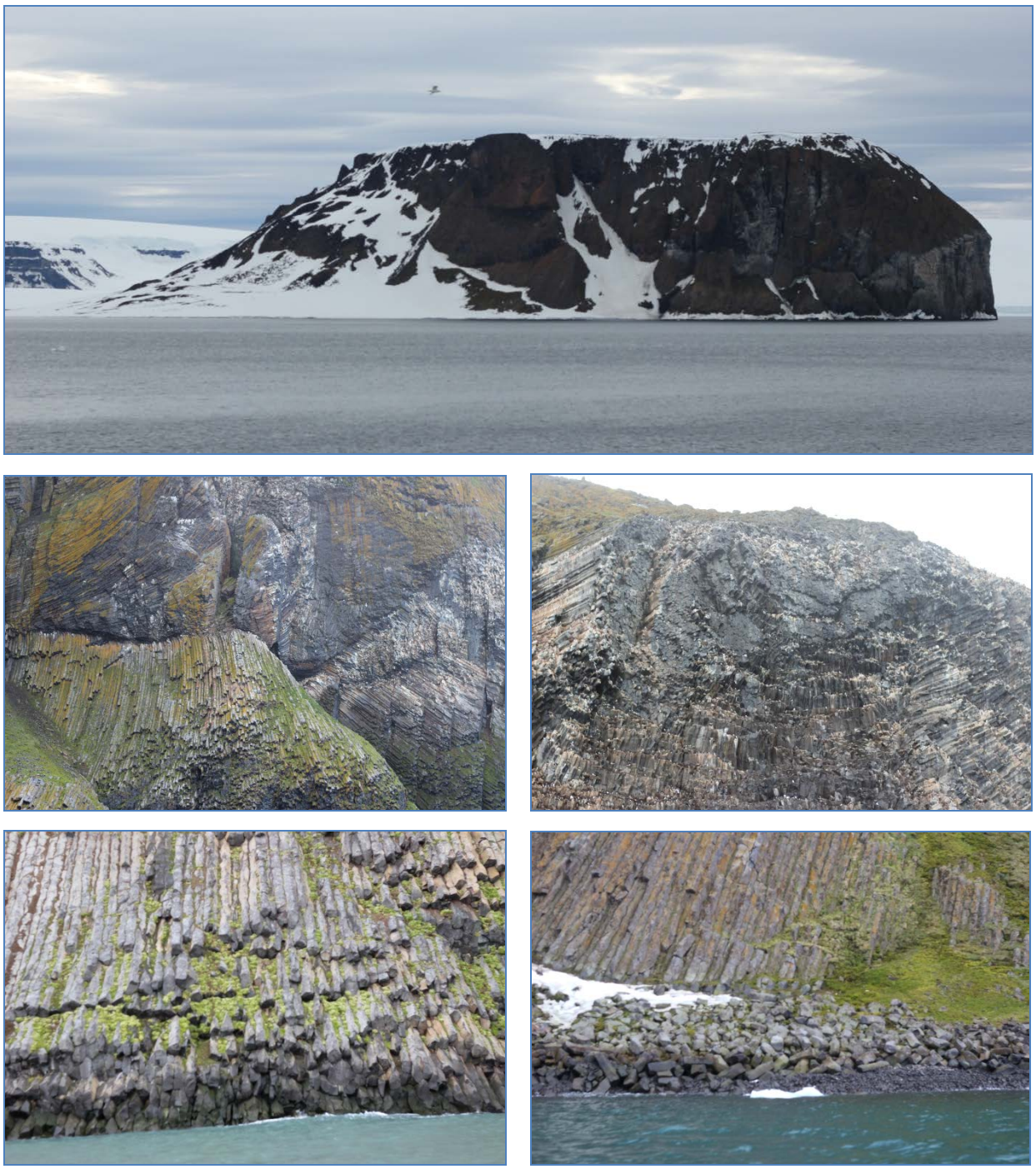


Рисунок 4.13 - Столбчатые базальты на скале Рубини. Остров Хейса, Земля Франца-Иосифа (Фото Ю.Н. Шумиловой)

На острове Чамп в архипелаге Земля Франца-Иосифа современные экзогенные процессы на поверхности мелкозернистых осыпей обнажают валуны округлой формы. Размер камней - от нескольких сантиметров до нескольких метров. Встречаются валуны идеально круглой формы. Многие шарообразные камни из-за воздействия сильного ветра, воды и низких

температур потеряли округлую форму, став похожими на булыжники.

Детальных исследований на острове Чамп в силу большой удаленности архипелага от материка не проводилось. Феномен круглых камней на острове Чамп до сих пор ждет своего изучения.

Рисунок 4.14 – Шарообразные камни острова Чамп, архипелаг Земля Франца - Иосифа (Фото И.А. Мизина)

Потепление климата в конце XX начале XXI веков может оказать существенное влияние на динамику арктических берегов. Наибольшие изменения температуры воздуха претерпевают высокоширотные области Земли. С 1991 по 2005 гг., в несплошной многолетней криолитозоне площади регионов климатически благоприятных для существования многолетнемерзлых грунтов сократились на 30 %, а в сплошной криолитозоне

- на 50% [7]. По долгосрочным прогнозам при глобальном потеплении, соответствующем эпохе оптимума голоцена (0,6 - 0,7°С) в районе архипелага Новая Земля средняя температура лета поднимется на 4°С, а при глобальном потеплении, подобном последнему микулинскому межледниковью, (1,7°С) – на 8°С. В Евроазиатском секторе Арктики область наибольшего потепления, согласно обоим сценариям, будет располагаться над архипелагами Земля Франца-Иосифа, Новая Земля и Северная Земля. В этом же районе больше всего увеличится годовое количество осадков, от 100 до 200 мм в сравнении с современными значениями [9].

Для формирования представлений о грядущих изменениях природных процессов необходим анализ современных экзогенных процессов. Реакция морфолитогенной основы ландшафта на изменения внешних факторов в значительной степени определяется физико-механическими свойствами грунтов. С учетом потепления климата, сокращения площади льдов в Северном Ледовитом океане, увеличения вероятности возникновения глубоких циклонов, прогнозируется увеличение количества и интенсивности штормовых нагонов воды, что существенно усилит трансформацию арктических берегов, вследствие более активного оттаивания мерзлых грунтов и ускорения за счет прибоя процессов абразии.

Разрушение обрывистых берегов происходит под действием гидравлического удара прибойного потока, мгновенной компрессии и декомпрессии воздуха в трещинах пород, ударов и истирания береговых горных пород обломками этой же уже измельченной породы, захваченной прибоем[2].

Рисунок 4.15 – Северо-западное побережье Югорского полуострова в районе полярной станции Белый Нос (Фото Ю.Н.Шумиловой)

На крутых участках берегов в настоящее время можно встретить рельеф, обусловленный скалыванием глыб или блоков горных пород. Например, на Северном острове архипелага Новая Земля на мысе Желания верхняя часть берега представлена стенкой срыва в виде крутого и отвесного уступа из материнских горных пород.

Обвальный рельеф характерен для берегов, сложенных породами с сильно развитой трещиноватостью. Вдоль бровки берега параллельно ему в скальных горных породах образуются трещины. Трещины расширяются сначала под воздействием выветривания, а затем расклинивающего действия проникающего в трещины делювиального и солифлюкционного материала. Отседание склона берега протекает открыто, что сопровождается образованием отдельно стоящих скал, столбов.

Рисунок 4.16 – Стенки скола горных пород на мысе Желания. Северный остров. Новая Земля (Фото Ю.Н. Шумиловой)

Рисунок 4.17 – Мыс Желания. Северный остров Новой Земли (Фото Ю.Н. Шумиловой)

На берегах происходит накопление и перемещение грубообломочного материала вниз по склонам. По берегам, сложенным с поверхности скальными горными породами, не прикрытыми чехлом мелкозернистых отложений, отмечается массовые скопления и медленные движения грубообломочного материала, с образованием осыпей на склоновых поверхностях и россыпей грубых обломков на ровных участках.

Рисунок 4.18 – Осыпи на побережье мыса Желания. Северный остров Новой земли (Фото Ю.Н. Шумиловой). Россыпи на побережье Ледяной Гавани. Северный остров Новой земли (Фото Ю.Н. Шумиловой)

Первоначально разрушение горных пород берегов происходят вследствие физического выветривания, затем под действием силы тяжести. Обломочный материал удаляется с верхней части берегов, перемещается и отлагается у подножия. При сильных и постоянных ветрах существенную роль играют эоловые процессы. В результате возникают склоново-денудационные и склоново-аккумулятивные формы и элементы рельефа берегов[19].

Рисунок 4.19 – Побережье залива Ледяная Гавань. Северный остров Новой Земли (Фото Ю.Н.Шумиловой)

Если берег сложен коренными породами, то по склонам образуют глыбовые нагромождения, а если сланцами – щебнисто-суглинистые

образования. Внизу у уреза воды формируется обвальный шлейф с холмистой или бугристой поверхностью, который образуется вследствие нагромождения обвальных масс из обломков тех горных пород, из которых сложены стенки обрыва.

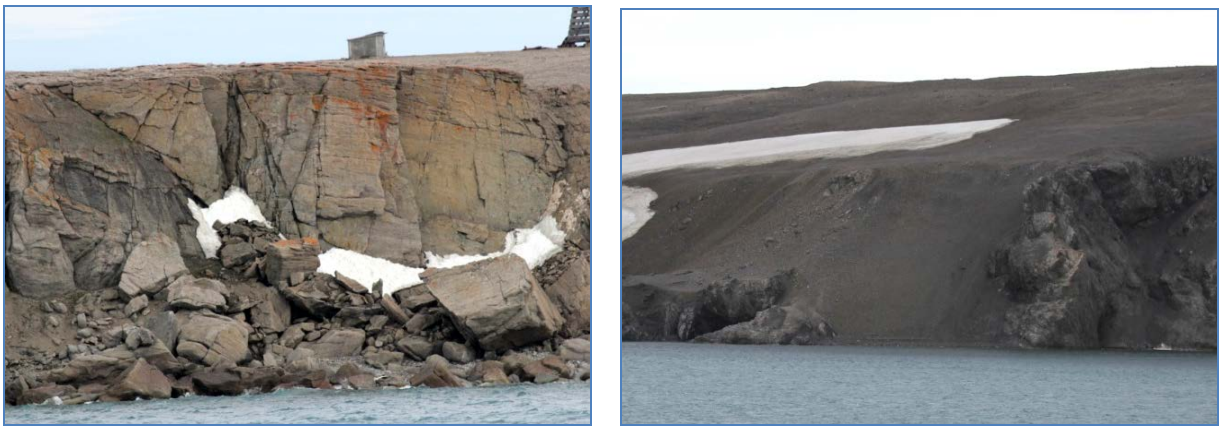


Рисунок 4.20 – Глыбовые нагромождения (мыс Желания) и щебнисто-суглинистые образования на склонах берегов (залив Русская Гавань). Северный остров Новой Земли (Фото Ю.Н. Шумиловой)

Движение грубообломочного материала вниз по склону облегчается резкими колебаниями температуры и увлажнением деятельного слоя. В период таяния снега и ледников, водные потоки вымывают мелкозем и способствуют накоплению на склонах крупных камней. В дальнейшем интенсивность движения обломочных горных пород вниз постепенно уменьшается в связи с накоплением между камнями мелкозема и развитием растительных сообществ.

Рисунок 4.21 – Склоны бухты Тихая на острове Гукера, покрытые грубообломочным материалом (Фото П.А. Феклистова)

Осыпной рельеф берегов образуется вследствие систематического падения единичных небольших обломков – продуктов выветривания рыхлых или скальных горных пород. Верхняя часть осыпного берега представляет собой стенку срыва – крутой уступ, сложенный коренными породами. В нижней части в районе надводной террасы или пляжа располагается осыпной шлейф в виде конуса, вершина, которого постоянно растет вверх. Сливания конусов приводит к формированию единого осыпного шлейфа.

Рисунок 4.22 – Осыпи на острове Чамп. Архипелаг Земля Франца-Иосифа (Фото Д.С. Ковалева)

Осыпи ежегодно с началом таяния снега и ледников подвергаются деформации талыми водными потоками. Эрозионные флювиальные элементы рельефа возникают в результате глубинной эрозии временных водных потоков, как на поверхности ледников, так и склонах берегов. Образуются перпендикулярные береговой линии ложбины стока временных водных потоков.

Рисунок 4.23 – Эрозионные потоки на ледниках островов Чамп и Хейса (Фото С.Д. Ковалева и Ю.Н. Шумиловой)

Рисунок 4.24 – Береговые ложбины стока талых вод (Фото Ю.Н.Шумиловой и С.Д. Ковалева)

На значительном протяжении берега арктических морей сложены мерзлыми грунтами, для которых характерны процессы разрушения берегов под совместным воздействием механической и тепловой энергии моря. Данные берега отличаются высокой динамичностью в связи с низкой устойчивостью многолетнемерзлых грунтов к термоабразии и термоэрозии. В настоящее время около половины длины береговой линии арктического побережья России подвержено разным формам термообразии. Средняя скорость разрушения арктических берегов варьирует от 1 до 5 м /год [16]. Глинисто-песчаные берега острова Колгуев, хотя и невысоки, но за счет прибоя и термоэрозии интенсивно разрушаются. На южном побережье острова Колгуев в районе п. Бугрино, сложенном на значительном

протяжении мерзлыми дисперсными отложениями, термоабразионные процессы активизируют образование обвалов и оползней.

Рисунок 4.25 - Берег острова Колгуев в районе п. Бугрино (Фото Ю.Н.Шумиловой)

Оползни и обвалы, достигая подножия берега, интенсивно размываются прибоем и формируют многочисленные песчаные пляжи, надводные и подводные косы и отмели, которые существенно осложняют подход судов к берегу вследствие резких перепадов глубины[13].

Рисунок 4.26 - Песчаные пляжи. Остров Колгуев, поселок Бугрино (Фото Ю.Н. Шумиловой)

Оползневой рельеф на арктических берегах чаще представлен оползнями - оплывинами. Верхняя часть оползневого берега представлена стенкой срыва или несколько сположенного откоса. Ниже располагается тела

оползней с неровными ступенчатыми площадками, которые сливаясь между собой образуют оползневую террасу. Опозни - оплывины возникают в результате смещения деятельного слоя по слою многолетнемерзлых пород. Например, стенки срыва на северном побережье полуострова Канин нос выражены плохо, а поверхность оплывин на склоне имеет неровный, очень дробный микрорельеф.

Рисунок 4.27 – Побережье полуострова Канин к востоку от мыса Канин Нос (Фото П.Н. Феклистова)

На задернованных берегах отмечается медленное течение грунтовых масс, которое сопровождается образованием специфических форм криосолифлюкционного микрорельефа: натечных террасок, валов, земляных полос, каменных гирлянд.

Рисунок 4.28 - Криосолифлюкционные микроформы рельефа.
Полуостров Канин (Фото П.Н. Феклистова)

Больше всего льда содержат рыхлые отложения, поэтому при протаивании они наиболее подвержены различным изменениям. На прибрежных территориях, подверженных отепляющему воздействию прибоя, вытаивание льда из мерзлых пород начинается с образования узких борозд или западин. Сильнольдистые песчаные грунты больше всего подвержены оседанию и оплыванию, что способствует образованию на их месте округлых расплывчатых бугров.

Рисунок 4.29 – Песчаные бугры вытаивания на побережье мыса
Триест. Остров Чамп. Земля Франца-Иосифа.
(Фото Д.С. Ковалева)

Аналогичные образования можно наблюдать и вокруг покровных ледников, размеры которых значительно уменьшаются в связи с изменением климата со второй половины XX века. С плато в заливе Русская Гавань хорошо видно формирование криогенных форм рельефа, связанных с сокращением площади ледника Шокальского.

Рисунок 4.30 – Ледник Шокальского. Залив Русская Гавань. Северный остров Новой Земли (Фото В.П. Бахарева)

Трещинно-полигональные формы рельефа возникают вследствие попеременного замерзания и таяния грунтов и обусловлены морозобойными процессами. Представляют собой в плане сеть полигонов размером каждый до нескольких десятков и даже сотен метров. Они ограничены трещинами, которые рассекают деятельный слой и внедряются в верхнюю часть мерзлой толщи пород.

Рисунок 4.31 – Полигоны на побережье залива Ледяная Гавань. Новая Земля. Побережье Карского моря (Фото Д.С. Ковалева)

Первоначально в результате морозобойного растрескивания образуются плоские безваликовые полигоны, которые ограничены на поверхности решеткой неглубоких канавок. В дальнейшем, по мере роста ледяных жил в ширину под давлением, с боков грунт полигонов уплотняется и выжимается вверх по краям в виде валиков.

Рисунок 4.32 – Полигональные грунты. Залив Ледяная Гавань. Новая Земля (Фото Ю.Н.Шумиловой)

Структурные грунты представляют собой формы рельефа, возникающие в результате сортировки неоднородной грунтовой массы, насыщенной водой, при многократном ее замерзании и оттаивании. Наиболее распространены каменные многоугольники, представляющие собой слегка выпуклые участки вязкого мелкозема, окруженные валиком камней.

Рисунок 4.33– Структурные грунты. Залив Ледяная Гавань. Северный остров Новой Земли (Фото П.А.Феклистова)

В отличие от трещинно-полигональных и структурных форм рельефа бугры пучения не имеют повсеместного распространения. Торфяные бугры пучения образуются на торфяниках при промерзании воды, заключенной в слое торфа и подстилающих отложениях. Ядро бугров торфяное или торфяно-минеральное, содержит многочисленные прослойки льда. В окрестностях п. Бугрино на острове Колгуев встречаются куполовидные и круглые бугры пучения в диаметре от 50 см и более, которые образуют на острове многочисленные бугристые тундры.

Рисунок 4.34 – Термоэрозионная ложбина и торфяные бугры пучения. Южное побережье острова Колгуев (Фото Ю.Н. Шумиловой)

4.4. Заключение

Таким образом, берега - сложная пространственно-временная природная система, которая непрерывно развиваясь, постоянно изменяет свои структурно-функциональные параметры. Не смотря на то, что берега относительно устойчивые природные образования, они характеризуются достаточной динамичностью. Она проявляется как в пространственных изменениях длины и конфигурации береговой линии, высоты и крутизны береговых склонов, так и в качественных геохимических и геофизических процессах, происходящих в горных породах, слагающих берега. Динамика берегов на фоне общих трендов, связанных с внешними факторами, обусловленных климатическими, тектоническими, гидрологическими и другие процессами, характеризуется большими временными показателями.

При этом, на каждом из этапов отмечается проявление состояния устойчивости, закрепляющего достигнутый результат, хотя и на относительно короткое время.

Литература

1. Белов Н.А. Общая оценка и пути разноса обломочного материала в районе Сибирского шельфа// XXIII Междунар. геогр. конгр. Симп. «География полярных стран» Л. : Гидрометеоиздат,1976.- С. 17-19.
2. Берега / П.А.Каплин, О.К. Леонтьев, С.А.Лукьянов, Л.Г.Никифоров. – М.: Мысль, 1991. - С. 83–93.
3. Бирюков В.Ю., Совершаев В.А. Рельеф дна юго-западной части Карского моря и история развития его в голоцене // Геология и геоморфология шельфов и материковых склонов. М.: наука, 1985. - С. 89-95.
4. Бызова Н.М. Коса //Поморская энциклопедия: в 5 т./ гл.редактор Н.П. Лаверов. Т.II: Природа Архангельского Севера /гл. редактор Н.М. Бызова. - Архангельск: ПГУ им. М.В. Ломоносова, 2007. – С. 390.
5. Бызова Н.М. Перейма//Поморская энциклопедия: в 5 т./ гл.редактор Н.П. Лаверов. Т.II: Природа Архангельского Севера /гл. редактор Н.М. Бызова. - Архангельск: ПГУ им. М.В. Ломоносова, 2007. – С. 603.
6. Географический энциклопедический словарь: Понятия и термины. М., 1988. – 432 с.
7. Израэль Ю.А., Анохин Ю.А., Мяч Л.Т., Шерстюков А.Б. Оценка и прогноз возможного изменения климата и состояния вечной мерзлоты на территории Российской Федерации в 21 веке. В кн.: Криогенные ресурсы полярных регионов. Материалы Международной конференции. Т.1. Салехард. – 2007. –С.127-130.
8. Каплин П.А. Новейшая история побережий Мирового океана, М. 1973
9. Климаты и ландшафты Северной Евразии в условиях глобального потепления. Ретроспективный анализ и сценарии. Атлас – монография «Развитие ландшафтов и климата Северной Евразии. Поздний

плейстоцен – голоцен – элементы прогноза». Выпуск III. Под ред. Проф. А.А. Величко. М.: ГЕОС.- 2010.- С. 155.

10. Комплексная научно-образовательная экспедиция «Арктический плавучий университет – 2012»: материалы экспедиции: в 2 ч./ отв. ред. К.Г. Боголицын; Сев. (Арктич.) федер. ун-т. – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2012. - Ч.1 – С. 183-186.
11. Лисицын А.П. Ледовая седиментация в Мировом океане. М.: Наука.- 1994. - 448 с.
12. Литвин В.М., Лымарев В.И. Острова. - М.: Мысль, 2003.- 287 с.
13. Лоция Баренцева моря. Часть II. От реки Ворьема до пролива Карские ворота и западные берега островов Новая Земля. - СПб., 2006.- 493 с.
14. Лоция Карского моря. Часть I. Карское море, за исключением Обь-Енисейского района.- СПб., 1998.- С. 153, 227-228.
15. Лымарев В.И. О классификации методов прогностического моделирования применительно к изучению и освоению морских побережий / География. Природные ресурсы. - № 4 - 1990 - С.16-20.
16. Огородников С.А. Роль морских берегов в динамике рельефа береговой зоны.-М.: Издательство Московского университета, 2011.-173 с.
17. Пармузин Ю.П., Карпов Г.В. Словарь по физической географии. – М., Просвещение, -1994.- 367 с.
18. Сафьянов Г.А. Береговая зона океана в XX веке. М.: Мысль,- 1978. - 263 с.
19. Спиридонов А.И. Основы общей методики Полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картирования.- М., Изд-во «Высшая школа», 1970. - 455 с.

5. Палеогеографические исследования архипелага Шпицберген

Кряучюнас В.В., Игловский С.А

Современное состояние природы Арктики, причины и направленность происходящих здесь экологических изменений, невозможно понять, не зная их прошлых состояний. Ярким примером тому являются такие цикличные природные явления, как: глобальное потепление, колебательные движения выводных полупокровных ледников, трансгрессии и регрессии морей и т.п. Многие специалисты связывают эти процессы с деятельностью человека, при этом, ошибочно не уделяя внимания палеогеографическим исследованиям, которые позволяют ответить на многие вопросы, как прошлого Земли, так и его настоящего. Так, знания о прошлом состоянии природной среды при тех или иных изменениях отдельных геокомпонентов дают возможность предвидеть вероятные экологические последствия в будущем. Кроме того, восстановление палеогеографических условий позволяет выявлять обстановки, благоприятствовавшие формированию тех или иных полезных ископаемых и на этой основе прогнозировать их размещение.

В свою очередь, палеогеографические исследования могут быть глобальными, т.е. охватывать Землю в целом, региональными или локальными, т.е. принимать в рассмотрение отдельные территории и геологические объекты. Морские террасы в палеогеографическом отношении используются для палеореконстукции локальных, а при сопоставлении комплекса морских террас и глобальных событий, происшедших в различные геологические эпохи.

5.1. Цель и задачи исследования

Цель. Реконструкции палеогеографических событий четвертичного периода с помощью комплексного изучения морских террас бухты Kolhamn. Формирование практических навыков у студентов проведения полевых

экспедиционных исследований в условиях высокоширотных арктических ландшафтов с использованием стандартных методов диагностики и корреляции палеогеографических событий.

Формулировка цели исследования обусловила постановку следующих *задач*:

1. Обучить студентов методам и приемам работ в палеогеографии с использованием научного оборудования

2. Сделать обзор литературных источников по изучаемой тематике. Современное состояние и перспективы дальнейших исследований.

3. Провести рекогносцировочные исследования. Определить абсолютные высоты тыловых швов и бровок лестницы морских террас с помощью нивелирного хода.

4. Произвести отбор ископаемой малакофауны и других артефактов из геологических разрезов морских террас. Определить виды малакофауны.

3. Выполнить реконструкции палеогеографических событий четвертичного периода с помощью комплексного изучения морских террас бухты Kolhamn.

Объектом исследования были морские террасы (N $78^0$55,891; E $11^0$51,765) расположенные на северном побережье полуострова Brøggerhalvøya в районе поселка Ню-Олесунн (рис. 5.1, 5.2).

Рисунок 5.1 – Территория исследования (Norwegian Polar Institute. URL: http://toposvalbard.npolar.no/)

В геологическом строении района принимают участие породы каледонского фундамента и осадочные образования каменноугольного-пермского платформленного чехла, состоящего из известняка и/или доломита. В частности побережье бухты Kolhamn представлено доломитами, гипсами, ангидритами верхнепермского периода. Территория относится к районам с хорошим и очень хорошим потенциалом для развития карста.

Следует отметить, что генезис залива в районе п. Ню-Олесунн, состоящего из бухты Thiisbukta и Kolhamn (место нахождения исследуемых террас) связан с деструктивными геоморфологическими процессами – карстовыми и эоловыми процессами, а также с абразивной деятельностью Конгсфьорда, в результате чего карбонатные породы разрушаются, а береговая линия постепенно отступает в сторону суши. Данный процесс имеет быть место и в настоящее время (рис. 33). Ярким примером тому

является деградация лагуны Kolhamn, которая стала областью осадконакопления и из лагуны превратилась в ряд озер.

Рисунок 5.2 – Береговые формы рельефа, находящиеся под постоянным действием деструктивных геоморфологических процессов (фото А.В. Порохина, В.В. Кряучюнаса)

В геоморфологическом плане район исследования представляет собой приморскую равнину, с юга ограниченную остроконечным горными массивами альпийского типа, на западе платообразными массивами, а на востоке моренной областью (рис. 5.3).

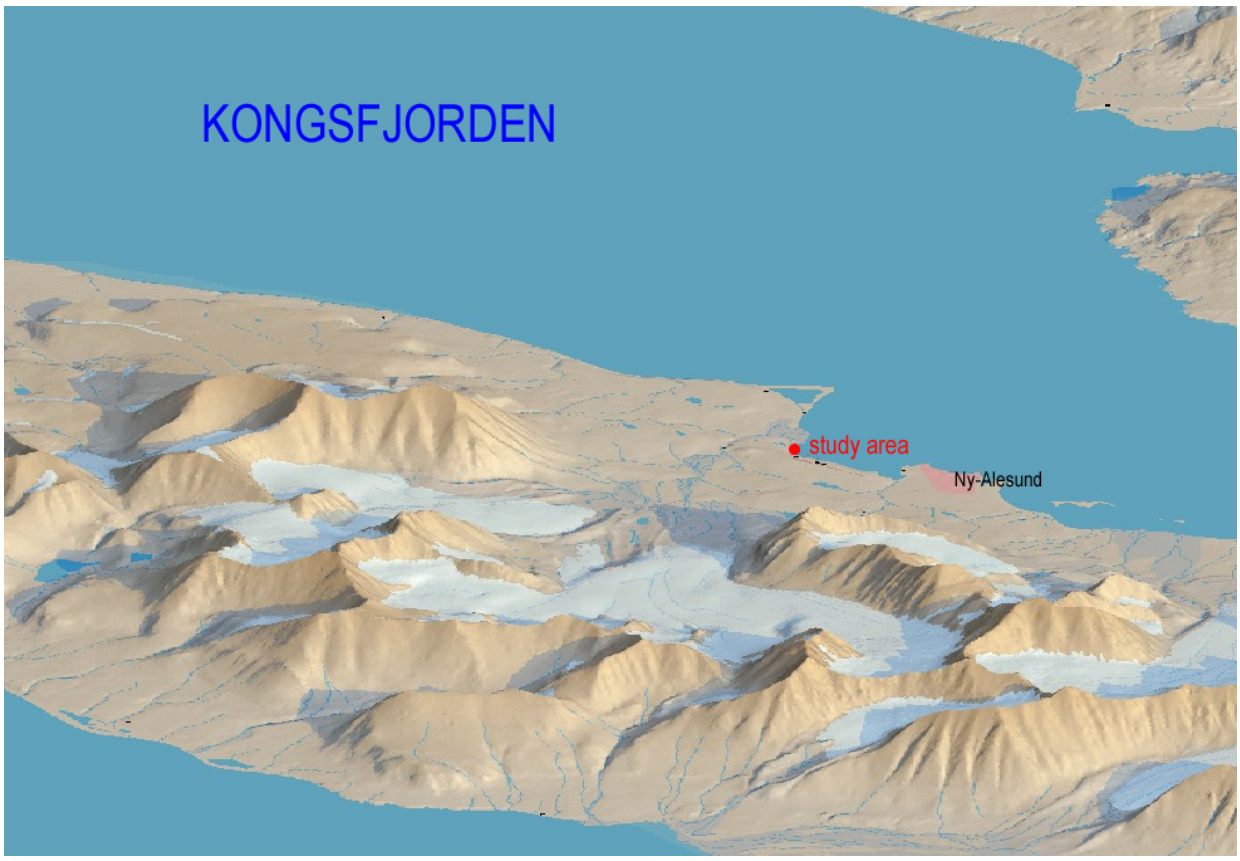


Рисунок 5.3 – Геоморфологическое строение территории исследования (Norwegian Polar Institute. URL: http://toposvalbard.npolar.no/)

Кроме того, необходимо отметить, что изучаемая территория располагается в районе дельты реки Bayelva, которая имеет воронкообразную форму, расширяющуюся в сторону бухты Kolhamn. Основным источником питания, которой являются два горных ледника Vestre Broggerbeen и Austre Broggerbeen.

5.2. Методики исследования и аппаратурное обеспечение

5.2.1. Методы исследование

Методика палеогеографических исследований. В процессе палеогеографической реконструкции геологических объектов и событий нами активно использовался целый ряд методов.

Метод фациального анализа. Фациальный анализ представляет собой метод восстановления палеогеографической обстановки путем изучения

характерных особенностей горных пород и заключенных в них окаменелостей. Его проводят по конкретному геологическому материалу: выявляют особенности строения слоев одновозрастных горных пород и изменения в пространстве их вещественного состава, структурных и текстурных особенностей горных пород, их минерального состава, а также заключенных в породе остатков ископаемых организмов и следов их жизнедеятельности. Фациальный анализ позволяет восстановить условия образования осадков и обитания организмов и, в конечном счете, физико-географическую обстановку прошлого. Он состоит из двух взаимосвязанных этапов: литологического и биономического анализов. *Литологический анализ* применяется при изучении горных пород, их минерального состава и строения с целью восстановления древней географической обстановки. *Биономический анализ* – изучение ориктоценозов с целью восстановления условий обитания организмов и палеогеографической обстановки. Путь исследования – изучение остатков отдельных организмов, восстановление их образа жизни и среды обитания, в конечном итоге восстановление палеогеографии. Ценные сведения можно получить при изучении формы тела или его положения, а также размеров тела, толщины створок раковины. Изучение характера захоронения позволяет сделать вывод о движении воды: скопление ломаной, окатанной или целой ракушки говорит о переносе течениями или волнами; ориентировка в пространстве удлиненных раковин указывает на направление движения воды, скопление скелетов с хорошо сохранившимися тонкими деталями – о спокойной водной среде осадконакопления.

Также была сделана *геодезическая съемка* морских террас.

5.2.2. Использованная аппаратура

1. *Приборная база.* Для проведения палеогеографичесих исследований было использовано следующее оборудование: нивелир BOIF AL 132, трехметровая рейка, спутниковый навигатор Garmin GPSmap62, бинокль для проведения геодезических исследований, мерная лента 7,5 м, почвенный щуп, почвенный бур с пробоотборником, соляная кислота, сита с размером ячеи 7, 10 мм, пакеты для геологических образцов, стерильные пробирки объемом 50 мл для отбора проб, лопаты штыковые.

5.3. Палеогеографическая изученность морских террас на архипелаге Шпицберген

Большинство работ посвященных изучению морских террас для палеогеографических целей проводились в 60-70-х годах прошлого века. Так, ряд работ советских и норвежских ученых посвящен, изучения комплексов морских террас северного побережья Ван-Мейен фьорда и западного побережья Билле фьорда (о. Западный Шпицберген). С помощью данных комплексов авторы делают попытку определить неотектонический режим архипелага в целом в верхнем плейстоцене-голоцене и конкретизировать неотектонических режим составляющих его элементов. Семевским Д.В. в своей работе (Семевский, 1965) отмечено, что древние береговые валы на нижних террасах, расположены под углом к современной береговой линии. Это обстоятельство указывает на существенное отличие положения древних береговых линий относительно современных. В этой же работе было установлено, что морские отложения, слагающие террасы Ван-Мейен фьорда и Билле фьорда, содержат обильную ископаемую фауну морских моллюсков и усоногих раков. Частая встречаемость целых экземпляров в нижних частях террас свидетельствует, в частности, об отсутствии сколько-нибудь сильных

течений во фьордах Шпицбергена в голоцене. Верхняя, гравийно-галечная часть разреза содержит, как правило, окатанные и разрушенные обломки раковин моллюсков и домики усоногих раков. Состав комплексов ископаемой фауны и его изменения по разрезу террас позволяют установить определенные закономерности в изменении палеоклиматических условий района.

Троицкий Л.С. в своей работе (Троицкий, 1971) сопоставил моренные образования с морскими террасами и за счет этого выделил ряд голоценовых стадий наступление и отступания ледников на территории архипелага. Так, в среднеголоценовое время (8-2,5 тыс. лет назад) оледенение Шпицбергена испытало значительное сокращение. Об этом свидетельствует залегание отложений морских террас от 3 до 40 м высотой с теплолюбивой фауной под современными ледниками. Следует отметить, что в это время ледники архипелага не исчезали полностью, так как в отложениях рассматриваемых террас встречаются довольно крупные валуны, принесенные, вероятнее всего, айсбергами.

Новая подвижка ледников приходится на начало верхнего голоцена. Однако достоверные ее следы выражены на Шпицбергене весьма слабо. К ним можно отнести некоторые напорные морены, на дистальных склонах которых морские террасы отсутствуют или выражены только у их подножья. Эти морены напора формировались на завершающем этапе голоценовой трансгрессии – примерно 3,0-2,5 тыс. лет назад. Можно предполагать, что именно тогда начали формироваться моренные гряды подножий крутых склонов, перекрывающие низкие морские террасы, что было вызвано широким развитием в это время шлейфовых ледников, снежников и нивально-осыпных процессов.

В работе (Троицкий и др., 1970) по данным радиоуглеродной датировки древесины-плавника определено, что, по крайней мере, в течение III-XII веков н.э. на Шпицбергене имело место сокращение оледенения, что

хорошо согласуется с представлениями о теплом и засушливом периоде в Европе в первом и начале второго тысячелетия нашей эры («второй климатический оптимум» голоцена), для которого характерно уменьшение ледовитости Северной Атлантики, отступание ледников в Альпах, Скандинавии, Исландии и других районах.

В работе (Шарин и др., 2006, 2008, 2009) делается палеогеографическая реконструкция природной обстановки плейстоцен-голоценового времени в пределах приморской равнины Флетера восточного побережья Вейде-фьорда. В этом районе ученые делают детальное описания трех обнажений с подробной литологической, микро- и макрофаунистической характеристикой каждого слоя (рис. 5.4).

На основании проведенного анализа геологических профилей получены следующие выводы. В эпоху интерстадиала Экхольм (24000-50000 л.н.) обширная территория фьорда была покрыта опресненной низкотемпературной водной массой. Можно предположить, что активное таяние ледников способствовало поступлению во фьорд значительного количества минеральных частиц, создающих неблагоприятный световой режим для развития фитопланктона и, как следствие, приводящих к низкой биопродуктивности водоема.

В таких условиях развивались сообщества фораминифер с высоким процентом видов-оппортунистов: *Elphidium excavatum f. clavata* и *Cassidulina reniforme*. Относительно высокое видовое богатство (10 видов) обеспечивалось за счет высокоарктических видов, обычных для фьордов Шпицбергена.

Наличие обломочного эрратического материала девонских пород в осадках раннеголоценового времени указывает на его привнос с запада или юго-запада. То есть, по крайней мере, часть Земли Андре, расположенная на западном берегу Вейде-фьорда, в это время могла быть покрыта ледниками, продуцирующими айсберги.

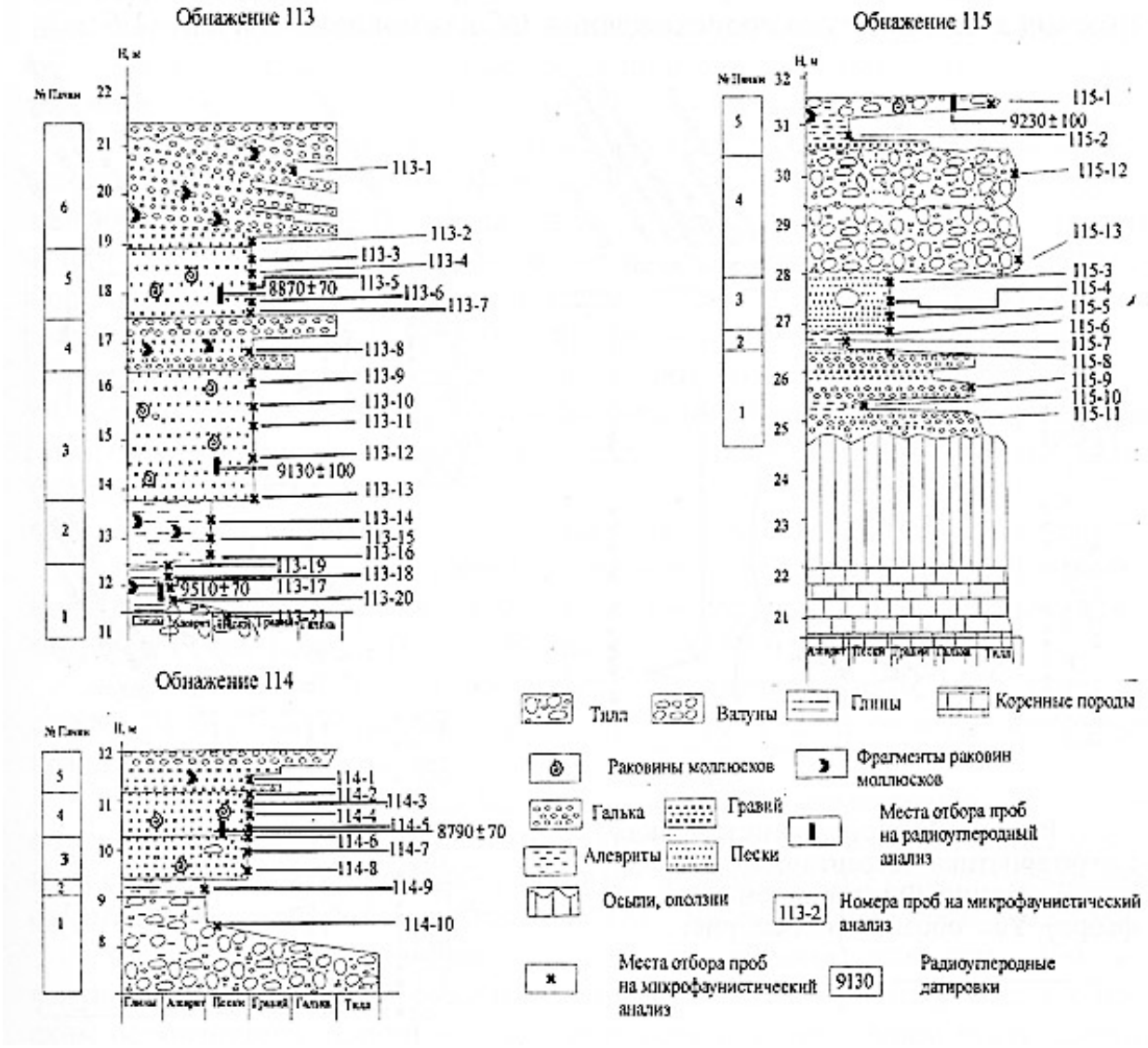


Рисунок 5.4 – Разрезы четвертичных образований в долине Флетердален (Вейде-фьорд)

Наиболее благоприятный для развития бентосных фораминифер период относится к раннему голоцену (около 9500 лет назад). В условиях активного притока во фьорд вод атлантического происхождения, массового поступления на дно органического вещества процветали богатые численно и таксономически комплексы бентосных фораминифер. О высокой продуктивности водоема в это время свидетельствует и достаточно большой процент во всех образцах вида-индикатора высокопродуктивных условий *Nonionellina labradorica.* Присутствие в ряде образцов *Cibicides lobatulus* указывает на усиление скорости придонных течений. Кардинальное

улучшение гидробиологической ситуации в регионе подтверждается также крупными размерами домиков *Balanus balanus* – типичных представителей макробентоса сублиторали. Их массивность согласуется с выводом о росте гидродинамической активности в придонном слое тогдашней акватории, базирующимся на данных микрофаунистического анализа. Выделенная тенденция снижения батиметрического интервала обитания этих рачков в периоды глобальных потеплений (Алексеев, 1993) позволяет предположить, что пачка 1 (обнажение 113) могла сформироваться на глубине 50-80 м.

Голоценовый климатический оптимум наступил в районе около 9500 лет назад, т.е. гораздо раньше, чем на акватории сопредельного Баренцева моря, где он фиксируется в среднем голоцене (7500-5500 лет назад).

В более поздний период (9230-8870 лет назад) произошло значительное обмеление акватории. Развитие получили мелководные высокоарктические виды. Сообщества, обитающие во внутренней части залива (обнажение 115), указывают на крайне неблагоприятные для развития биоты условия среды. Относительно высокая численность фораминифер (4 экз/г против 1-2 экз/г на мелководье) обеспечивалась за счет видов *Elphidium excavatum* f. *clavata* и *Cassidulina reniforme,* обладающих высокой конкурентоспособностью и способных развиваться в достаточно тяжелых гидробиологических условиях.

Таким образом, исследования поведенные Шариным В.В. и др. позволили выделить ряд индивидуальных черт палеогеографической ситуации в районе Вейде-фьорда на позднеплейстоцен-голоценовом этапе его развития. Одним из важнейших определяющих факторов при этом являлась специфика поступления теплых атлантических вод в проливы и фьорды архипелага. Именно с внедрением ветви Гольфстрима на северо-западную часть акватории Баренцева моря в пребореале можно связывать кардинальное улучшение гидробиологической обстановки во внутренних частях одного из наиболее крупных северных фьордов Западного

Шпицбергена гораздо ранее общепринятого времени климатического оптимума.

В работе (Большиянов и др., 2009) детально изучены три разреза морских террас центральной части острова Западный Шпицберген. Анализ собранного в трех геологических разрезах материала показал, что климат позднего неоплейстоцена на архипелаге Шпицберген был существенно теплее современного. Широкое распространение на архипелаге морских отложений поздневалдайского-раннеголоценового возраста, содержащих богатые комплексы моллюсков и фораминифер, ставит под сомнение гипотезу материковых ледниковых покровов, захватывавших весь Баренцевский шельф в сартанское время. Полученный абсолютный возраст осадков, залегающих практически на уровне моря, противоречит гляциоизостатической гипотезе, а значит, существованию Баренцевоморского ледникового щита.

Таким образом, изучение морских террас имеет весьма большое значение, прежде всего, для реконструкции палеоклиматических условий, палеогидродинамического режима вод и неотектоники района исследования.

Резюмируя все вышесказанное по данной главе можно сделать вывод, что палеогеографические события, происходившие в четвертичное время до последнего времени, остаются объектом неослабевающего внимания ученых разных стран. Несмотря на высокую геологическую изученность региона, выявляются все новые и новые черты его развития, ставятся под сомнения некоторые устоявшиеся позиции в области палеогеографии архипелага. В этой связи весьма актуальным представляется изучение комплекса террас в других районах Шпицбергена, что в дальнейшем позволит более детально реконструировать геологическую историю архипелага в целом и отдельного его района.

5.4. Результаты палеогеографических исследований

На приморской равнине нами были выявлены морские террасы имеющие северо-северо-западное простирание (рис. 5.5). Террасы представлены аккумулятивно-абразионными образованиями с мощностью морских осадков, обычно не превышающих одного метра. Молодые террасы прислонены к высокому до 20 м клифу старой морской террасы сложенной доломитами и/или известняками.

Рисунок 5.5 – Первая и вторая аккумулятивно-абразионная морская терраса залива Kalhmn, уступ первой террасы до бровки закрывает снежник (фото со стороны пляжа В.В. Кряучюнаса)

Морские террасы в целом характеризуются небольшими высотными различиями и неширокими площадками, слабо наклоненными в сторону моря и осложненными сериями береговых валов высотой до 50 см. Береговые валы находящиеся на верхних более старых морских террасах имеют простирание

отличающееся от направления современной береговой линии. Бровки террас выражены отчетливо, тыловые швы скрыты солифлюкционными образованиями. Установлены морские террасы следующих уровней: 2, 10-12, 16-20, 40-43 м.

Для составления опорного разреза четвертичных образований морских террас при определении абсолютных высот тыловых швов и бровок лестницы морских террас использовался нивелир с компенсатором BOIF AL120-132 и стандартная трехметровая рейка. Вкрест простиранию морских террас от кромки береговой линии был проведен разомкнутый прямой нивелирный ход (рис. 5.6). Замеры брались по двум сторонам рейки, за нулевой отчет был принят уровень бухты Kalhmn.

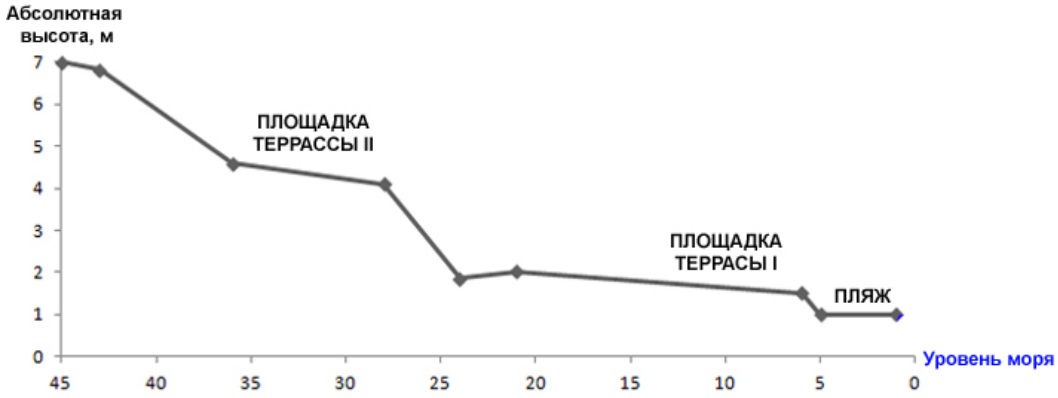


Рисунок 5.6 – Результат геодезической съемки морских террас и их структурные элементы

Геологическое строение и палеонтологическая характеристика морских террас. В связи с тем, что время работы на суше было жестко регламентировано, наиболее полное стратиграфическое описание получили две молодые террасы.

Абсолютная высота первой морской террасы составляет 1,5-2 метра над уровнем моря. Площадка террасы покрыта мохово-лишайниковой куртиной, мощностью до 1 см. На площадке террасы отмечается скопление неокатанных обломочных пород – дресвы и щебня, а также наблюдаются

единичные валунники мелкий неокатанный до 50 см. Здесь же обнаружено небольшое количество фрагментов раковин Mya truncata.

Снизу вверх вскрыты следующие отложения (рис. 5.7)

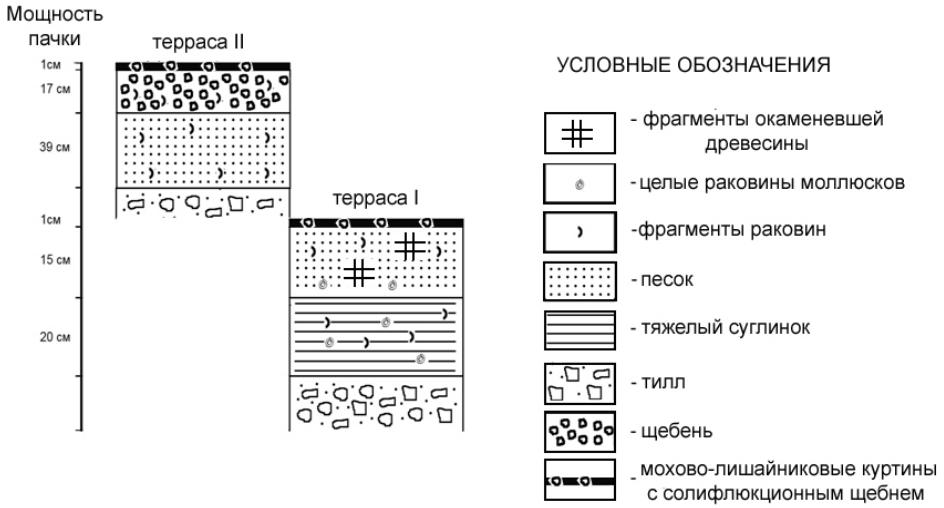


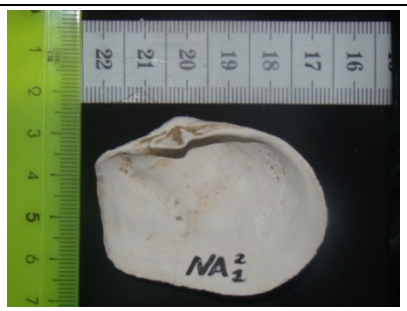
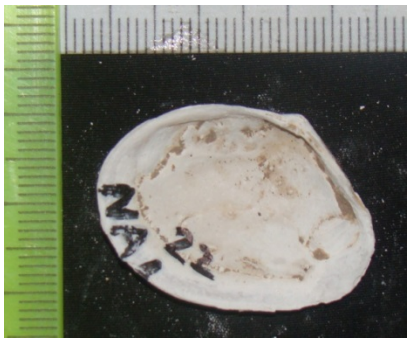
Рисунок 5.7 – Стратиграфическая схема строения морских террас

1. Пачка представлена мелкозернистыми песками бледно-коричневого цвета с включением дресвы (от 2 мм до 1 см) мощностью до 15 см. Во всей пачке отмечаются обломки раковин моллюсков от 5 мм до 3 см, в небольшом количестве встречаются хорошо сохранившиеся раковины *Mya truncate*.

2. Пачка тяжелых суглинков бледно-коричневого цвета. Общая мощность пачки 20 см. В сухом состоянии обладают твердой консистенцией, с большим трудом разминается руками, в свежем срезе вязкие пластичные принимают любую форму. Встречаются пятна железа. Обнаружены фрагменты и целые раковины моллюсков, преимущественно *Mya truncate* и *Macoma Calcarea*. Здесь же присутствуют фрагменты стенок *Balanus trigonus*. Встречаются конкреции, размером до 1 см, в некоторых из них в центральной части видны небольшие обломки раковин моллюсков. Внутренне строение конкреций однородное (табл. 5.1.).

3. Пачка тиллов, состоит из доломитов по гранулометрическому состоянию относящиеся к щебню размером от 10 до 100 мм. Данный горизонт характеризуется отсутствие макрофаунистического комплекса.

Таблица 5.1 – Некоторые артефакты первой террасы

		***Mya trucanta*** Двустворчатый моллюск, глубина обитания от 3 до 45 м.
		***Macoma Calcarea*** Один из наиболее распространенных видов моллюсков в четвертичных отложениях связан с глинистыми фациями. Распространен на глубинах 50-100 м.
		Стенки домика ***Balanus t trigonus Balanus trigonus*** род усоногих раков из подотряда морских желудей (*Balanomorpha*). Взрослые особи ведут неподвижный образ жизни, прикрепляясь к твёрдым поверхностям.

		Найдены фрагменты раковин ***Mya trucanta***, на глубине 20 см.
		Фрагиенты окаменевшей древесины

Вторая морская терраса имеет абсолютную высоту 4,5 м над уровнем моря. Площадка второй террасы по сравнению с первой террасой имеет меньшую ширину и больший наклон в сторону моря. На поверхности террасы преобладают мохово-лишайниковые куртины, мощностью до 1 см. Также терраса неравномерно покрыта дресвой и щебнем.

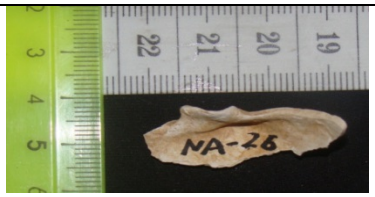
Снизу вверх вскрыты следующие горизонты:

1. Пачка мощностью 17 см представлена доломитовым щебнем до 10 мм, который состоит из кальцита и представлен в виде камней белого, серого, желтого и бурого цветов. Встречаются фрагменты раковин двустворчатых моллюсков.

2. Пачка горизонтально-слоистых среднезернистых песков бледно-коричневого цвета с включением редкого хаотично ориентированного мелкого дресвянника от 5,0 до 1,0 мм. В различных частях слоя встречаются фрагменты раковин морских моллюсков (табл. 7).

3. Пачка тиллов, состоящих из доломитов размером до 5 см. Макрофаунистический комплекс отсутствует.

Таблица 5.2 – Некоторые артефакты второй террасы

		Mya trucanta
		Замок Mya trucanta
		Фрагменты раковин Mya trucanta

На основании научно-исследовательской работы проведенной на территории исследования, с активным применением различных палеогеографических методов можно сделать следующие выводы.

1. Наличие серии морских террас на изучаемой территории говорит о том, что уровень моря в прошлом постоянно изменялся. Колебания уровня моря свидетельствуют об активной тектонической деятельности в данном регионе. Согласно литературным данным (Сироткин, 2009) район исследования относится к области альпийских надвигов, а сам Конгсфьорд является тектоническим разломом.

Скорость поднятия территории можно определить по структурным элементам морских террас, в частности по площадке. Так, небольшая наклоненная в сторону моря площадка второй террасы свидетельствует о том, что море находилось на данном уровне относительно короткий промежуток времени, и территория испытала относительно быстрое поднятие. В свою очередь, широкая и пологая площадка первой террасы

говорит о существенном замедлении скорости подъема. Широкий пляж, залегание снежника у уступа первой морской террасы, деградация лагуны в сеть озер все это указывает на продолжающийся подъем территории.

2. Установленный нами факт, что береговые валы, находящиеся на верхних более старых морских террасах имеют иное простирание по сравнению с современной береговой линии, дает основание предполагать, что береговая линия в прошлом располагалась к морю совершенно под другим углом.

Анализ стратиграфических колонок двух первых террас показал, частую смену палеогеографических условий на рассматриваемой территории.

Так, пачка с горизонтально-слоистым среднезернистым песком с окатанными фрагментами раковин морских моллюсков, свидетельствует о том, что в тот период времени данная территория была дном мелководной части залива его прибрежным районом. Вторую пачку данной террасы можно отнести к временам трансгрессии моря, когда волны разрушали берег и тут же откладывали крупнообломочный материал. Об активной деятельности моря в этот период также свидетельствуют сильно переломанные фрагменты раковин моллюсков.

Далее палеогеографическая обстановка поменялась на противоположную, наступила регрессия моря. Так, наличие пачки тяжелых суглинков с комплексом малакофауны в первой террасе говорит о том, что в этот геологический период времени на данной территории существовала лагуна, со спокойной тихой водой. Это подтверждается большим количеством хорошо сохранившихся тонкостенных раковин моллюсков, таких как ***Macoma Calcarea***. Интересно отметить, что целые раковины занимают такое же положение в слое, что и тело моллюска при жизни в водоеме. Во время шторма морская вода заходила в лагуну, о чем свидетельствуют не окатанные фрагменты раковин беспорядочно залегающих в суглинке.

Анализ второй пачки первой террасы свидетельствует о том, что в этот период преобладала трансгрессия моря. Это видно из того, что горизонт в основном состоит из морского песка, в котором встречаются окатанные фрагменты раковин моллюсков и наличие в слое принесенной окатанной окаменевшей древесины, как результат действия морской волны.

Таким образом, изучая морские террасы, мы получаем огромную научную информацию о геологическом прошлом, сегодняшнем и будущем изучаемой территории.

Список литературы

Алексеев В.В. К эволюции голоценового бентогенного карбонатонакопления на Медвежинском мелководье Баренцева моря// Литология и полезные ископаемые. – 1993. – №3. – С. 141-143.

Большиянов Д.Ю., Погодина И.А., Гусев Е.А., Шарин В.В., Алексеев В.В., Дымов В.А., Анохин В.М., Аникина Н.Ю., Деревянко Л.Г. Новые данные по береговым линиям архипелагов Земля Франца-Иосифа, Новая Земля и Шпицберген // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2009. – № 2. – С. 68-77.

Семевский Д.В. Морские террасы Ван-Мейен-фьорда и Билле-фьорда и их палеонтологическая характеристика. Материалы по геологии Шпицбергена. – Л.: изд. НИИГА, 1965. – С. 222-231.

Троицкий Л.С. и др. О колебаниях ледников Шпицбергена в позднем голоцене / Лаврушин Ю.А., Девирц А.Л., Добкина Э.И., Завельский Ф.С., Форова В.С. // Материалы гляциологических исследований. Хроника, обсуждения. – 1970. – №16. – С. 263-265.

Троицкий Л.С. О голоценовых стадиях оледенения на Шпицбергене // МГИ. Хроника, обсуждения. –1971. – № 18. – С. 63-68.

Шарин В.В. Геоморфология и четвертичные отложения района озера Линне (Западный Шпицберген). // Геология полярных областей Земли: Матер. XLII Тектонического совещания. – М., – 2009 – Т.2, –С. 301-303.

Шарин В.В. К стратиграфии четвертичных отложений пролива Хинлопен, архипелаг Шпицберген / Алексеев В.В., Погодина И.А. // Природа шельфа и архипелагов европейской Арктики: матер. Междунар. научной конф., Мурманск, 9-11 ноября 2008 г. М., – 2008. Вып. 8. – С. 388-392.

Шарин В.В., Новые данные по стратиграфии четвертичных отложений и палеогеографии Вейде-фьорда (архипелаг Шпицберген) / Алексеев В.В., Дымов В.А., Погодина И.А., Большиянов Д.Ю., Гусев Е.А. // Комплексные исследования природы Шпицбергена: матер. третьей Медунар. конф., Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2006. – Вып. 6. – С. 157-170.

6. Специальные метеорологические исследования: измерение содержания парниковых газов в атмосфере и гидрооптические наблюдения в эвфотическом слое моря

И.А. Говорина

Метеорологические исследования, выполненные в рамках научно-образовательной программы «Арктический плавучий университет - 2013», направлены на изучение газового состава атмосферы в приполярных широтах, в том числе определение концентраций парникового газа – диоксида углерода и озона, защищающего живые организмы от жёсткого ультрафиолетового солнечного излучения. Сведения об освещенности верхнего слоя моря и глубине эвфотического слоя необходимы исследователям – гидробиологам, поскольку солнечная радиация является одним из важнейших факторов, обеспечивающих синтез первичного органического вещества. Кроме того, в ходе экспедиции получены данные о цвете и прозрачности морской воды в различных частях акваторий Белого, Баренцева, Гренландского и Карского морей. Данные актинометрических наблюдений дают информацию о количестве суммарной солнечной радиации, приходящей к подстилающей поверхности и определяющей прогрев верхнего слоя моря.

6.1. Цель и задачи исследований

Цели метеорологических измерений:

- оценка содержания парниковых газов (углекислый газ, озон) в атмосфере над акваториями Арктических морей;
- исследование особенностей распространения фотосинтетически активной солнечной радиации, определяющей образование первичной продукции в верхнем слое Белого и Баренцева морей;
- выявление качественных и количественных связей между прозрачностью, цветом морской воды и глубиной эвфотического слоя.

Задачи:

- проведение непрерывных прямых измерений концентрации углекислого газа в приземном слое атмосферы;
- проведение регулярных измерений общего содержания озона;
- измерение суммарной солнечной радиации, приходящей к подстилающей поверхности;
- проведение измерений фотосинтетически активной радиации в диапазоне длин волн 400-700 нм в поверхностном слое моря;
- измерение относительной прозрачности и цвета морской воды
- непрерывные измерения основных метеорологических величин (температура, относительная влажность воздуха, атмосферное давление, скорость и направление относительного ветра).

6.2. Методики исследования и аппаратурное обеспечение

6.2.1. Метеорологические измерения

Для получения метеорологических данных используется установленная на борту НИС «Профессор Молчанов» АГМС AWS-2700 фирмы ANDERAA.

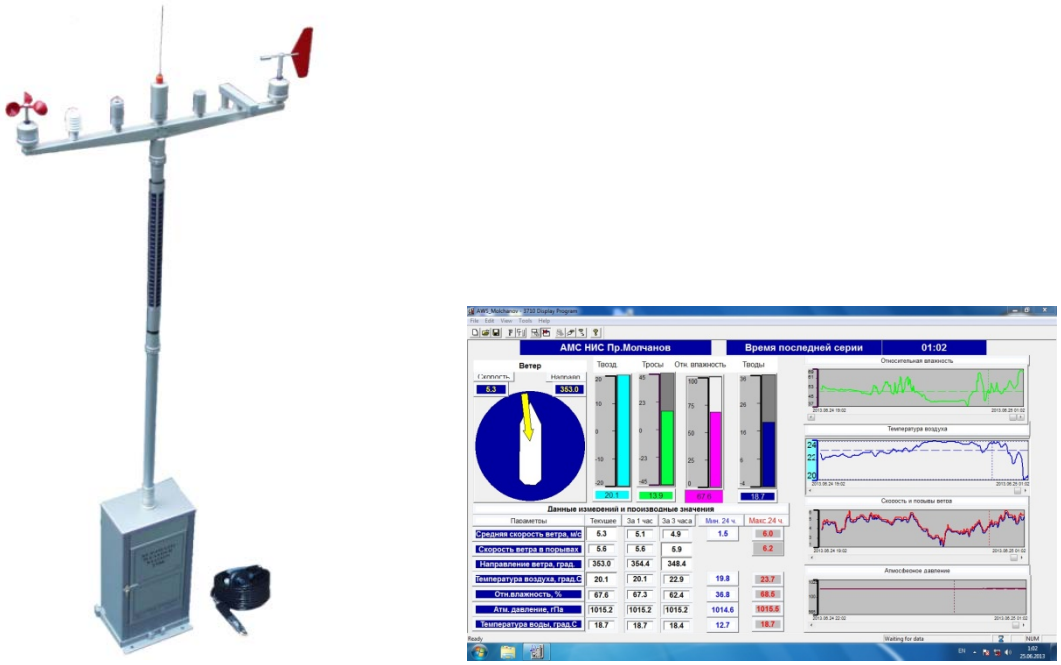


Рисунок 6.1 – а) АГМС AWS-2700 (AANDERAA), б) 3710 Display program

Данные поступают на персональный компьютер, расположенный в метеорологической лаборатории на 6 палубе. Таким образом, в автоматическом режиме получены следующие характеристики:

- температура воздуха
- скорость и направление относительного ветра
- относительная влажность
- атмосферное давление

Истинный ветер рассчитывается при помощи круга Молчанова на основании данных о скорости и направлении движения судна. Запись метеорологических параметров, измеряемых АМС, ведется непрерывно с дискретностью 1 раз в минуту.

6.2.2. Актинометрические наблюдения

Солнечное излучение, проходя через атмосферу, испытывает сложные преобразования. На пути от внешней границы атмосферы до земной поверхности происходит поглощение и рассеяние солнечных лучей. Вследствие рассеяния на уровне земной поверхности наблюдается не только прямая солнечная радиация в виде параллельного пучка лучей, идущих от солнца, но также и рассеянная радиация, падающая от всех точек небесного свода. Прямая солнечная и рассеянная радиации составляют в совокупности суммарную радиацию. Раздел метеорологии, изучающий солнечную, земную и атмосферную радиацию, называется актинометрией. Для проведения *актинометрических наблюдений* в рейсе «Плавучий университет» используется:

1. Пиранометр CM-21 Kipp & Zonen (Голландия)
2. Регистратор данных Li-1400

Рис.6.2 - Общий вид расположения пиранометра Kipp & Zonen модели CMP –21

Актинометрические наблюдения включают в себя непрерывные измерения приходящей суммарной солнечной радиации в диапазоне длин волн 0.3-3.0 мкм в автоматическом режиме. Пиранометр Kipp & Zonen (производство Голландия) установлен на кронштейне, закрепленном на реленге пеленгаторной палубы (рис.6.2).

6.2.3. Гидрооптические наблюдения

Измерения радиационных параметров морской воды выполняются в светлое время суток во время проведения гидрологических станций в точках отбора гидробиологических проб. Измерения потоков солнечной радиация осуществляется над поверхностью воды, а также на горизонтах 1, 2, 3, 4, …10, 12, 15, 20,…,40, 45 метров, в зависимости от глубины места и уровня получаемого сигнала. Синхронно фиксируется уровень приходящей солнечной радиации. Воздушный датчик LI-COR располагается на незатененной горизонтальной площадке. Во время проведения измерений фиксируются текущие погодные условия (балл облачности, состояние солнечного диска, горизонтальная дальность видимости, состояние поверхности моря и т.д.).

Рисунок 6.3 – а) Воздушный фотометр Li-COR на штативе и б) подводные фотометры Li-COR на раме с регистратором Data-Logger Li-1400.

Относительная прозрачность морской воды определяется с теневого борта с использованием диска Секки.

а) Диск Секки и б) шкала цветности морской воды ШВЦ-4.

Цветность определяется при сопоставлении видимого цвета диска Секки опущенного на ½ глубины относительной прозрачности со стандартной шкалой цветности морской воды (ШВЦ-4).

6.2.4. Измерения общего содержания озона

Озон является третей важнейшей поглощающей радиацию компонентной атмосферы и имеет весьма богатый спектр поглощения с интенсивными полосами поглощения в области коротких и длинных волн.

Озонометрические наблюдения проводятся с помощью фильтрового озонометра М-124 (рис. 6.4), применяемого на станциях Росгидромета. Метод измерения ОСО основан на свойстве озона - поглощать

ультрафиолетовую радиацию в диапазоне длин волн 280–330 нм. В качестве источника излучения используется рассеянная от зенита неба радиация.

Рис.6.4 - Озонометр М-124

ОСО определяют по отношению потоков ультрафиолетовой радиации, измеренных в двух участках спектра, один из которых находится в полосе поглощения озона, другой – на краю (вне) этой полосы. Для выделения рабочих диапазонов в озонометре М-124 используются два фильтра: первый с максимумом 302 нм и полушириной полосы пропускания 20 нм, второй с максимумом 326 нм и полушириной полосы пропускания 20 нм. Наблюдения на судне проводятся по декретному поясному зимнему времени. Единичное наблюдение состоит из оценки состояния неба в зените, отсчетов по двум светофильтрам и внутреннему термометру, фиксации времени проведения наблюдения и географических координат в момент измерения. Время и количество сроков наблюдений в течение светового дня определяется расписанием наблюдений, индивидуальным для каждого проходимого судном широтного пояса. Номер срока и результаты наблюдения записываются в книжку наблюдений О-2, а расчеты ОСО выполняются в компьютерной программе OZON-SZ (ГГО).

6.2.5. Измерения концентрации углекислого газа в атмосфере

Измерения концентрации углекислого газа (CO_2) на НИС «Профессор Молчанов» осуществляются с помощью оптического газоанализатора ОПТЭК ОПТОГАЗ 500.4 (г. Санкт-Петербург), предназначенного для

измерения объемной концентрации CO_2 в атмосферном воздухе в диапазоне 0-600 ppm (рис. 6.5). Прибор располагается в помещении метеорологической лаборатории на 6 палубе, в то время как воздухозаборный патрубок выведен на верхнюю радиопеленгаторную палубу с целью минимизации влияния собственных выбросов судна.

Рис.6.5 – Газоанализатор ОПТОГАЗ 500.4

Значения объемного содержания CO_2 с дискретностью 1 с выводятся на экран компьютера и регистрируются в памяти запоминающего устройства в автоматическом режиме.

6.3. Климатические особенности района исследований

6.3.1. Климат Белого моря

Климат Белого моря определяется его положением в переходной полосе между субполярным и умеренным климатом, глубоким врезанием его в сушу, слабым влиянием теплых баренцевоморских вод. В результате климат Белого моря холоднее климата Баренцева моря, расположенного значительно севернее, но отепляемого Нордкапским течением. Средние температуры воздуха в январе над всей поверхностью Белого моря отрицательные: от -10°С в северной части, прилежащей к Баренцеву морю, до -14°С на южном побережье. Средние температуры июля колеблются от 8°С в северной части до 13°С на южном побережье. Для Белого моря весьма характерны густые

плотные туманы весной и в первой половине лета. Они особенно значительны в Горле и в пределах центральной части. Осенью над Белым морем возникают шторма, вызываемые усилением северо-западных циклонов. Годовая сумма осадков около 500 мм, зимой их в 2—3 раза меньше, чем летом.

6.3.2. Климат Баренцева моря

Основные климатические особенности Баренцева моря определяются его высокоширотным положением, значительным отепляющим действием поступающих в море атлантических вод и спецификой атмосферной циркуляции.

В летний период устанавливается широтное распределение температуры воздуха над морем. В июле через Баренцево море в среднем перемещается около 5 циклонов, из них 2 – в северной части моря, 3 – в южной. Лето пасмурное, прохладное со среднемесячной температурой воздуха в июле от 8° до 1° тепла. Температура воздуха почти всюду выше температуры воды, большое количество облачности и туманов. Повторяемость пасмурного неба в июле в средних широтах моря достигает 90% и более. Туман и низкая облачность образуется при выносе влажных масс воздуха с юга на холодную водную поверхность, особенно часто они наблюдаются на границе льда и воды. Преобладают слабые (от 0 до 5 м/с) ветры, их повторяемость составляет 50 – 60%. Средние скорости ветра не превышают 5 – 6 м/с скорости ветра 11 м/с наблюдаются только в 50% случаев, из них на штормовые ветры ≥ 15 м/с приходится 1 -2%.

Годовое количество осадков изменяется от 800 мм на юге моря до 300 – 350 мм в северной части. На арктических островах и южном побережье Баренцева моря количество осадков существенно меняется из-за рельефа. На гористых о-вах Шпицбергена, Новой Земли осадков выпадает больше, чем в соседних районах.

6.3.3. Климат Карского моря

Особенности климата Карского моря обусловлены несколькими факторами, главными из которых являются географическое положение моря, атмосферная циркуляция и подстилающая поверхность. Карское море расположено к северу от полярного круга и находится под непосредственным влиянием холодного Северного Ледовитого океана с севера и большого по протяженности азиатского материка с юга.

В соответствии с условиями циркуляции атмосферы преобладающими воздушными массами над Карским морем являются холодный и сухой арктический воздух или континентальный воздух умеренных широт – более холодный и сухой зимой и сравнительно тёплый летом.

Существенную роль в формировании климата Карского моря играет подстилающая поверхность. Большую часть года Карское море покрыто льдом. Сплошной ледяной покров несколько сглаживает климатические контрасты между отдельными его районами. Лёд затрудняет теплообмен между океаном и атмосферой, но полностью не исключает его, поэтому климат Карского моря зимой несколько теплее, чем климат прилегающих районов суши.

В целом климат Карского моря характеризуется большими годовыми амплитудами температуры воздуха, холодной зимой с частыми штормами и метелями, большой влажностью в течение всего года, прохладным пасмурным летом с частыми туманами и осадками. Юго-западная часть моря отличается более мягким климатом по сравнению с его северо-восточной частью.

6.4. Результаты специальных метеорологических исследований

6.4.1. Результаты метеорологических и актинометрических наблюдений

В течение рейса «Арктический плавучий университет - 2013» проводилась непрерывная регистрация основных метеорологических величин с помощью автоматической метеостанции, расположенной на пеленгаторной палубе. По

результатам обработки данных были построены графики временного хода температуры и относительной влажности воздуха (рис. 6.6), атмосферного давления (рис. 6.7), диаграммы, отражающие количество общей облачности, наблюдавшейся визуально по 10-ти балльной шкале (рис.XXX) и количество солнечной радиации, приходящей к поверхности, а также роза ветров, описывающая направления и скорости ветра преобладавшие в районе исследований (рис.XXX) в июне (а) и июле (б) 2013 года.

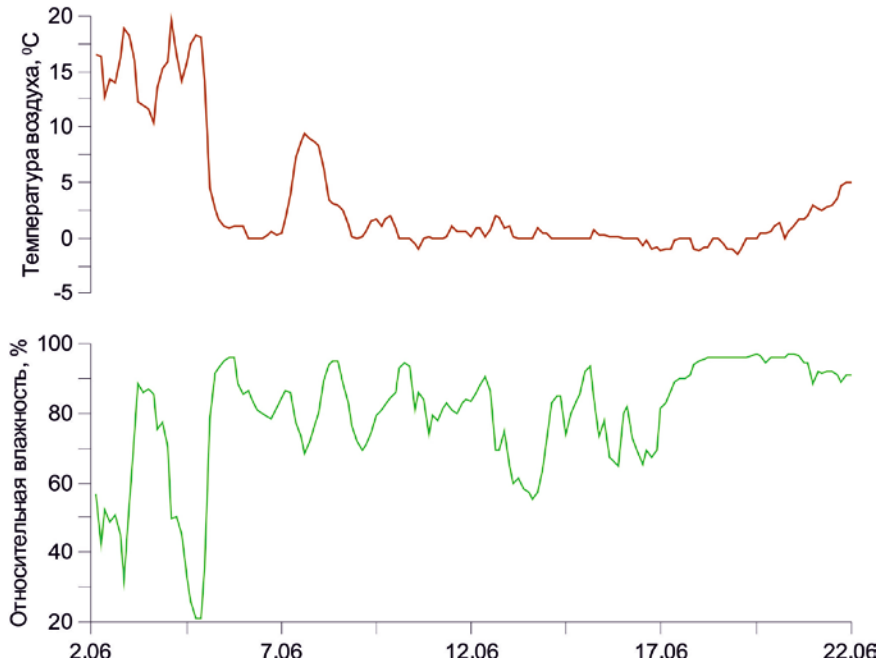


Рис. 6.6 - График временного хода температуры и относительной влажности воздуха 2-22 июня 2013 г.

Максимальное значение температуры 23,8 ^{0}C наблюдалось 24.06 в 22ч в акватории Белого моря при подходе к Архангельску. Минимальное значение температуры -2,3^{0}C зафиксировано 18 июня около 22:30, когда судно находилось у 79^0 с.ш. Значения относительной влажности воздуха в течение рейса составляли в среднем 80%.

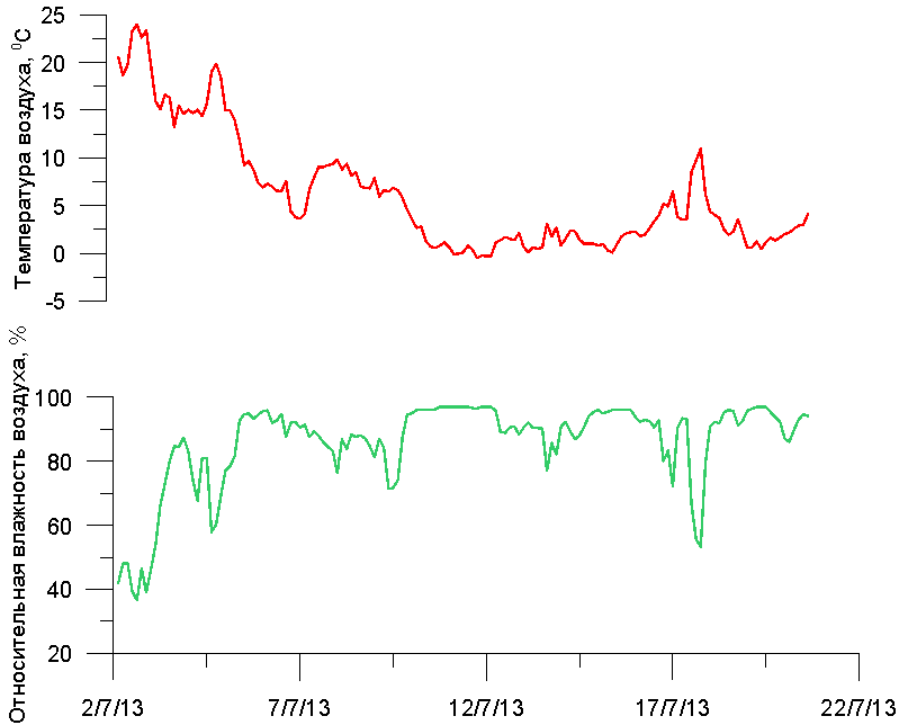


Рис. 6.7 - График временного хода температуры и относительной влажности воздуха 2-22 июля 2013 г.

Максимальное значение температуры 25,9^{0}С наблюдалось в день отхода судна из порта г.Архангельск 2.07 около 20ч. Минимальное значение температуры -0,8^{0}С зафиксировано 11 июля после 16ч. Максимальное значение относительной влажности воздуха составило 97% 11 июля с 8ч до 10ч. Минимальное значение относительной влажности воздуха 31% отмечалось днём 2 июля.

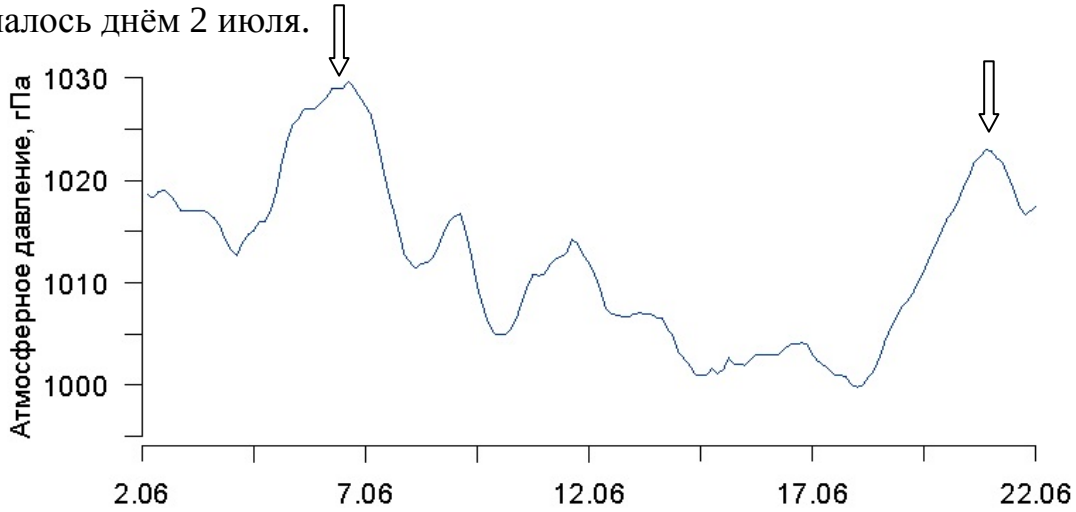


Рис.XXX. - График временного хода атмосферного давления 2-22 июня 2013 г.

Стрелками на рис.XXX отмечены максимумы атмосферного давления 1030 гПа и 1023 гПа, зарегистрированные 7 и 20 июля соответственно, во то время, когда НИС «Профессор Молчанов» находилось в области действия антициклонов (рис.XXX а,б - прямоугольный контур).

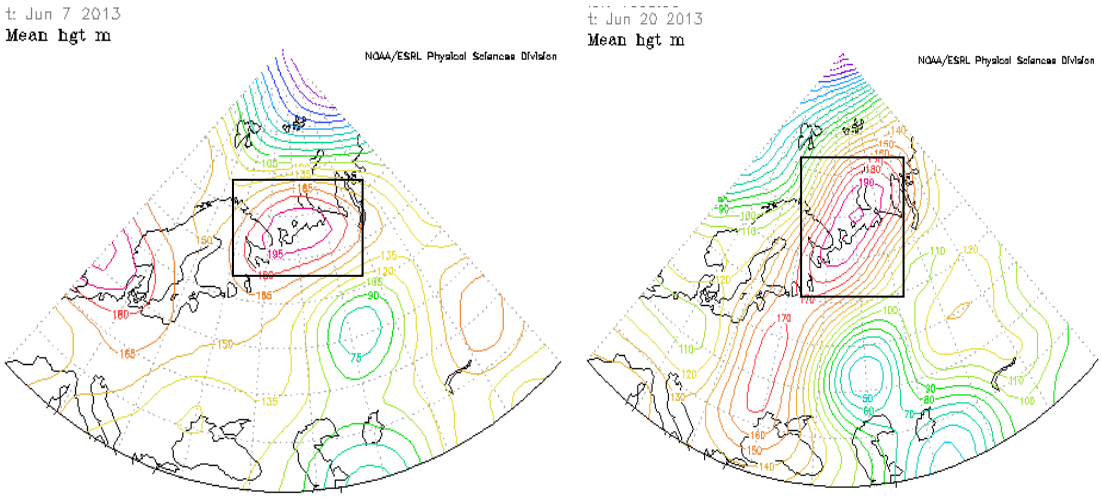


Рис.XXX. – Карта-схема распределения приземного атмосферного давления 7.06 (а) и 20.06 (б) по данным реанализа NCEP NCAR.

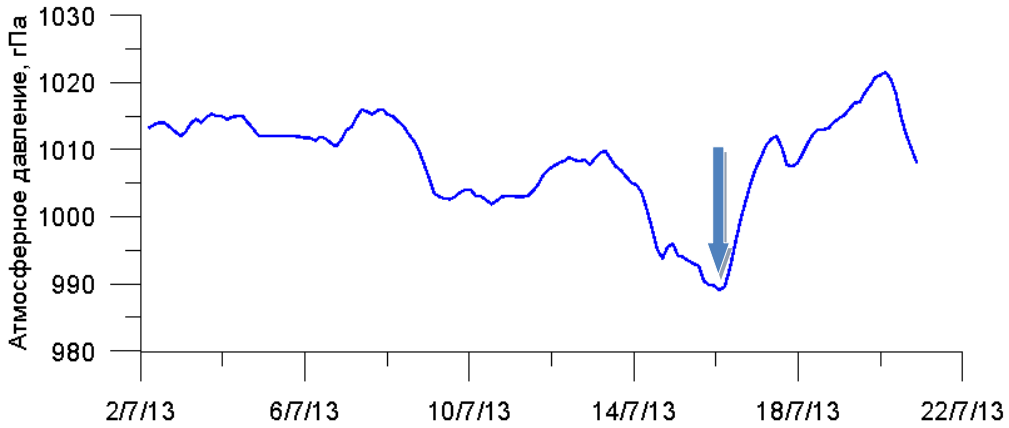


Рис.XXX. - График временного хода атмосферного давления 2-22 июля 2013 г.

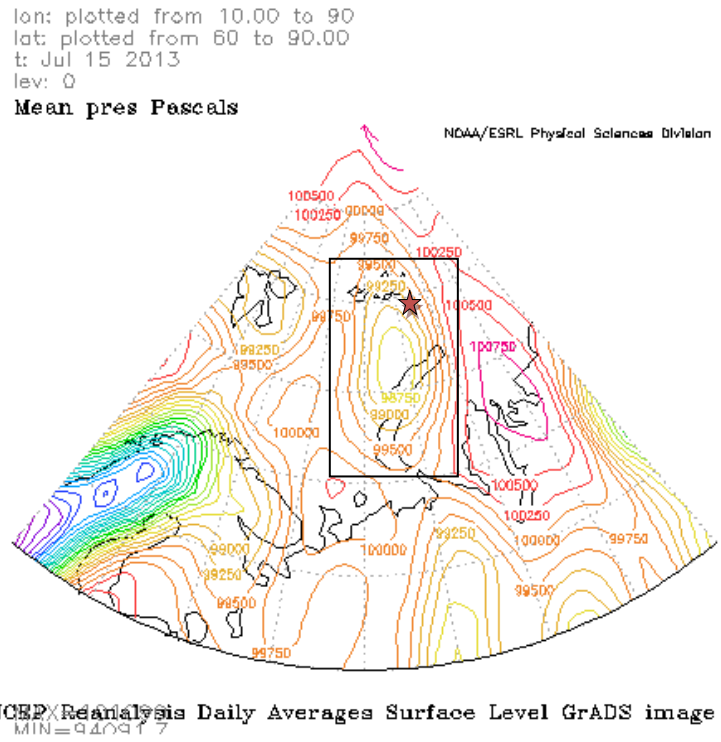


Рис.XXX. – Карта-схема распределения приземного атмосферного давления 15 июля по данным реанализа NCEP NCAR

На рис.XXX приведено распределение приземного атмосферного давления на 15 июля по данным реанализа, звездочкой отмечено положение судна. Стрелкой на рис.XXX отмечен минимум атмосферного давления 988 гПа, зарегистрированный 15 июля, когда НИС «Профессор Молчанов» находилось в области действия глубокого циклона (рис.XXX, прямоугольный контур).

а) б)

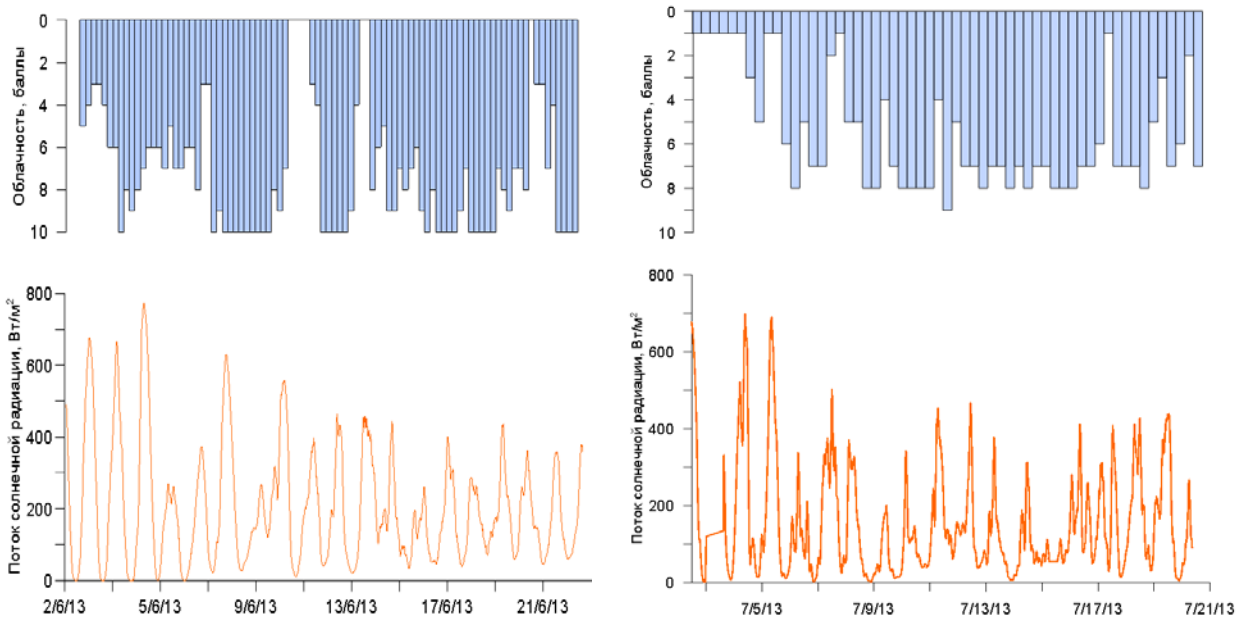


Рис.XXX. – Изменение потока солнечной радиации (график) и степени покрытия небосвода облаками (столбчатая диаграмма) в июне (а) и июле (б) 2013 г.

По данным актинометрических наблюдений среднее значение потока суммарной солнечной радиации, поступающей к подстилающей поверхности, в период 2.06-22.06 составило 206 Вт/м^2 несмотря на преобладание общей облачности до 10 баллов, в то время как в период 2-22 июля средний поток суммарной радиации составил 157 Вт/м^2 при меньшем покрытии небосвода облаками, в основном до 8 баллов.

6.5. Результаты гидрооптических измерений

В период проведения океанографических станций метеорологическим отрядом проводились измерения подводной освещенности с использованием высокоточных датчиков Li-COR, позволяющим зарегистрировать уменьшения потока фотосинтетически активной радиации с глубиной. Полученные данные будут использованы в работе гидробиологического и гидрохимического блоков. Подробный анализ пространственной изменчивости подводной радиации будет проведен на берегу. Результаты измерений относительной прозрачности верхнего слоя моря и глубины проникновения фотосинтетически активной радиации (ФАР, 400-700 нм) представлены на следующих рисунках:

6.5.1.Белое море

1) Разрез №1

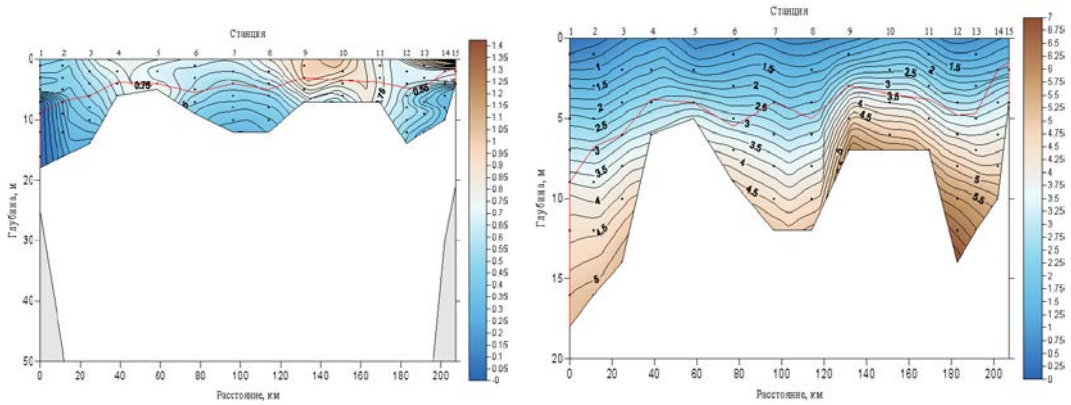


Рис.XXX. – Изменение коэффициента ослабления ФАР. Рис.XXX. – Ослабление потока ФАР с глубиной.

2) Разрез №2

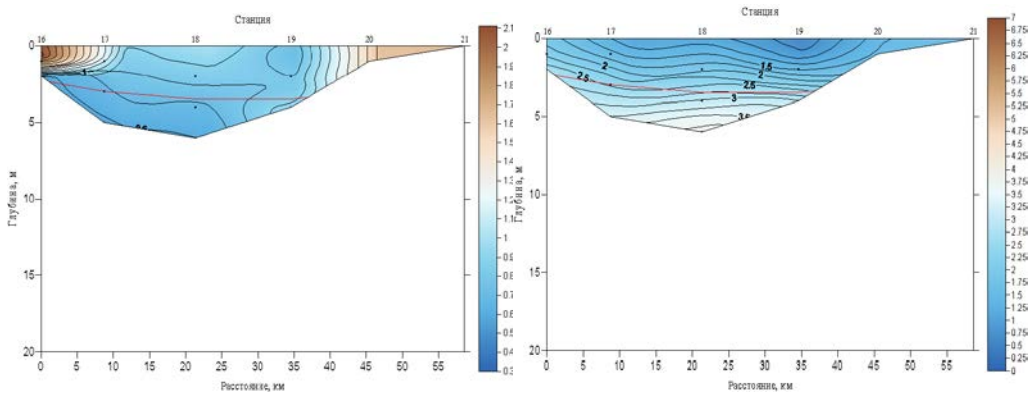


Рис.XXX. – Изменение коэффициента ослабления ФАР. Рис.XXX. – Ослабление потока ФАР с глубиной.

3) Разрез №3

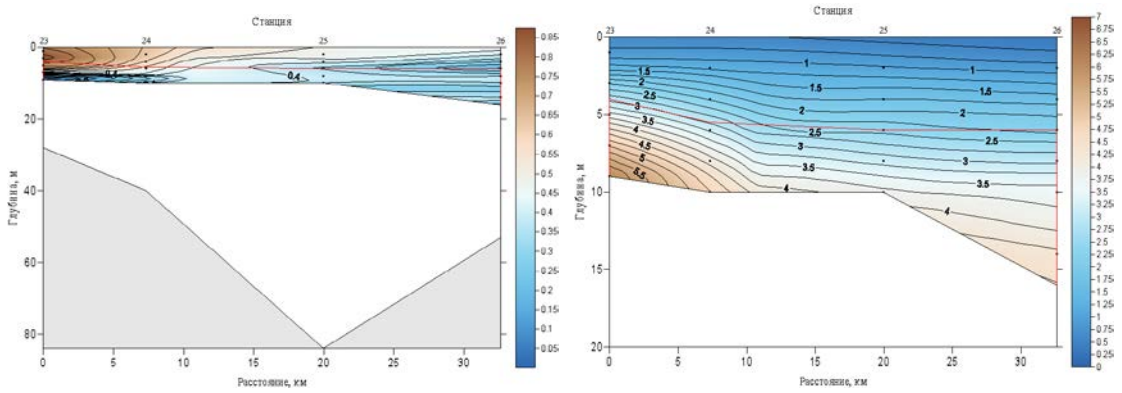


Рис.XXX. – Изменение коэффициента ослабления ФАР. Рис.XXX. – Ослабление потока ФАР с глубиной.

4) Разрез №4

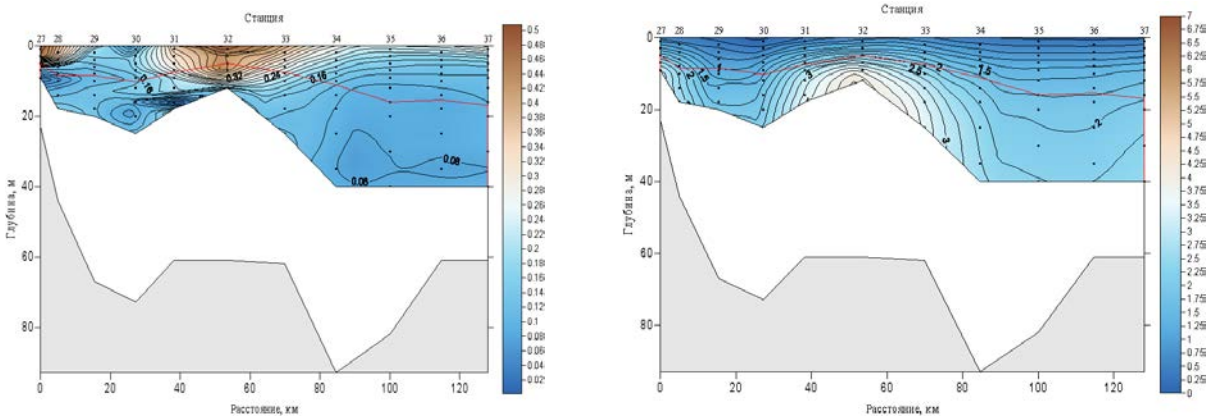


Рис.XXX. – Изменение коэффициента ослабления ФАР.

Рис.XXX. – Ослабление потока ФАР с глубиной.

6.5.2. Баренцево море

Результаты измерений относительной прозрачности верхнего слоя моря и глубины проникновения фотосинтетически активной радиации (ФАР, 400-700 нм) представлены на следующих рисунках:

1) Разрез «Кольский меридиан»

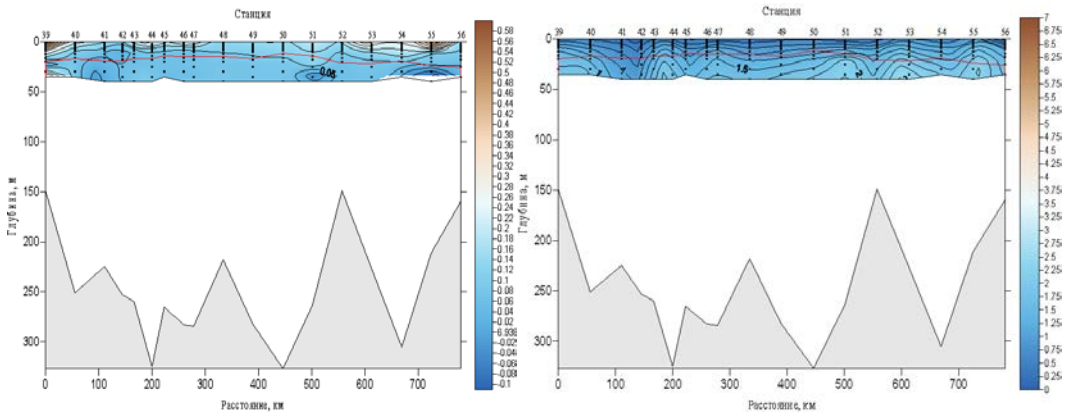


Рис.XXX. – Изменение коэффициента ослабления ФАР. Рис.XXX. – Ослабление потока ФАР с глубиной.

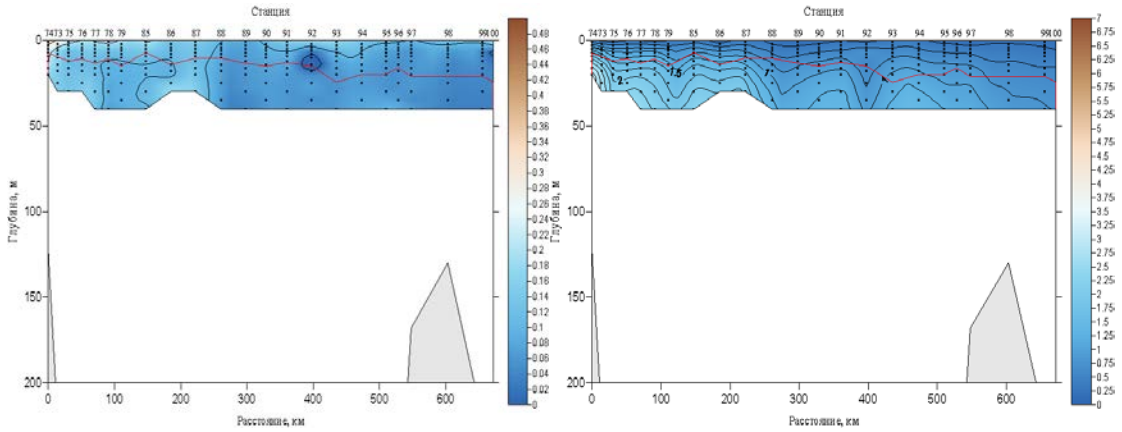


Рис.XXX. – Изменение коэффициента ослабления ФАР.

Рис.XXX. – Ослабление потока ФАР с глубиной.

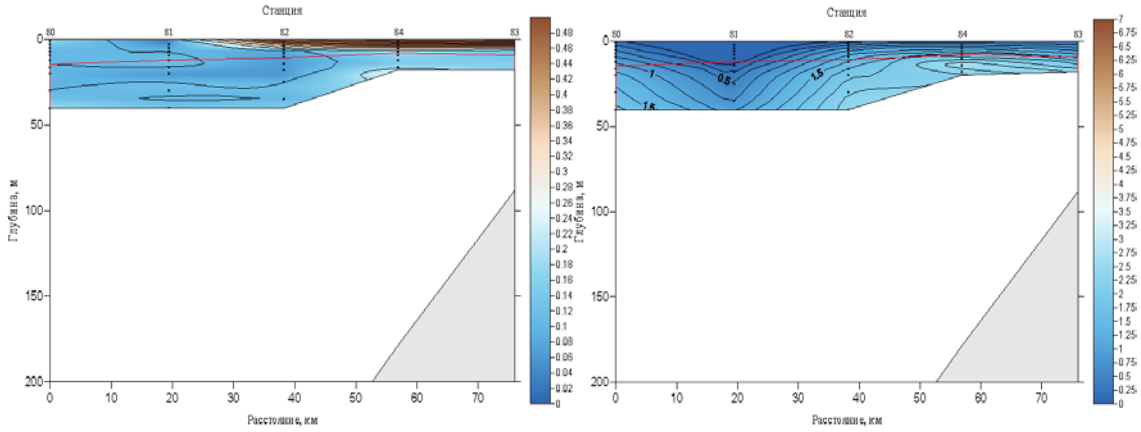
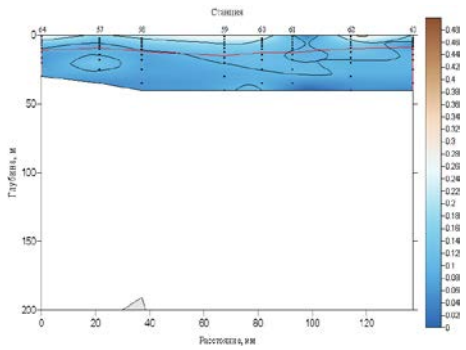


Рис.XXX. – Изменение коэффициента ослабления ФАР.

Рис.XXX. – Ослабление потока ФАР с глубиной.

6.5.3. Гренландское море



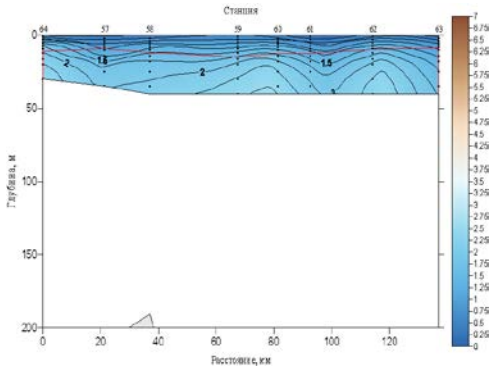
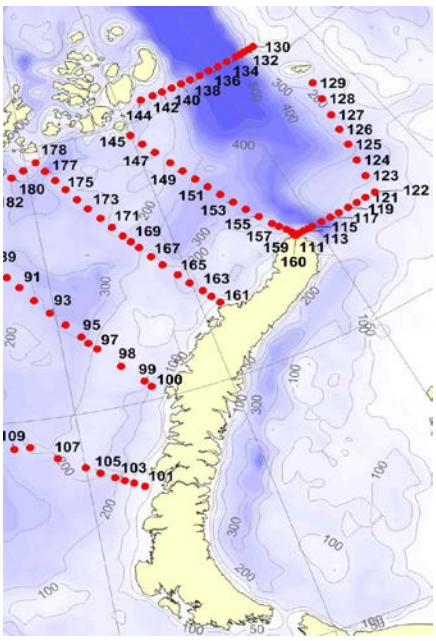


Рис.XXX. – Изменение коэффициента ослабления ФАР. Рис.XXX. – Ослабление потока ФАР с глубиной.

В соответствии с программой работ гидробиологического отряда в ходе июльского рейса «Арктический плавучий университет - 2013» измерения относительной прозрачности и цвета морской воды, а также глубины эвфотического слоя проводились в светлое время суток в околополуденные часы в точках океанографических станций.

Район работ и результаты измерений относительной прозрачности представлены на следующих рисунках:



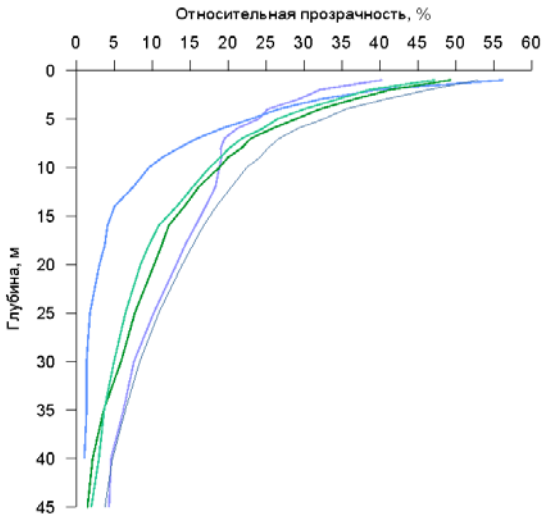
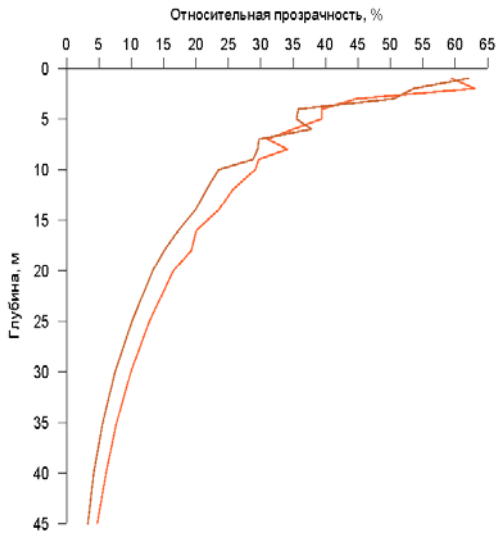


Рис.XXX - Относительная прозрачность воды в точках океанографических станций №№ 111, 114, 118, 119, 120.



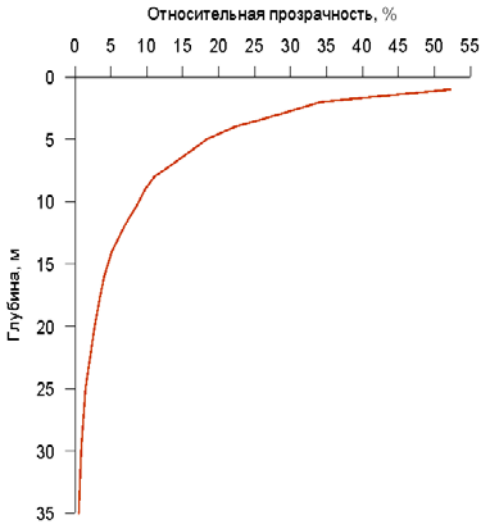


Рис.XXX - Относительная прозрачность воды в точках океанографических станций №№ 127, 128 (а), №139 (б).

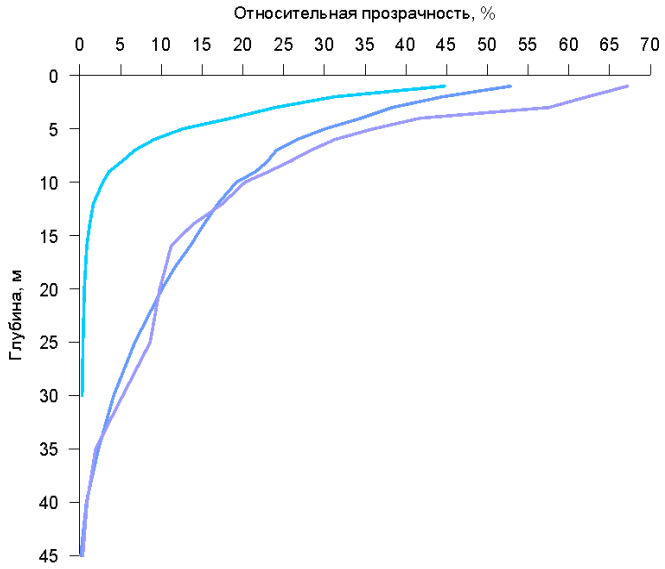


Рис.XXX - Относительная прозрачность воды в точках океанографических станций №№ 161, 175, 177.

6.6. Измерения общего содержания озона в атмосфере

В атмосферных химических процессах участвуют различные газы, которые реагируют друг с другом. Для начала многих реакций необходимо наличие ультрафиолетовой (УФ) и видимой солнечной радиации. Так, например, УФ радиация экранируется озоном и в то же время необходима для его генерации в процессе фотохимических реакций на высоте 25-30 км в так называемом «озоновом слое» Земли. В последнее время очень большое внимание уделяется исследованиям различных частей слоя атмосферного озона. При этом выделяют, прежде всего, его верхнюю часть (выше 25 км), довольно устойчивую и зависящую, главным образом, от фотохимических процессов – стратосферный озон, и нижнюю (до 15 км) – тропосферный озон, который очень изменчив и зависит от горизонтальной и вертикальной адвекции воздуха. Влияние озона на климат состоит в первую очередь в изменении температуры, поскольку, чем больше озона в порции воздуха, тем больше тепла она удерживает. Озон, содержащийся в нижних 10-15 км атмосферы, уже не играет роли биологического щита, скорее, выступает в качестве парникового газа, который задерживает тепловое излучение Земли, а также активно участвует в процессах окисления, оказывая неблагоприятное

воздействие на живые организмы. В связи с этим рост концентрации именно тропосферного озона, наблюдающийся в настоящее время, требует постоянного наблюдения и анализа.

По предварительным результатам обработки данных наблюдений за общим содержанием озона в атмосфере в период экспедиции «Арктический плавучий университет - 2013» можно сделать вывод, что по сравнению с аналогичным периодом измерений, проведенных в прошлом году, общее содержание озона значительно возросло.

Сравнение данных, полученных в ходе рейса, со спутниковыми данными Мирового центра данных по ультрафиолетовой радиации и озону (WOUDC, Канада) показало хорошее соответствие. Более детальный анализ будет проведен совместно со специалистами Главной геофизической обсерватории (Воейково, Санкт-Петербург).

6.7. Измерения углекислого газа в атмосфере над акваториями Арктических морей

Атмосферные составляющие тесно связаны между собой посредством химических, динамических и радиационных процессов. Одним из переменных параметров в полярной климатической системе, влияющим на внутренние термодинамические процессы, является ее газовый состав, подверженный изменениям, в первую очередь, за счет колебаний концентрации CO_2, а также других малых оптически активных газовых примесей. Именно воздействию увеличения концентрации CO_2 приписывается наблюдаемый тренд потепления климата. Для Арктического бассейна характерен интенсивный газообмен между атмосферой и океаном, зависящий от нескольких факторов. Изменения концентрации CO_2 в приводном слое воздуха зависит от состояния морского ледяного покрова, а при его отсутствии от температуры воды, а также от переноса воздушных масс с материка. Интенсивные выбросы CO_2 могут быть обусловлены и локальными эффектами.

Для того чтобы по возможности исключить влияние собственных выбросов судна на показания газоанализатора, была осуществлена фильтрация данных на основе направлений кажущегося ветра. Таким образом, были отсечены значения концентраций углекислого газа, наблюдавшиеся при направлениях ветра со стороны кормы судна, т.е. в секторе направлений 150-210^0. На рисунках 20 и 21 представлены графики среднесуточных значений концентрации углекислого газа в приземном слое атмосферы в ходе рейсов «Арктический плавучий университет - 2013».

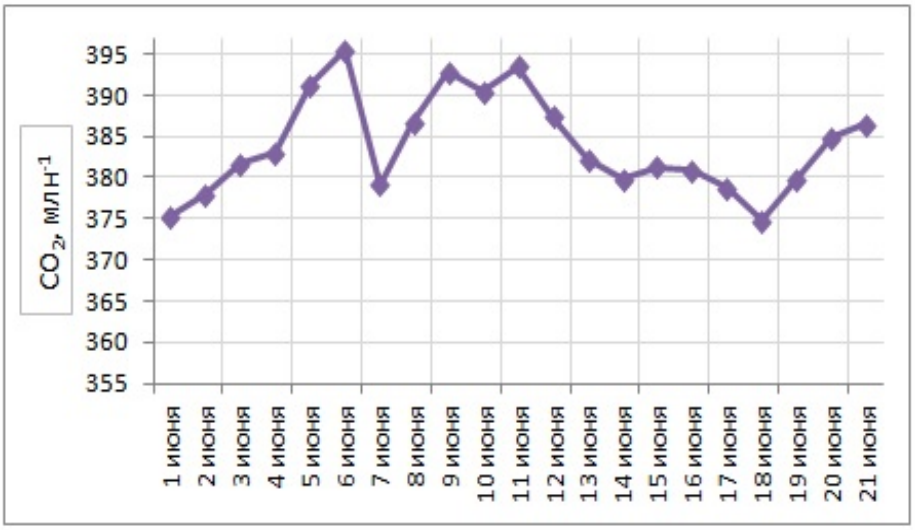


Рис.20. – График среднесуточных значений концентрации углекислого газа в приземном слое атмосферы с 1 по 21 июня 2013 г.

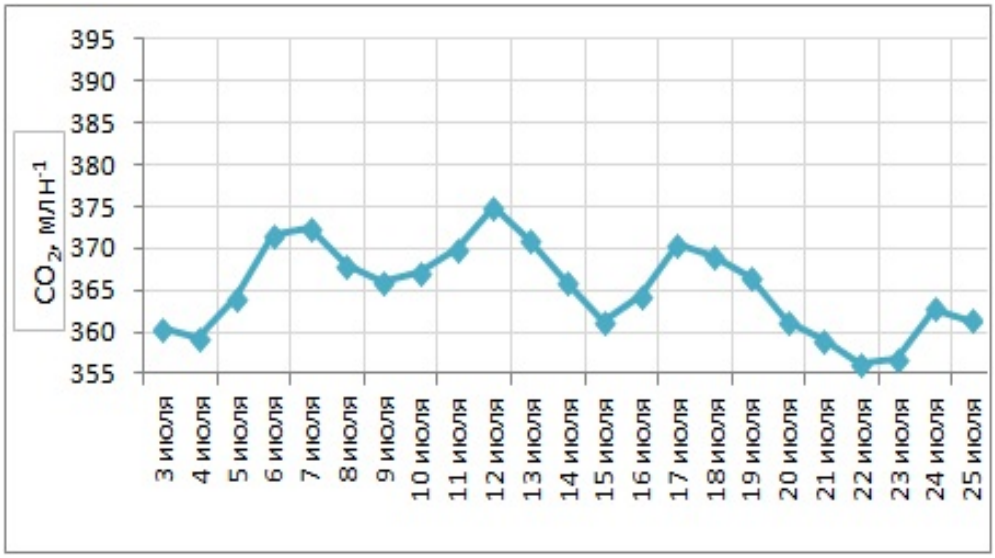


Рис.21. – График среднесуточных значений концентрации углекислого газа в приземном слое атмосферы с 3 по 25 июля 2013 г.

Как видно из приведенных графиков, на протяжении всего рейса в июне 2013 года значения концентраций углекислого газа превышали отметку в 375 млн$^{-1}$, среднемесячное значение составило около 384 млн$^{-1}$. В течение рейса, проходившего в июле 2013 г., среднесуточное содержание CO_2 в приземном слое атмосферы варьировалось в диапазоне 356-374 млн$^{-1}$. Среднее значение концентрации CO_2, рассчитанное за период 1-21 июня 2013 года, ниже, чем среднее за период с 3 по 25июля, что соответствует естественной внутригодовой изменчивости содержания углекислого газа в атмосфере.

В дальнейшем планируется проведение более подробного анализа с привлечением данных мониторинговых станций, расположенных в арктических широтах.

6.8. Результаты исследований

В результате специальных метеорологических исследований, проведенных в рейсе «Арктический плавучий университет - 2013» накоплен значительный объем информации о текущем состоянии климатической системы западного сектора российской Арктики. Данные измерений общего содержания озона в атмосфере демонстрируют увеличение в пределах нормы количества озона по сравнению с аналогичным периодом 2012 г.

Среднесуточные концентрации углекислого газа в приземном слое воздуха в течение всего рейса не превышали 395 млн$^{-1}$. Предварительное сравнение с данными мониторинговых станций в Арктике о содержании CO_2 в атмосфере показало, что значения, полученные в ходе рейса, не превышают фоновые.

По результатам гидрооптических измерений проведена оценка взаимосвязей между относительной прозрачностью и цветом морской воды, а также сформулированы эмпирические зависимости ослабления фотосинтетически активной радиации с глубиной в верхнем слое исследуемых морей.

Список литературы

1. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды: Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 9, ч. 3: - [Утверждено Росгидрометом 13 января 1998 г.] – 1998 № 52.04.585-97
2. Ерлов Н.Г.Оптическая океанография. М.:Мир, 1970. 224 с.
3. Козлянинов М.В. О расчете видимости белого стандартного диска. – Океанология, 1980, т.20, вып. 2. с.329-334.
4. Радионов В.Ф., Русина Е.Н., Сибир Е.Е., Шаламянский А.М. Особенности общего содержания озона в северной и южной полярных областях. //Проблемы Арктики и Антарктики// № 75. 2007г.

Шифрин К.С. Введение в оптику океана. Л.:Гидрометеоиздат. 1983. 275 с.

7. Гляциологические, криологические и георадарные исследования

С.А. Игловский, В.В. Кряучюнас, Д.Ю. Поликин

7.1 Ледники

Изучение островных арктических ледниковых систем, развитие которых проходит при взаимодействии целого ряда факторов и условий, является одной из актуальных задач экспедиции «Арктический плавучий университет».

Изменения климата, в первую очередь изменение термического режима и осадков, непосредственно сказываются на состоянии объектов криосферы - континентальной многолетней мерзлоте, ледниковых системах арктических островов и горных ледниковых системах.

Земля Франца-Иосифа делится на три крупные группы островов: западную, центральную и восточную. Деление проходит Британским Каналом и Австрийским проливом.

Основная часть островных ледников отмеченных на маршруте экспедиции, расположена на островах Земля Франца-Иосифа.

Поверхность большинства островов Земли Франца-Иосифа имеет характер платообразных возвышенностей со средними высотами 400-490 м. Берега островов, как правило, крутые и представляют собой делювиальные осыпные склоны, увенчанные отвесными утесами базальтовых покровов. В нижних частях склонов выработаны морские абразивные и абразионно-кумулятивные террасы высотой до 30-35 м. Вдоль побережья 2650 км (или 59% общей протяженности берегов) составляют барьеры ледников, отвесно поднимающиеся из воды. Низменных берегов сравнительно мало и представлены они плавно погруженными в море абразионными поверхностями – современными пляжами. В рельефе архипелага доминируют типичные плато с высотами в диапазоне 30-500 м.

Оледенение является основным компонентом природной среды

архипелага Земля Франца-Иосифа. Лед покрывает собственный рельеф архипелага, образуя определенные типы ледников и ледниковых потоков, что находит свое выражение в современных типах и конфигурации оледенения. Толщина ледников такова, что они скрывают формы рельефа, трещиноватая поверхность архипелага способствует образованию многочисленных ледниковых центров. Геометрически вылепленные овалы ледяных куполов с понижениями между ними представляют собой типичную особенность рельефа, которая придает поверхности сглаженную волнистую форму.

Площадь ледников достигает 13730 км^2, что составляет 85,1 % всей поверхности архипелага. В основном толщина льда близка к 180 м, количество воды, хранимой ими, оценивается в 2500 км^3.

В целом климат архипелага весьма благоприятен для ледников. Вследствие сильной облачности и туманов возможности для фотосинтеза весьма ограничены даже при солнечном свете, которого много в течение полярного дня. Продолжительность периода солнечной радиации на побережье составляет 20 % возможного времени (около 900 часов в год), а на ледяных куполах – 13 % возможного (около 600 часов в год).

Климат архипелага различен в разные годы. Типичные отклонения средних месячных температур могут достигать 1^0 С, а расхождения в годовом количестве осадков – 100 мм. Однако в летний период, когда температура воздуха держится вблизи точки замерзания воды, эти отличия имеют решающее значение для жизненного цикла и для ледников, в зависимости от положительных или отрицательных значений отклонений температуры.

Период осадков длится на архипелаге около 10 месяцев. Выпадение осадков, связанное с фронтальными процессами в циклонах, является главным источником питания ледников.

Экстремальные среднемесячные температуры смещаются от середины холодных и теплых сезонов к их концам. Такие особенности способствуют существованию ледников, что объясняет большое обледенение архипелага Земля Франца-Иосифа по сравнению с другими арктическими архипелагами.

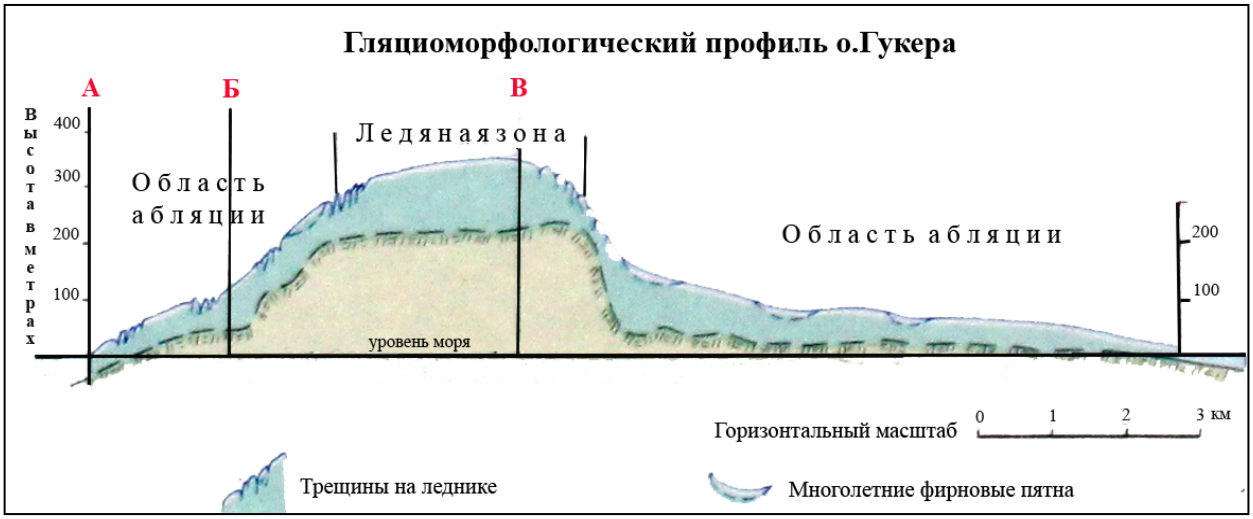


Рис. 7.1 – Гляциоморфологический профиль острова Гукера

Основные ледниковые районы, встретившиеся на пути экспедиции «Арктический плавучий университет», расположены в пределах архипелага Земля Франца-Иосифа, и относятся к его восточному району.

Рыхлый покров приледниковой зоны преимущественно состоит из грубообломочных и песчано-глинистых отложений мощностью не более нескольких метров. Они оттаивают в течение непродолжительного лета в среднем на 40-60 см. Обилие летом талых вод, также как и частые переходы температуры через 0°, характерные для районов арктического морского климата, способствуют физическому выветриванию и сносу рыхлого материала по склонам (*Суходровский*, 1962).

По данным (Анисимов О.А и др., 2007) общая ширина фронтов ледников, заканчивающихся в море, на архипелаге Земля Франца Иосифа составляла в 2001 г. 2510 км. В целом для архипелага характерно сокращение площади ледников. Больше всего (суммарно на 250 км^2) площадь оледенения сократилась на островах Солсбери, Земля Вильчека, Гукера, Земля Георга, Галля, Мак-Клинтока, Греэм-Белл, Ла-Ронсьер, Луиджи, Циглера. По данным радиолокационного зондирования, средняя толщина льда на них составляет около 50 м.

Для Земли Франца-Иосифа характерны сложные покровные ледниковые образования, состоящие из ледников плато и ледников долин.

Эти два типа тесно связаны и часто переходят один в другой. Наиболее характерны ледниковые щиты – крупные ледяные образования, расположенные на самых больших островах архипелага.

К ним относятся ледниковые образования островов Гукера и Чамп (рис. 7.2), находящиеся на пути экспедиции. Они располагаются в восточной группе островов архипелага.

Рис. 7.2 – Участок ледникового плато на острове Гукера

Рис. 7.3 – Ледник на острове Чамп

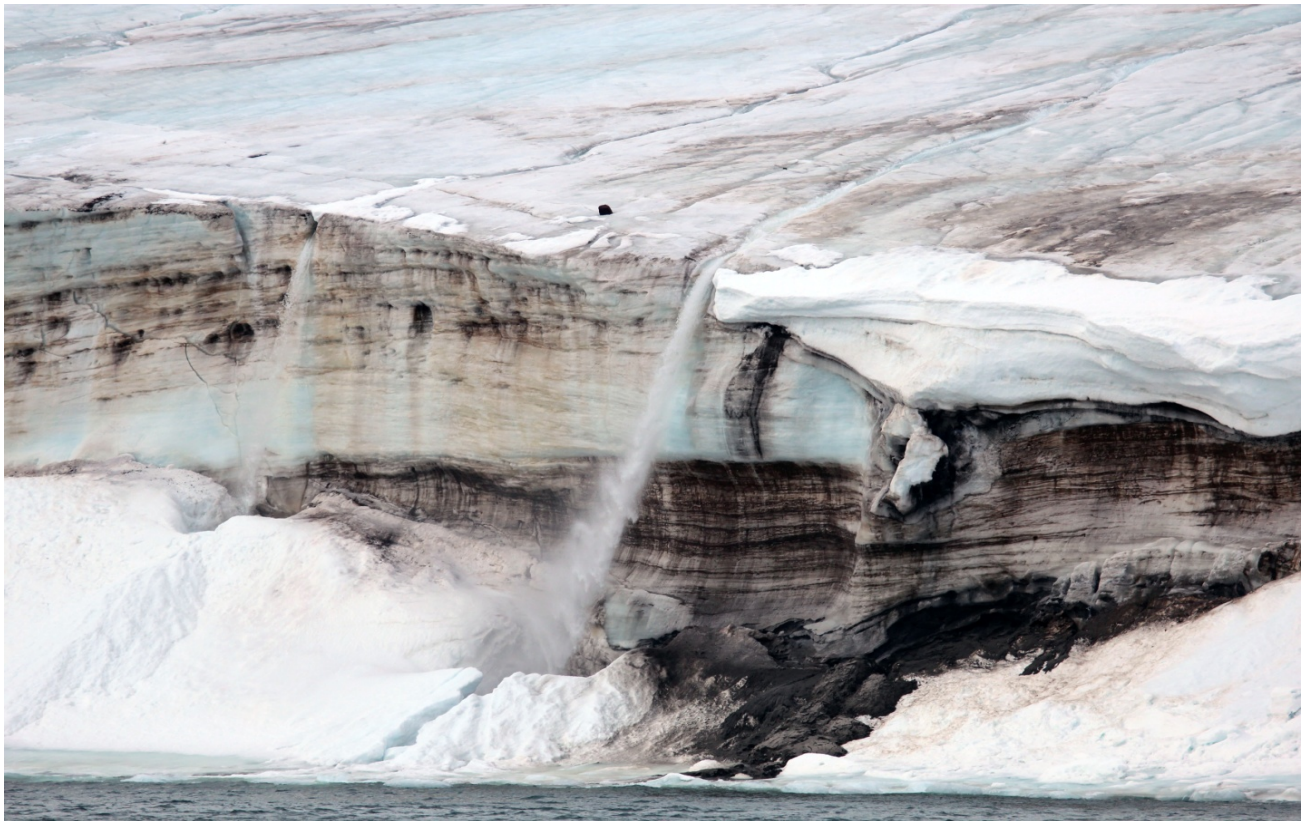


Рис. 7.4 – Таяние ледника на острове Чамп

Таяние ледника (рис. 4) характерно для его нижней части, в верхних частях таяние также имеет место, но стока талых вод не происходит, они просачиваются в фирн и снова замерзают.

Рис. 7.5 – Ледник на острове Хейса

Мощность нижней части ледников, спускающихся в море, колеблется от 40 до 120 м. Ледники долин занимают линейно вытянутые понижения в коренном рельефе островов. Почти все они являются выводными с ледниковых щитов и куполов, достигают моря и продуцируют айсберги (Долгушин Л.Д. и др, 1989). Наиболее характерны выводные ледники, встреченные за время экспедиции, представлены на островах Гольфстрим (рис. 7.6). Распределение типов ледников отражает комбинированное влияние климатических факторов и факторов, связанных с топографией коренных горных пород.

Рис. 7.6 – Долинный ледник на о. Гольфстрим

Рис. 7.7 – Долинный ледник Легздина

На период проведения экспедиции для ледников характерен режим абляции. Этот период характеризуется устойчивыми положительными температурами воздуха и длится от 40 до 60 дней. Для этого времени

характерна сырая и облачная погода с частыми туманами, что неоднократно было отмечено во время наблюдения с борта судна. Плотный туман значительно затруднял фотосъемку изучаемых объектов.

Рис. 7.8 – Выводной ледник на острове Греэм-Белл

Таким образом, относящиеся к восточной группе островов Земля Вильчека, Греэм-Белл, Сальм, Мак-Клинток, Ронсьер, Ева-Лив, Райнер, представлены сравнительно простыми по форме, но большими по площади ледниковыми комплексами и куполами. Имеется немного больших выводных ледников. Рельеф свободной ото льда суши слабохолмистый. Вершины ледниковых покровов островов поднимаются до 500–600 *м* над уровнем моря, что связано с большой толщиной льда (300–400 *м*).

На о. Земля Вильчека находится самый крупный выводной ледник – Знаменитый, длиной 30 км и площадью 382 км^2. На о. Греэм-Белл расположен самый большой купол – Ветреный, площадью 728 км^2.

7.2. Гляциологические, криологические и георадарные исследования на морских террасах о. Западный Шпицберген

В рамках комплексной экспедиции 2013 года на НИС «Профессор Молчанов» основным объектом наших исследований были морские террасы (древние береговые линии) западного побережья острова Западный Шпицберген.

Морские террасы относятся к прибрежной зоне, а это пространство, где с особой интенсивностью осуществляется взаимодействие суши и моря, а также человека с окружающей средой. Поэтому комплексное изучение природы этих геологических объектов стало основной целью, которую мы поставили перед собой в данной экспедиции. В связи с этим были проведены геодезические, геоботанические, геохимические, гляциологические и палеогеографические исследования.

В процессе исследования была получена научная информация, которая позволила нам внести свой небольшой вклад в общемировую копилку знаний о природе архипелага Шпицберген.

Целью работ было изучение перигляциальных ландшафтов с использованием метода георадиолокации. Опробование стандартных методов диагностики и корреляции палеогеографических событий для изучения колебательного движения ледников Шпицбергена в позднем голоцене. Формирование практических навыков у студентов проведения полевых экспедиционных исследований в условиях высокоширотных арктических ландшафтов с элементами гляциологических, мерзлотных и палеогеографических исследований.

7.2.1 Методики исследований

В настоящее время, опыт применения георадара (рис. 7.8, 7.9) для изучения криолитозоны, арктических ландшафтов как многофазной системы

(лёд, вода, грунт, воздух), по большей части сводится к структурным построениям с выделением кровли и иногда подошвы криолитозоны.

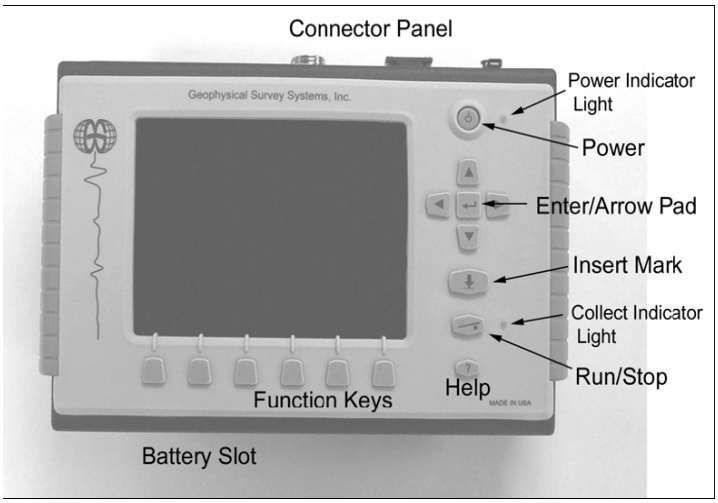


Рисунок 7.8 – Георадар SIR-3000 (США)
и антенна Subecho-40 (Швеция)

Рисунок 7.9 – Работы с георадаром в окрестности п. Лонгйир

Широкое применение георадара для такого рода работ обусловлено в первую очередь существенным различием физических свойств, в данном случае диэлектрической проницаемости, пород, находящимся в талом и мерзлом состоянии. Возможность картирования таких границ показана в работах (Омельяненко, 1989; Василенко и др., 1999; Владов, Старовойтов, 2004; Нерадовский, 2005, 2007, 2009). Контраст свойств обеспечивает появление на георадиолокационных записях интенсивных отраженных волн, по положению осей синфазности которых и картируется граница между мерзлыми и талыми породами. Главным фактором, обеспечивающим контрастность слоев по диэлектрической проницаемости в условиях многолетней мерзлоты, является наличие замерзшей воды. Чем ее больше, тем ниже значение диэлектрической проницаемости и выше скорость электромагнитных волн. Зарубежный опыт применения георадиолокации для изучения многолетнемерзлых пород описан в работах (Annan, Davis, 1976; Arcone, Delaney, 1989; Davis, Annan, 1989; Moormon, Michel, 1997), а также на сайтах компаний «GSSI» (http://www.geophysical.com). В России георадиолокационные методы для изучения грунтов, находящихся в мерзлом состоянии, освещены в работах (Финкельштейн и др., 1986; Фролов, 1998; Василенко и др., 2001; Нерадовский, 2009; Ермаков, Старовойтов, 2010).

Камеральные работы по дешифрированию георадарных профилей проводятся с применением стандартного программного комплекса обработки данных георадиолокации RADAN 6.5. Данные по профилям переносятся из внутренней памяти в компьютер с помощью USB накопителя. Обработка георадиолокационных зондирований ведется обработки однотипно для всех профилей. Целью обработки является преобразование георадиолокационных данных в разрез, отображающий все геологические и техногенные объекты, залегающие в исследуемой среде. С помощью разнообразных приемов помехи и шумы ослабляются, а полезный сигнал подчеркивается. Обработка данных включает следующие процедуры:

введение данных

- корректирование первого вступления прямой волны
- частотная фильтрация
- усиление амплитуд
- удаление влияния прямого сигнала для приповерхностных объектов
- скоростной анализ и выделение гиперболических осей синфазности
- преобразование временной шкалы в шкалу глубин, беря за основу определение средней скорости распространения волн в исследуемых грунтах
- преобразование Гильберта
- деконволюция
- задание параметров визуализации данных
- выделение объектов

На разрезах выделяются аномальные области, характерные для локальных неоднородностей в грунте.

Антенной георадара излучаются ультракороткие электромагнитные импульсы (единицы и доли наносекунды). Центральная частота сигнала определяется типом антенны. Проходя в землю через приповерхностные слои, некоторая часть энергии волны отражается от границы между пластами и направляется в обратном направлении к поверхности, а часть энергии, что осталась, проникает вглубь. Энергия отраженной волны принимается на поверхности приемной антенной, усиливается и преобразуется в цифровой вид. Потом сигнал обрабатывается и отображается на дисплее георадара в зависимости от времени по вертикальной шкале. При равномерном передвижении антенны по поверхности получаем беспрерывную (временную) «картинку» приповерхностных условий вдоль линии движения (георадарограмму). Отражения вызываются наличием границ между веществами в грунте с разными электрическими свойствами. Такими границами являются границы пластов, изменения влажности грунтов, разуплотнения грунтов, пустоты, различные искусственные объекты.

Глубина проникновения радиоволн зависит от электрической проводимости и диэлектрической проницаемости грунтов. Также глубинность исследований зависит от частоты возбуждения электромагнитных волн – увеличивается при уменьшении частоты и наоборот. Наблюдения записываются и сохраняются во внутренней памяти георадара SIR-3000. Усиление, параметры фильтрации и обработки радиоволновых импульсов выбираются таким образом, чтобы обеспечить максимальное увеличение полезного сигнала в сравнении с фоном и разными помехами для условий данной территории.

7.3. Современные особенности оледенения Шпицбергена

Архипелаг Шпицберген лежит на пути крупных североатлантических морских течений и мощных влагонесущих потоков. Ледниками покрыто около 60% его поверхности (Гляциология…, 1985). Всего на Шпицбергене насчитывается около 2128 ледников, 1029 из них площадью более 1 км^2 (Listøl, 1993). Это горно-долинные, горно-покровные и покровные ледники.

Средние абсолютные высоты острова – от 700 до 1200 м, максимальная отметка – 1717 м (г. Ньютон). К западной части острова, сложенной протерозойско-палеозойскими породами, приурочен сильно расчлененный рельеф (породы протерозоя и палеозоя), к востоку, где залегают породы мезозоя и кайнозоя, рельеф приобретает платообразный характер. Главными факторами, определившими современный характер поверхности Западного Шпицбергена, были послеледниковое неравномерное поднятие и оледенения (Семевский, Шкатов, 1965). Поднятие определило ориентировку элементов денудационно-тектонического рельефа в трех направлениях, унаследованных от блоково-разломного строения территории, а также наличие лестницы морских террас вдоль побережья. Террасы, содержащие фауну морских моллюсков, достигают абсолютной высоты 120-130 м над у.м. (Оледенение …, 1975). Следами оледенений являются фьорды, троги, кары, цирки и моренный рельеф. Флювиальный рельеф в крупных долинах представлен

поймой, террасами, конусами выноса и дельтами. Криогенный рельеф (формы морозной сортировки, пинго) осложняет поверхности склонов, морских террас, днищ долин.

Характерной чертой Шпицбергена является исключительное геологическое разнообразие в пределах относительно небольшой территории. Несмотря на то, что значительная часть архипелага покрыта ледниками, Шпицберген – одно из немногих мест в мире, где имеется прекрасная возможность для изучения геологических разрезов, в которых зафиксирована большая часть истории Земли.

Таким образом, Шпицберген является и естественным геологическим архивом, и лабораторией, в которой наглядно демонстрируются геологические процессы прошлого и настоящего. Другой геологической особенностью архипелага является наличие осадочных толщ, которые встречаются редко или вовсе отсутствуют в других районах северной Европы.

Граниты, гнейсы, сланцы, песчаники и базальты – названия, хорошо знакомые большинству из нас. Эти породы вместе со многими другими относятся к так называемым коренными породам, слагающим твердое основание, на котором затем сформировались рыхлые отложения. Возраст коренных пород зачастую исчисляется несколькими миллиардами лет. Так, древнейшим породам, обнаруженным на Шпицбергене, 3,3 млрд. лет. На коренных породах залегают значительно более молодые рыхлые отложения, такие как глина, песок и гравий. Их образование во многих случаях связано с разрушением коренных пород под воздействием ледников. Значительная часть продуктов разрушения горных пород выносится потоками талых ледниковых вод в море. Преобразование рельефа на Шпицбергене, как и в других районах Арктики, в значительной степени происходит под воздействием ветра и низких температур.

Рельеф Шпицбергена в том виде, каким он предстает перед нами сегодня, сформировался в основном в четвертичном периоде – последнем

геологическом периоде, продолжающемся поныне. В начале четвертичного периода Шпицберген и дно Баренцева моря были приподняты на несколько сот метров по сравнению со своим современным положением. Тогда вся территория от Шпицбергена до Норвегии и севера России представляла собой сушу. В течение всего четвертичного периода Шпицберген оставался в полярных широтах, и потому несколько раз подвергался оледенению. Рыхлые отложения, сформировавшиеся во время и после завершения последнего оледенения, представлены моренами, отложениями водных потоков, прибрежными и склоновыми отложениями, и скоплениями каменных глыб – так называемыми каменными морями.

За исключением нескольких горных вершин, весь Шпицберген, однажды в течение четвертичного периода покрывался огромным ледниковым щитом. Наибольшей мощности ледниковый щит достигал в восточной части архипелага, в районе Земли Короля Карла. Как на Скандинавском полуострове, так и на Шпицбергене под давлением ледниковой массы произошло прогибание земной коры. Прогибание было более значительным в районах, где мощность ледникового покрова была наибольшей. Когда в результате потепления климата ледник растаял и нагрузка была снята, территория начала подниматься. Например, Земля Короля Карла за последние 10 000 лет после таяния ледника поднялась примерно на 130 м относительно уровня моря. Наиболее типичными формами рельефа, образующимися в зоне волновой активности, являются террасы и береговые валы. В отложениях некоторых террас встречаются раковины мидий. Результаты изучения пыльцы из послеледниковых отложений также показали, что после завершения оледенения в определенные периоды климат на Шпицбергене был теплее и мягче, чем сегодня.

Наиболее распространены ледники на северо-востоке архипелага, где крупнейшим является ледник Аустфонна на о. Северо-Восточная Земля. В западной части, где сказывается влияние теплого течения Гольфстрим, а

также проникающих сюда южных воздушных масс, оледенение практически отсутствует.

Большинство ледников на Шпицбергене отступили в течение последнего столетия. Однако некоторые ледники, наоборот, испытали значительные подвижки, причем со скоростью, в несколько раз превышающей нормальную скорость движения ледника. В результате край ледника мог продвинуться вперед на несколько километров всего за 1-3 года. Такой тип резких подвижек ледника называется сёрджем. На Шпицбергене отмечено несколько ледников «сёрджевого» типа.

Ледник способен переносить обломки пород на огромные расстояния. Валуны горных пород, не встречающихся в данной местности называются эрратическими (от латинского erraticus — блуждающий). Содержащиеся в теле ледника обломки могут оставлять на поверхности пород, по которым движется ледник, длинные царапины и борозды – ледниковую штриховку (экзарация). Обломочный материал, захваченный, перенесенный и отложенный ледником, называют мореной. Морены подразделяются на срединные, боковые, конечные и морены напора. Потоки талых вод, текущих по поверхности ледника, внутри или под ним, также могут переносить алеврит, песок и гравий. Перед краем тающего ледника образуются зандры – пологоволнистые равнины, сложенные, в основном, галькой, гравием и песком.

7.3.1. Особенности рельефа бассейна залива Грён-фьорд. Залив Грён-фьорд является левым ответвлением (впадая с юго-юго-востока) в устьевой части самого крупного залива Западного Шпицбергена Ис-фьорда, который далеко вдается вглубь острова, разветвляясь в верховьях (Кокин, 2010) (Рисунок 7.10).

К побережью Грён-фьорда выходят восемь долин: четыре параллельные горные долины длиной 3-4 км на западе, одна долина длиной 18 км на востоке и три долины длиной 9 км на юге. Только три из них более чем на половину заняты горно-долинными ледниками: Альдегонда на западе,

Западный и Восточный Грёнфьорд на юге. В других долинах ледниковые тела сохранились лишь в цирках в виде каровых и склоновых ледников (западные долины), либо располагаются только в самом верховье долины (восточная и южная долины).

На историю развития оледенения и рельефа бассейна залива Грён-фьорд существенно повлияли строение и высота водораздельных хребтов в верховьях горных долин.

Рисунок 7.10 – Ландшафт залива Грён-фьорда, напротив Баренцбурга (фото С.А. Игловского)

К особенностям формирования рельефа и отложений краевых зон ледников Западного Шпицбергена относятся: тесное взаимоотношение ледников с морскими отложениями и формами рельефа, широкое развитие пульсирующих ледников, наличие только одной краевой морены на суше, широкое распространение напорных морен и погребенных мертвых льдов.

Наиболее надежным методом выявления палеопульсаций являются особенности пространственного распространения краевых ледниковых

образований. Последняя фаза наступания ледников Западного Грёнфьорд и Альдегонда имела пульсирующий характер.

В голоценовой истории развития ледников Грёнфьорд и Альдегонда выделяются 4 этапа: наступание (до 10 тыс. л.н.), сокращение или полное исчезновение (10-0,8 тыс. л.н.), наступание (800-100 л.н.) и деградация (с начала XX в.), что в целом соответствует имеющимся палеогеографическим схемам, построенным по данным малакологического и палинологического анализов.

Таким образом, на ледниках Западного Щпицбергена наблюдается следующая картина: 1) уменьшение интенсивности таяния льда во всех высотных зонах ледников; при этом сокращение таяния в большей степени затронуло верхнюю зону ледников; 2) увеличение высотного градиента таяния, например, на леднике Альдегонда произошел рост градиента с 11 см на 100 м высоты в 2003 г. до 60 см на 100 м высоты в 2010 г. В течение последних лет таяние в нижней части ледников Земли Норденшельда изменилось незначительно, а в верхней части ледников произошло заметное сокращение таяния льда. Это означает, что в первом десятилетии XXI века наметилась тенденция к некоторому похолоданию климата, которая остается пока малозаметной в нижней части ледников (и на метеостанции Баренцбург), в то время как в верхней части ледников она проявляется очень отчетливо. Одной из причин этого явления могло быть то, что в начале 2000-х гг. происходила смена циркуляции воздушных потоков в этой части Арктики, из-за чего высотные градиенты изменения температуры в атмосфере стали более резкими. Естественно, это не могло не сказаться на других показателях ледников, таких как баланс массы льда и высота их границы питания.

7.3.2. История изучения ледников Шпицбергена. Пионером в исследовании оледенения Шпицбергена можно считать Норденшельда (1866). Изменения оледенения Шпицбергена с середины 1930-х годов до конца 1970-х - начала 1980-х достаточно хорошо изучены и представлены в

работах (Schytt, 1969; Гросвальд, 1970; Борисов, Гросвальд, 1971; Семевский, Шкатов, 1965, 1967, 1980; Geoffray, 1966; Оледенение…, 1975; Boulton,1967, 1968, 1979; Gordiyenko et al, 1981; Brázdil, 1985; Lindner et al, 1985; Гуськов, Гордейчик, 1988; Croot, 1988; Глазовский, Москалевский, 1989; Glazovsky et al, 1991; Hanssen-Bauer, 1990; Killingtveit, Pettersson, Sand, 1991; Дымов, Шарин , 1991; Barsch et al, 1994; Goto-Azuma et al, 1995; Hagen, 1987, 1996; Huddart, Hambrey, 1996; Fleming et al, 1997; Зингер и др., 1997; Melvold, Hagen, 1998; Motoyama et al, 2000; Kulessa, Murray, 2003; Humlum, 2002, 2007; Василенко, Глазовский, Мачерет, 2001; Eiken et al, 2001; Василенко и др.. 2006; Гляциология…, 1985; Корякин, 1967, 1985; Van der Meer, 1992; Режим и эволюция.., 1992; Elverhøi et al, 1995; Hambrey, Huddart, 1995; et al, 1998; Hambrey, Dowdeswell, 1997; Rolstad et al, 1997; Jiskoot et al, 1998, 2000; Pinglo et al, 1999; Houmark-Nielsen, Funder, 1999; Jiscoot, Murray, Boyle, 2000; Bennett et al, 2000; Isaksson et al, 2001; Glasser et al, 1998, 2001; Porter et al, 1997, 2001; Carr, 2001; Kekonen et al, 2002; Winther et al, 2002; König et al, 2002; Murray et al, 1998, 2003; Forman et al, 2004; Farbrot et al, 2005; Irvine-Fynn et al., 2005; Migała et al, 2006; Nuth et ak, 2007; Мавлюдов, Кокин, 2008; Тарасов, Кокин, 2010; Огородов и др., 2010; Evans, Cox , 2010; Coleman, 2010; Федоров, 2009; 2011).

На ледниках Альдегонда, Западный и Восточный Грёнфьорд, Линне в 2003–2004 гг. Последние масс-балансовые измерения на Шпицбергене выполнил Мавлюдов Б.Р. (2007, 2010, Мавлюдов, Саватюгин, Соловьянова, 2012; Соловьянова, Мавлюдов, 2007). Дешифрирование указанных материалов позволило ему выделить современные границы ледников, положение их языков, границы выводных ледников, моренные отложения, ледниковые озера, а также уточнить границы ледников в областях их питания, положение ледоразделов и направление течения льда. м и выделить ряд новых пульсирующих ледников.

Тенденция сокращения ледников, показана в работе (Троицкий, 1988). Сокращение ледников Шпицбергена с начала XX в. отмечается в работах О.П. Чижова (1976), В.С. Корякина (1988) и других исследователей.

Большое внимание вопросам радиолокации ледников Шпицбергена уделено в работах (Мачерет, Василенко, Громыко, Журавлев, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984; Macheret, Zhuravlev, 1982; Macheret, Glazovsky, 1994; Bamber, 1987, 1989, 2004; Dowdeswell, 1984)

Вопрос химического состава деятельного слоя ледников Шпицбергена посвящены работы (Архипов, Востокова, Евсеев, 1988, 1992, 2004; Goto-Azuma, Kohshima, Kameda, et al., 1995; Hodson, Tranter, Gurnell, 2002).

Исследованиями снежного покрова Шпицбергена занимались многочисленные ученные (Зингер, Михайлев, 1967; Semb, Brækkan, Joranger, 1984; Самойлов, 1988; Третьяков, Соловьянова, 2007; Епифанов, Осокин, 2009, 2010).

Самыми свежими работами по Шпицбергену является публикация (Котляков и др., 2010; Федоров, 2011). Площадь оледенения Шпицбергена по их данным – 36 600 км^2, объём льда в ледниках – почти 7000 км^3, что эквивалентно 0.02 м уровня Мирового океана. Годовая поверхностная аккумуляция и годовое поверхностное таяние примерно равны – около 25 ± 5 км^3/год каждый, но поверхностный баланс массы всех ледников за последние 30 лет оценивается как слабо отрицательный: –0,5 ± 1 км^3/год (–14 ± 3 мм/год). Поскольку с айсберговым стоком теряется ещё 4 ± 1 км^3/год (из них около 1 км^3/год связано с отступанием фронтов ледников, заканчивающихся в море), то общий баланс оледенения равен –4,5 ± 1 км^3/год (–120 ±± 30 мм/год) (Hagen et al, 2003). Данные воздушной лазерной альтиметрии по семи ледниковым комплексам Шпицбергена показали, что в 1996–2002 гг. они в среднем утончались на 0.19 м/год – в 1.6 раза быстрее, чем по приведённым выше балансовым оценкам. Наибольшие потери обнаружены на ледниках южного Шпицбергена (0.5 м/год), на севере ледники более устойчивы (Bamber et al, 2005). Вывод об ускорении потерь массы ледниками

Шпицбергена подкрепляется геодезическими измерениями (Kohler et al, 2007), которые показывают, что убыль ледников на западе архипелага ускоряется. На Шпицбергене не менее 132 ледников, занимающих около 50% всей площади оледенения, относятся к пульсирующему типу (Hagen et al, 1993).

Динамика массы льда на Шпицбергене определяется в основном отрицательной корреляционной связью с продолжительностью действия группы меридиональной северной циркуляции (Федоров, 2011).

Долинные ледники. Долинные ледники занимают всю центральную часть о. Западный Шпицберген. В конце XX столетия они испытывали сокращение, которое выражается в понижении их поверхности и отступании краев. Рассмотрим изменения ледников с 1936 г., т.е. с момента, когда была проведена первая аэрофотосъемка архипелага.

Оказалось, что за 67 лет отступание языков рассматриваемых ледников колебалось в широких пределах (от 0 до 37 м/год). При этом осредненная величина понижения поверхности ледников изменялась от 0,6 до 0,75 м/год, т.е. она достаточно единообразна и практически не зависит от ориентации ледника, за исключением ледников Западный Грёнфьорд (0,47 м) и Лонгиер (0,25 м) (Мавлюдов, 2004). Скорее всего, более низкие значения понижения поверхности льда на этих ледниках связаны с тем, что область аккумуляции на них занимает несколько большую площадь, чем на других ледниках, из-за большей разницы высот между их нижней и верхней точками.

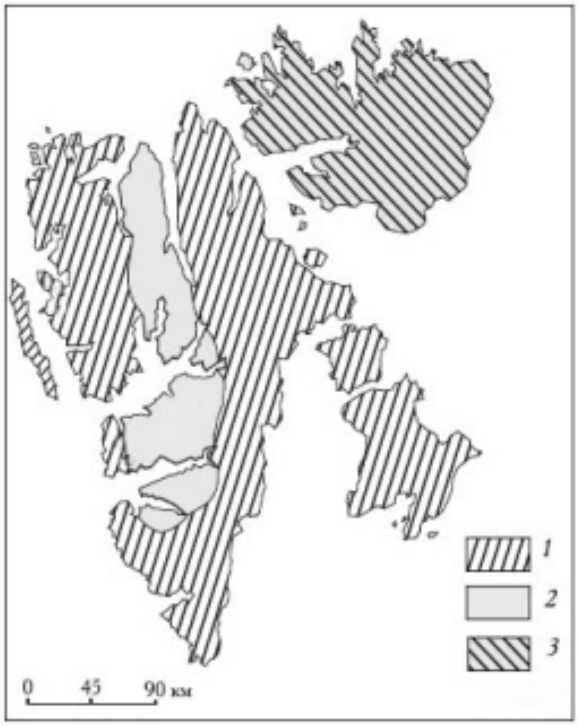


Рисунок 7.11 – Ледники Шпицбергена: 1 – горно-долинные, 2 – горно-покровные, 3 – покровные (Мавлюдов, 2004)

Долинные ледники. Долинные ледники занимают всю центральную часть о. Западный Шпицберген. В конце XX столетия они испытывали сокращение, которое выражается в понижении их поверхности и отступании краев. Рассмотрим изменения ледников с 1936 г., т.е. с момента, когда была проведена первая аэрофотосъемка архипелага.

Оказалось, что за 67 лет отступание языков рассматриваемых ледников колебалось в широких пределах (от 0 до 37 м/год). При этом осредненная величина понижения поверхности ледников изменялась от 0,6 до 0,75 м/год, т.е. она достаточно единообразна и практически не зависит от ориентации ледника (таблица 7.1), за исключением ледников Западный Грёнфьорд (0,47 м) и Лонгийр (0,25 м) (Мавлюдов, 2004). Скорее всего, более низкие значения понижения поверхности льда на этих ледниках связаны с тем, что область аккумуляции на них занимает несколько большую площадь, чем на других ледниках, из-за большей разницы высот между их нижней и верхней точками.

Сравнение баланса массы изученных ледников в средней части архипелага показывает, что осредненные значения довольно устойчивы и практически не зависят от ориентации ледников. При этом осредненный баланс массы некоторых ледников существенно отличается от наблюдавшегося в отдельные годы. Так, на леднике Западный Грёнфьорд в 1987/88 г. годовой баланс был равен – 46 г/см^2 (Троицкий, 1988), а многолетнее его значение составило – 63 г/см^2. Для ледника Альдегонда многолетний годовой баланс оказался равен 86 г/см^2, в то время как в 2002-2003 гг., по нашим данным, его значение достигало – 161 г/см^2.

Прямые наблюдения за балансом массы ледников в районе Ню-Олесунна и других горных ледников позволяют говорить об устойчивой тенденции к деградации горно-долинного оледенения архипелага в целом (табл. 7.2).

Таблица 7.1 – Понижение поверхности и баланс массы ледников Шпицбергена (Мавлюдов, 2004)

Ледник	Интервал высот м	Ориентация	Площадь, км^2	Сокращение площади, %	Отступание языка, м	Потери слоя льда	Средние потери слоя льда, м	Потери объема, км^3	Средний баланс массы, г/см^2
Альдегонда	80-650	ВСВ	10/7[1]	33	2000	40-130	64	0,64	-86
Грёнфьорд Западный	6-749	ВСВ	39/19,5	50	2500	10-140	47	1,83	-63
Грёнфьорд Восточный	30-749	С	11,2/10,1	10	1200	10-130	74	0,83	-99
Брюде[1]	220-560	С	1,875/1,25	33	400-500	40-80	60	0,11	-81
Линне	125-	С	4/2,7	33	600	40-	60	0,24	-81

	400					110			
Тавле	200-775	СВ	12/11,2	7	300	40-100	70	0,84	-94
Тунге	280-650	С	3/2,5	14	900	30-120	60	0,18	-81
Лонгиер	200-1000	ССВ	3,5/3,4	3	Нет	0-60	25	0,09	-34
Бреггер	50-550	С	12/10,5[3]	13	1300	-	16[2]	0,144[3]	-47[2]
Ловен	70-700	С	2,5/1,9[3]	24	500	-	9	0,02	-36
Эрик	20-650	ВЮВ	10/9[4]	10	450	-	12	0,138[4]	-23
Вальдемар	130-510	З	2,7/2,6	4	-	-	-	-	-54[5]

[1] - В числителе площадь ледника в 1936 г., в знаменателе - в 2002–2003 гг.; [2]1966–2001 (Glacier…, 2003; Hagen, Liestøl, Roland, Jørgensen, 1993); [3]1966–1990 (Etzelmüller, Sollid, 1996); [4]1938–1990 (Etzelmüller, Sollid., 1996); [5]2000–2001 (Glacier…., 2003).

Такую же информацию дает сравнение карт и современных аэрофото- и космоснимков. Сокращение площади ледников за 67 лет составило от 3 до 50%. При этом меньше всего сокращалась площадь небольших ледников (Вальдемар) и ледников, языки которых расположены довольно высоко (Тавле и Тунге). Больше всего сократилась площадь пульсирующего ледника Западный Грёнфьорд, так как после прекращения подвижки большая часть его языка омертвела и быстро разрушалась.

Горно-покровные ледники. Горно-покровное оледенение развито по периферии о. Западный Шпицберген. Анализ имеющихся данных

показывает, что многие выводные ледники в этой области также деградировали с 1936 по 1990 гг.

Однако потепление климата затронуло эти ледники в меньшей степени, чем горные, поскольку повышение границы питания за указанный период больше всего сказалось на выводных ледниках. При этом соотношение площади области аккумуляции и всей площади ледника изменилось не очень сильно. Языки некоторых выводных ледников с 1936 г. Отступили на 3 км и более (табл. 7.2). Прослеживается довольно четкая закономерность: ледники, обращенные на запад, отступают медленнее, чем обращенные на восток. Примером могут служить пары: Олсок-Васильева и Кроне-Свеа. Возможно, это связано с особенностями влагопереноса. Судя по ледникам, стекающим с купола Земли Олафа V, доля уменьшения площади льда зависит и от размеров ледника: чем большую площадь он занимает, тем менее заметно уменьшились его размеры. Как видно из таблицы 3, на плато Ломоносова один ледник (Хинлопен) не уменьшился, а увеличился в размерах.

Таблица 7.2 – Характер изменения некоторых горно-покровных и выводных ледников Шпицбергена с 1936 по 1990 гг. (Мавлюдов, 2004)

Ледниковый купол	Ледник	Площадь, км^2	Отступание края льда, км	Изменение площади, %
Плато Хольтендаля	Свеа	174/161[1]	-3,5	-6,1
	Кроне	555/535	-3,5	-3,6
Земля Олафа V	Хочстаттер	312/296[2]	-4	-5,1
	Сонклар	240/226	-2,5	-6
	Користатка	50/44[2]	-2	-12
Плато Ломоносова	Хинлопен	1250/1270	3-6	+1,6
	Фон Посттуна	377/372	-2,5	-1,3
	Норденшельда	242/232	-2,5	-4,1
	Стронг	283/236	-8	-16,6
Купол Сёркапп	Васильева	211/183	-2	-134,3
	Олскок	138/131	-1,5	-5,1

[1]В числителе площадь в 1936 г., в знаменателе в 1990 г.; [2]в знаменателе – в 1997 г.

Анализ аэрофотоснимков показал, что практически все выводные ледники горно-покровного оледенения относятся к пульсирующим. Поэтому в зависимости от периода наблюдений положение их языков соответствует то наступанию ледника, то его отступанию.

Покровные ледники. Анализ аэрофотоснимков позволил разобраться в структуре крупных и мелких ледниковых куполов горно-покровного оледенения. Покровные ледники развиты преимущественно на Северо-Восточной Земле. Для многих ледников доказан их пульсирующий режим. Несмотря на то, что отступание краев некоторых выводных ледников с 1936 по 1990 г. Достигло 3,5 км, их площади уменьшились не более чем на 5 % (табл. 7.3).

Таблица 7.3 – Характер изменения покровных ледников Северо-Восточной Земли в 1936-1990 гг.

Купол	Ледник	Площадь, км^2	Отступание края льда, км	Изменение площади ледника, %
Аустфонна	Итон	677/658[1]	-3,5	-2,8
Вестфонна	Гимле	81/77	-1,5	-4,9
Вестфонна	Франклин	216/209	-1,5	-3,2

Края ледниковых куполов, оканчивающиеся на суше, претерпели меньшие изменения. На большей части Северо-Восточной Земли они остались практически на том же месте, что и в 1936 г. Только на отдельных участках отмечено отступание края льда, не превышающее 500 м (менее 10 м/год).

Пульсирующие ледники. Пульсирующие ледники имеются как среди горных, так и горно-покровных и покровных ледников. По предварительным оценкам, около 90% ледников архипелага относится к пульсирующим (Hagen, Liestøl, Roland, Jørgensen, 1993; Lefauconnie, Hagen, 1991). К 1990-м годам пульсации были зарегистрированы примерно на 100 ледниках

(Dowdeswell, 1986, 1989, 1992, 1995; Hamilton, Dowdeswell, 1996; Lefauconnier, Hagen, 1991, 1994, 1999), т.е. примерно для 5% от известного на архипелаге числа ледников, или 10% крупных ледников. К 2000 г. данные о подвижках были собраны для 146 ледников (это примерно 13% крупных ледников Шпицбергена (Jiscoo, Murray, Boyle, 2000)). Статистический анализ связывает пульсации ледников с их термическим режимом и протяженностью (Hamilton, Dowdeswel, 1996; Jiscoot, Murray, Boyle, 2000). Период между подвижками составляет от 15 лет и более. После подвижки поверхность ледника обычно сильно раздроблена и в языковой части омертвевает, что способствует быстрой деградации языков. Среди горно-долинных ледников пульсирующих немного. Обобщение имеющихся в литературе (Режим и эволюция…, 1992; Drewry, Liestøl, 1985; Lefauconnier, 1991, Lefauconnier, Hagen, 1991) данных позволило отнести к пульсирующим следующие горно-долинные ледники: Эрика, Ловен, Дрён, Тунге, Западный Грёнфьорд, Кок, Мартха, Вег, Бергместер, Слак, Мармор, Ушер и некоторые другие. Для остальных ледников пульсации не доказаны. В настоящее время пульсаций на горных ледниках почти не наблюдается. Большинство подвижек на таких ледниках произошло в конце XIX - начале XX вв., когда имела место общая активизация оледенения на архипелаге. Возможно, потеря большой массы льда привела к переходу пульсирующих ледников к более устойчивому состоянию. Можно предположить, что отчасти это связано с утончением ледников, в результате чего часть из них перешла в разряд холодных, как показано, например, в (Гохман., Ходаков, 1982; 1983). В более позднее время отмечены пульсации ледников Мармор (1965–1970 гг.) и Ушер (1978 г.) (Lefauconnier, Hagen, 1991). В последнее время происходили пульсации только на тех горно-долинных ледниках, которые спускаются в море. Примером может служить ледник Фритьоф, его последняя подвижка зафиксирована в 1996 г.

Пульсации зарегистрированы и на выводных ледниках горно-покровного оледенения. Так, ледник Негри в 1935–1936 гг. продвинулся на

12 км при ширине фронта 15 км (Гляциология Шпицбергена, 1985; Lefauconnier, Hagen, 1991). Анализ аэрофотоснимков 1990 г. показал, что практически все выводные ледники горно-покровного оледенения также относятся к пульсирующим (рис. 7.12).

Рисунок 7.12 – Пульсирующие ледники Шпицбергена: 1 – ледники, 2 – пульсирующие ледники (по данным Drewry, Liestøl, 1985; Hamilton, Dowdeswell, 1992; Jiscoot, Murray, Boyle, 2000; Lefauconnier, Hagen., 1991; Listøl, 1969, 1993)

Выявить пульсирующие ледники помогли особенности строения поверхности ледников в период пульсации или после нее. Наличие многочисленных параллельных или пересекающихся трещин на теле ледника свидетельствует о его недавней или продолжающейся пульсации. О том же говорят и изгибы срединных морен, растекание языка, изменение положения фронта ледника, а также наличие перед ним смятых в складки рыхлых отложений (Lefauconnier, Hagen, 1991). Мы обнаружили, что на стадии залечивания трещин после пульсации для поверхности ледника типичен своеобразный петельчатый рисунок поверхностной гидрологической сети и

большое количество мелких озер. Это помогает выявлять пульсирующие ледники в тех случаях, когда другие признаки подвижек не видны (Мавлюдов, 2004).

Обычно в литературе говорится о нескольких пульсирующих ледниках на Северо-Восточной Земле (Drewry, Liestøl, 1985; Jiscoot, Murray, Boyle, 2000; Lefauconnier, Hagen, 1991; Listøl, 1969). К этой группе можно отнести практически все выводные ледники ледниковых куполов, которые оканчиваются в море. Так, на о. Западный Шпицберген пульсирующие ледники занимают около 48 % площади оледенения (от 34 до 81 % в разных частях острова), на о. Эдж – 51 %, на о. Баренца – 46 %, на Северо-Восточной Земле – 61 %. Таким образом, очевидно, что пульсации ледников – это характерное явление для Шпицбергена.

Кроме того, пульсирующие ледники – основной тип оледенения архипелага. По-видимому, при помощи пульсаций выводных ледников отдельные ледниковые купола, а также долинные ледники избавляются от излишков массы, накопившейся в области аккумуляции.

Высота границы питания. Существует мнение, что ледники на архипелаге можно считать устойчивыми в том случае, если они имеют слегка положительный или нулевой баланс массы, и если средняя высота, на которой они расположены, по крайней мере, на 50 или 100 м больше, чем высота границы питания ледников (Lefauconnier, Hagen, 1991). Увеличение высоты границы питания ледников в связи с продолжительным потеплением Арктики в XX в. привело к сокращению и исчезновению областей питания у ряда горных ледников Шпицбергена (Гляциология Шпицбергена…, 1985; Мавлюдов, 2004). Именно поэтому они оказались столь чувствительны к изменениям климата, и их реакция на эти изменения достигла весьма крупных масштабов. Для центральной части о. Западный Шпицбергена характерно более высокое положение границы питания ледников (Атлас Арктики…, 1985; Атлас снежно-ледовых…, 1997; Гляциология Шпицбергена..., 1985). Ниже она расположена на западном и особенно

восточном побережьях острова, а также в районе пролива Хинлопен. Отмечено повышение границы питания ледников с юга на север, что связано с уменьшением в этом направлении количества осадков.

Карта высоты границы питания ледников Шпицбергена построена для конца 1970-х годов (Атлас Арктики., 1985; Атлас снежно-ледовых…, 1997; Гляциология Шпицбергена., 1985; Lefauconnier, Hagen, 1991). Однако в действительности граница питания располагается примерно на 100 м выше, чем это показано на карте (Hagen, Liestø, Roland, Jørgensen, 1993). За последние годы произошло достаточно серьезное потепление климата, что несколько изменило и строение поля границы питания ледников. В 1979–1990 гг. среднегодовая температура воздуха по данным метеостанции Баренцбург была равна – 5,6°С, а в 1991–2002 гг. она составила – 5,0°С (Mavlyudov, Solovyanova, 2003; Solovyanova, Mavlyudov, 2007). В 1980-х годах граница питания на леднике Альдегонда располагалась на высоте около 350–400 м Атлас Арктики., 1985; Атлас снежно-ледовых…, 1997; Гляциология Шпицбергена..., 1985), т.е. в верхней части ледника. В соответствии с изменением среднегодовой температуры воздуха в последнее десятилетие следовало ожидать повышения границы питания примерно на 100 м. Однако в настоящее время практически вся поверхность ледника Альдегонда оказалась в области абляции, а граница питания проходит на высоте около 700 м. На леднике Тавле высота границы питания в 1980-х годах была равна 500 м, а в настоящее время она составляет около 700 м. На леднике Лонгиер граница питания в 1980-х годах располагалась на высоте 700-800 м, сейчас она поднялась до 900-1000 м. Таким образом, в 2001-2004 гг. граница питания на западе о. Западный Шпицберген поднялась на 300-350 м и в его центральной части на 200-300 м. Возможно, резкое повышение границы питания ледников связано с существенным потеплением четырех последних лет. Но насколько устойчива наметившаяся в последние годы тенденция, пока не ясно.

Отступание ледников Шпицбергена также было зафиксировано в начале XX в. (Гляциология Шпицбергена..., 1985; Мавлюдов, 2004; Троицкий, 1988). Именно постепенное повышение границы питания ледников в XX столетии и привело к прогрессирующей деградации большинства ледников Шпицбергена.

Потепление климата последних лет и повышение границы питания ледников на всей территории архипелага стали причиной того, что увеличилась площадь области абляции на всех ледниках. Это привело к усилению таяния на них и увеличению ледникового стока. Наиболее существенно площадь области абляции возросла на горно-долинных ледниках, и соотношение площадей области аккумуляции к общей площади ледника заметно уменьшилось. Особенно сильно потепление затронуло ледники, оказавшиеся полностью ниже границы питания (Вёринг, Брюде, Альдегонда, Линне, Тунге, Ларс, Хорн, Хамберг и др.). Стабильного во времени роста высоты границы питания ледников на 200-300 м будет достаточно для того, чтобы нарушить их равновесие, т.е. сокращение всех ледников архипелага пойдет ускоренными темпами. В то же время рост площади области абляции всех ледников уже привел к ускоренному таянию их нижних частей, что, без сомнения, скажется на устойчивости выводных ледников в будущем. В частности, продолжительность цикла между пульсациями ледников может уменьшиться.

7.3.3. Прогнозные изменение оледенения архипелага в будущем. Рассмотрим возможные варианты изменения оледенения архипелага при разных сценариях климатических изменений: 1) продолжении потепления; 2) стабилизации климатических показателей на современном уровне; 3) похолодании (табл. 7.4).

Таблица 7.4 – Прогноз развития оледенения Шпицбергена в будущем (Мавлюдов, 2004)

Сценарий	Твердые осадки	Высота границы	Ледники

		питания ледника	
Потепление климата	+ + -	- + +	+ - -
Современное состояние климата	+ -	- +	+ -
Похолодание климата	+ -	- +	+ -

Постоянное потепление с сохранением количества твердых осадков на современном уровне приведет к исчезновению многих горно-долинных ледников архипелага. Ледники толщиной до 100 м, которые оказались ниже границы питания, исчезнут в течение ближайших 100 лет. Это относится как к ледникам, заканчивающимся на суше, так и к спускающимся в море. Согласно расчетам, основанным на постоянстве современных скоростей снижения поверхности ледников как функции высоты, при условии отсутствия поступления свежего льда, ледники Хорн и Хамберг, расположенные в южной части о. Западный Шпицберген, исчезнут через 82±20 и 150±50 лет, соответственно (Pälli, Moore, Jania, Glawacki, 2003).

При потеплении климата с ростом количества твердых осадков возможны два варианта развития событий. Если увеличение количества осадков не остановит повышение границы питания, то в будущем продолжится деградация ледников, но темпы ее несколько замедлятся. Если же следствием роста количества осадков будет понижение границы питания ледников, то произойдет постепенное восстановление оледенения с последующим ростом ледников.

Сохранение современных климатических показателей, по-видимому, приведет к деградации части ледников и стабилизации оледенения на некотором уровне, соответствующем современному положению границы питания. При росте зимних осадков граница питания понизится, и ледники несколько увеличатся в размерах в соответствии с новым ее положением.

При похолодании климата с понижением количества твердых осадков деградация оледенения может продолжиться, если абляция будет достаточно высока. Похолодание климата, сопровождаемое ростом твердых осадков, неизбежно приведет к разрастанию покровного и горно-покровного оледенения, а также горно-долинных ледников.

Особенность оледенения архипелага заключается в том, что здесь много политермальных ледников (Sollid and Sørbel, 1988; Sollid, Holmlund, Isaksen, Harris, 2010; Etzelmuller et al., 1996; Hart and Watts, 1997; Wadham et al, 1997, 1998, 2001; Boulton et al., 1999; Lysså and Lønne, 2001, 2002). Для таких ледников характерно как поверхностное, так и внутреннее таяние льда из-за широкого развития в них внутренних дренажных систем (Мавлюдов, 2004). В некоторых работах было показано, что с уменьшением толщины ледникового льда в будущем при потеплении климата может исчезнуть слой теплого льда в основании ледников, что равносильно полному промерзанию ледяной толщи (Гохман, Ходаков, 1983). Поскольку в результате этого некоторые ледники станут холодными, на них прекратится внутреннее таяние льда, изменится характер поверхностного таяния и структура стока. На таких ледниках исчезнет внутренняя и донная абляция, в результате чего замедлится движение ледников. Уменьшение, а в дальнейшем и прекращение контакта воды с ложем ледника приведет к сокращению взвешенного и ионного стока с них, что неизбежно отразится на строении прибрежных морских отложений и уменьшении их мощности.

В результате сокращения размеров выводных ледников, оканчивающихся в море, некоторые из них будут оканчиваться на суше. В этом случае море перестанет оказывать влияние на пульсации ледников, и установившаяся периодичность пульсаций нарушится.

7.3.5. Заключение

Современное потепление климата сказалось почти на всех ледниках Шпицбергена. Практически все они сейчас находятся в стадии деградации. Однако частые пульсации большинства ледников архипелага затрудняют их

использование в качестве индикаторов изменений климата. Только долговременные тенденции изменений горно-долинных ледников Шпицбергена, у большинства из которых области аккумуляции стали занимать меньше половины их площади, а часть ледников оказалась ниже границы питания, служат надежными показателями изменений климата. Многие горные ледники начали таять по всей поверхности, и, если потепление климата будет продолжаться, они могут исчезнуть в ближайшем будущем. Потепление климата в меньшей степени сказалось на горно-покровных и покровных ледниках, а больше всего повлияло на выводные ледники, подавляющее большинство которых оказались пульсирующими. Продолжающееся повышение границы питания ледников может привести к изменению периодов между пульсациями выводных ледников.

7.4. Криолитозона Шпицбергена

Криолитозона – верхний слой земной коры, характеризующийся отрицательной температурой пород и почв и наличием или возможностью существования подземных льдов. Широко распространен термин «многолетнемерзлые породы» (ММП), часто называемые многолетней или вечной мерзлотой, представляющей собой любое вещество, находящееся ниже поверхности земли, температура которого на протяжении двух или более последовательных лет остается отрицательной, и в котором хотя бы часть воды перешла в кристаллическое состояние (лед). Многолетняя мерзлота встречается не только в Арктике, но и за ее пределами (например, в высокогорных районах с холодным климатом) и является частью криолитозоны. Помимо ММП, содержащих лед, в пределах криолитозоны встречаются морозные породы (имеют отрицательную температуру, но вследствие малой влажности не содержат лед) и криопэги (не промерзающие даже при отрицательной температуре горизонты сильноминерализованных подземных вод).

Мощность многолетней мерзлоты варьируется от 100 м в прибрежных районах и широких долинах до 400-500 м в горах (Liestol, 1976; Hjelle, 1993; Brown, 1997). Средняя мощность слоя сезонного оттаивания составляет от 0,4 до 1 м (Isaksen, Sollid, 2002), иногда достигая 2 и даже 6 м (Шахты на Шпицбергене, 1964). В большинстве мест только самый верхний слой грунта оттаивает летом на глубину от 1 до 1,5 м. Мерзлота оказывает существенное влияние на процессы, протекающие на поверхности. Наличие на некоторой глубине постоянно промерзшей толщи препятствует дренированию и приводит к тому, что талая вода скапливается в тонком приповерхностном слое грунта, оттаивающем летом. Такое обводнение грунтов способствует развитию грязевых потоков и оползневых процессов.

Субаэральная криолитозона занимает 40% территории архипелага. Небольшие сквозные талики прослеживаются только под руслами рек. Субмаринная криолитозона на шельфе, шириной 40-50 км.

Основными характеристиками криолитозоны являются сомкнутость ММП, т. е. доля площади, которую они занимают в данной местности, среднегодовая температура пород, характер распространения ММП по разрезу (сливающиеся и несливающиеся толщи), глубина залегания верхней и нижней границ мерзлых пород (также называемых кровлей и подошвой), разность которых определяет вертикальную мощность ММП, а также мощность сезонно-талого слоя (СТС).

В зависимости от сомкнутости многолетнемерзлых пород различают области их сплошного (ММП занимают более 90 % площади), прерывистого (от 50 до 90 %), островного (от 10 до 50%) и редкоостровного (менее 10 %) распространения, между которыми можно провести условные границы (Мельников, Кондратьева, 1998).

7.4.1. Криогенные формы рельефа. Пинго представляют собой холмы округлой формы, высотой до 50 м, сложенные рыхлыми грунтами с ледяным ядром внутри. Они образуются, когда подземные воды, находящиеся под напором в толще промерзших грунтов, прорываются к поверхности через

разрывы и трещины и замерзают на небольшой глубине, в результате чего происходит «вспучивание» вышележащего слоя грунта. На Шпицбергене насчитывается около 80 пинго, в основном расположенных в крупных долинах центральной части о. Западный Шпицберген (Адвент-дален, Рейн-дален, Хьелльстрём-дален). Там, где отсутствуют ледники, широко распространены полигональные грунты, представляющие собой «узоры» (полигоны) на поверхности почвы, на песках или гравии, в виде более или менее непрерывных рядов колец, образованных обломочным материалом или заполненными льдом трещинами. Кольца имеют неправильную округлую форму, реже – форму правильных шестиугольников.

В суровом климате Шпицбергена разрушение горных пород происходит также при замерзании воды в трещинах породы. На склонах гор образовавшиеся обломки слагают осыпи, при смыкании которых возникают шлейфы осыпей, а на пологих поверхностях или на плоских вершинах – каменные моря. Продуктами разрушения твердых пород являются остроугольные глыбы, а более мягкие сланцы разрушаются до мелких минеральных частиц. Широко распространенные на Шпицбергене каменные глетчеры состоят из обломков пород и льда, движущихся вниз по склону под действием силы тяжести и из-за чередования процессов замерзания и оттаивания.

7.4.2. История изучения криолитозоны Шпицбергена. Криогенные процессы на Шпицбергене изучали (Liestol, 1977; Salvigsen, 1977; Åkerman 1980, 2005б, 2008).

Так пальсы отмечены в северо-восточных землях и в западной части Шпицбергена. Фотометрический метод для изучения слоя сезонного оттаивания применяли (Mazur, Dolnicki, 2003), морен (King, Hell, 1993). Ледяные жилы и присклоновые процессы изучал (Jahn, 1960, 1983). Солифлюкционные процессы в центральной части Шпицбергена изучали (Klysz et al, 1988). Мерзлые торфяники изучал (Låg, 1980, 1983). Термоэрозионные процессы изучал (Etzelmuller, 1996, 2000, 2003). Пинго и

другие явления криолитозоны изучал (Liestøl, 1975; Yoshikawa, 1993). Криогенное выветривание в зоне клифа изучали (Ødegard, Sollid, 1993, Gurney, 1998). Пинго выполняют важную диагностическую функцию при характеристике типа криолитозоны, уровня залегания грунтовых вод. Гляциогидрологию, дренаж, перенос и аккумуляцию мерзлого материала архипелага описывали (Repp, 1979, 1988; Bartoszewski, Rodzik, Wojciechowski, 1988; Vatne et al, 1995; Vatne, 2001, 2003; Bø, 1992; Hodson et al, 1998, 1999; Rippin et al, 2003). Изучение мерзлоты Шпицбергена в рамках проекта PACE отражено в работах (Harris, 2001), новые знания о глубине и пространственном распределении криолитозоны можно найти в работах (Isaksen et al., 2000, 2001). Данные по глубинному строению криолитозоны по результатам бурения получены и проанализированы в работе (Sollid, Holmlund, Isaksen, Harris, 2010). Подмерзлотные грунтовые воды описаны в (Haldorsen, Heim, Lauritzen, 1996). Физико-географические особенности криолитозоны освящены в работе (Svendsen et al, 2002). Физико-химические особенности и сезонную изменчивость слоя сезонного оттаивания изучали (Bartoszewski et al, 1993). Термальный режим мерзлоты в окрестностях Нью-Алесунда изучали (Roth, Boike, 2001, 2009; Boike, 2003, 2008, 2009). Динамику береговых ландшафтов на побережье Sørkapp Land описывали (Ødegård, Sollid, 1993; Ziaja, 2002, 2004, et al, 2009). Они указывают на то, что текущее потепление климата оказывает существенное влияние на ландшафты криолитозоны. Естественно наблюдается сокращение площади ледников. Наиболее существенные изменения могут быть связаны с разрушением береговой линии в результате деятельности ледников. Визуально изменение ландшафтов постоянно фиксируется в последние десятилетия. Ландшафты стали более расчленёнными в результате изменений. Появились новые молодые ландшафты и сеть ручьев и рек. Компоненты ландшафтов стали более разнообразными, чем сто лет назад. Появилась возможность для колонизации новых территорий животным миром. Динамику сортированных

грунтов архипелага. Существенное влияние на формирование ландшафтов оказывает эрозия ледниковых талых вод (Lønne, Lysså, 2005).

Геологическое строение Шпицбергена показано на геологической карте (Dallmann, 1994).

Так, по результатам гидрохимических наблюдений в западной части Шпицбергена, где климатические и геокриологические условия существенно более суровые, чем на территории азиатской криолитозоны, средняя скорость денудации известковых доломитов за последние 10 тыс. лет составляла до 16 мм/1000 лет, оставаясь более высокой по сравнению с силикатными породами (Akerman, 1983; Конищев, Рогов, 2006). Химическую денудацию и ее значения в бассейне Bayelva изучали (Krawczyk, Lefauconnier, Pettersson, 2003) в Беллсунде (Chmie, Bartoszewski, Siwek, 2011). Так средняя ежедневная химическая денудация в бассейне Wydrzyca в середине августа 2005 года составляла 0,237 т/км^2. Химическая денудация не имеет значительного влияния на поверхностный рельеф территории, и ее основное влияние сказывается на декальцификации слоя сезонного оттаивания и принос CO^2 в атмосферу.

Криосоли (мерзлые почвы) на Шпицбергене изучали (Fitzpatrick, 1955; Baranowski, Szerszeń, 1968; Szerszeń, 1968; Таргульян, Куликов, 1983; Forman, Miller, 1984; Mann et al, 1986; Hallet et al., 1988; Добровольский, 1990; Melke, 1989, 1990; Pirożnikow E., Górniak, 1992; Klimowicz, Uziak, 1993, 1996; Глазов и др., 1997; Putkonen, 1998; Горячкин и др., 1998; Кашулина, 2003; Переверзев, Литвинова, 2010). Криогенные процессы в почвенно-грунтовой толще вызывают мозаичность растительного покрова: на фоне ивково-моховых и мохово-ивковых ассоциаций, занимающих отрицательные элементы микро- и нанорельефа, образуются пятна пучения, покрытые лишайниками или лишенные растительности. Все почвы характеризуются довольно высоким содержанием гумуса в минеральном профиле, которое после максимума в дерновом горизонте несколько уменьшается с глубиной. Почвы Западной части Шпицбергена отличаются кислой реакцией среды,

которая снижается с глубиной. По содержанию в минеральном профиле гумуса и физико-химическим свойствам почвы, сформировавшиеся на разных породах, довольно близки. Цианобактерии и эукариотические микроводоросли изучали (Elster et al, 2002).

Палинологические исследования описаны в работе (Зеликсон, 1971; Дорожкина, 2007). Стратиграфию и палеообстановку в Беллсунде изучали (Landvik et al, 1992).

Вопросам особенностей распространения карста и таликов посвящены работы (Salvigse, Elgersma, 1985; Hjelle, 1979; Lauritzen, 1998, 2011). В 70-е годы XX века совершались попытки оценить физико-химические параметры гидротермокарста архипелага. Одна из первых попыток такого плана для современного гидротермокарста Шпицбергена была выполнена польским ученым М. Пулиной и др. (Pulina, 1977, 1984; Цыкин, 2001). В покровных ледниках Шпицбергена и других островов Северного Ледовитого океана в нем есть значительные ледниковые пещеры, образованные водными потоками, циркулирующими в толще льда в теплый период года, которые впоследствии изучал (Мавлюдов, 2004, 2007).

Вопросам изучения позднеголоценовых повторно-жильных в (ПЖЛ) в долинах р. Еркутаяха на Южном Ямале и р. Адвентсельва на Свальбарде (архипелаг Шпицберген), а также определения их возраста и изменения содержания стабильных изотопов кислорода во льду, а затем на основе этих данных реконструкциям температурных условий формирования ПЖЛ в течение последних 2 тысяч лет посвящены работы (Snyder, Miller, Werner, et al , 1994; Christiansen, 2005, et al 2008; Vittinghus, Christiansen, Meyer, Elberling, 2008 Васильчук и др., 2011; Васильчук Ю.К., Буданцева Н.А., Васильчук А.К. и др., 2012). В верхней части разрезов на пойме р. Адвентсельва на Свальбарде, вскрываются мощные сингенетические жилы, сформировавшиеся в течение последних 2 тысяч лет, которые в настоящее время продолжают развиваться. Показано, что на территории субарктической криолитозоны для ПЖЛ, формировавшихся в последние 2

тысячи лет, изменение значений $\delta^{18}O$ не превышало 2,0-3,5 ‰. Значения $\delta^{18}O$ изменялись на пойме р. Адвентсельва – на 3,2 ‰ (от –12,23 до –15,4 ‰).

Подземные льды Шпицбергена охарактеризованы в работе (Punning, Vaikmäe, Túgu, 1987; Втюрин, 1989; Matsuoka, Hirakawa, 1993; Harada et al, 1996; Isaksson, Hermanson, Hicks, 2003; Jeppesen, 2001; Mangerud, 1992).

Исследования криолитозоны Шпицбергена с помощью георадиолокации отображена в работе (Lønne, Lauritsen, 1996; Stuart et al, 2003; Farbrot et al, 2005; Berthling et al, 2005; Westermann et al, 2010). Изложены методические подходы к проведению современных, высокотехнологичных и информативных неразрушающих георадарных определений для целей подконтурного зондирования (профилирования) горно-геологических сред, изучения подповерхностной структуры и состояния природно-технических систем, гляциальных пещер в ледниках. Приведены результаты георадарных съемок на о. Шпицберген, а также в переходной зоне «суша – водоем». Проведенные исследования с применением инновационных георадарных технологий убедительно показали, что георадарные определения для целей подконтурного зондирования (профилирования) участков массивов горных пород (природно-технических систем) являются наиболее современным, высокотехнологичным и информативным средством неразрушающих измерений, позволяющим получать результаты в режиме реального времени и с привязкой данных к GPS. Георадарные определения высокоинформативны как для естественных грунтовых и породных массивов, так и для искусственных грунтовых сооружений, дамб, плотин, оснований (фундаментов) и позволяют осуществлять оценку исходного (первоначального) состояния и структуры, а также мониторинг развития деформационных процессов, развитие трещиноватости, изменения структуры и т.п. природно-технических систем. Использование георадара для анализа каменных глетчеров (Farbrot et al, 2005; Berthling et al, 2005) показало, что на георадарограммах часто встречается хаотическая структура, по-видимому,

связанная с комплексной деятельностью ледников (формирование бараньих лбов, языковых форм).

В работе (Westermann et al, 2001) потверждается возможность использования георадарной техники для измерения глубины слоя сезонного оттаивания, даже если он превышает 1,5 м, эволюции глубины оттаивания с точностью от 5 до 10 см, определения влажности слоя сезонного оттаивания, определения содержания скрытого тепла в слое сезонного оттаивания, определения потоков тепла, что представляет большой интерес для лучшего понимания потоков энергии в криолитозоне.

Использование палеомагнитного метода для определения глубинны оттаивания мерзлоты рассмотрено в работе (Løvlie, Putkonen, 1996).

Типизация арктических шельфов по условиям формирования мерзлых толщ осуществлена в работе (Гаврилов, 2008). Это голоценовые морские террасы и отложения на побережьях Шпицбергена. Их абсолютные высоты (от 10 до 30 м) и датировки (от 3,9 до 10 тыс. лет назад) (Анохин, 2006) хорошо соотносятся с величиной постгляциального поднятия Шпицбергена. Средняя скорость поднятий (1-5 мм/год), выявляемая из сопоставления высоты террас и дат террас, отсутствие связи с геологической структурой показывают, что их высокое гипсометрическое положение связано не с тектоническими, а с гляциоизостатическими движениями.

Берега и прибрежные зоны Арктических морей сложены специфическими мерзлыми толщами на что указывал еще (Orvin, 1934). Освоение месторождений углеводородов в Арктике требует знаний о механических характеристиках грунтов оснований. Данные об этих характеристиках необходимы при строительстве сооружений береговой инфраструктуры, переходов нефтегазопроводов через водные преграды.

Актуальным направлением является исследование высокотемпературных (пластично-мерзлых) мерзлых грунтов, которые недостаточно исследованы. Исследования данных характеристик с использованием передового оборудования были проведены в

Университетском Центре на Свальбарде (ЮНИС) летом 2008 г. Мерзлый засоленный грунт с берега Гренландского моря был использован для экспериментов. Был исследован температурный диапазон от температуры начала замерзания – -2,1ºС до -3,3ºС. Схема испытаний – вдавливание шарового штампа. Результаты экспериментов показали, что предельно-длительные механические характеристики значительно зависят от температуры грунта; влияние температуры на условно-мгновенные характеристики в исследованном температурном диапазоне незначительно (Синицын, 2008).

На архипелаге повсеместно распространена мерзлота, на уровне моря ее мощность порядка 150 м, в горах – более 500 м (Обидин, 1958; Sollid, Sorbel, 1992). Активные и неактивные каменные глетчеры приурочены в основном к западной части о. Западный Шпицберген, где покровное оледенение несколько меньше развито, нежели на его востоке, что отмечено в работе (Горбунов, 2008). Наиболее значительная плотность размещения каменных глетчеров отмечена на о. Земля Принца Карла, у западного побережья архипелага. Каменные глетчеры распространены между 80°15′и 76°30′ с.ш. Они спускаются почти до уровня моря. Их верхний предел формирования приурочен в основном к изогипсе 100 м. Большая часть каменных глетчеров осыпного генезиса, т.е. они присклоновые. Именно здесь они приобретают классическую форму присклоновых образований. Их длина обычно около 100-200 м, редко она достигает 500 м. Часто ширина таких каменных глетчеров несколько превосходит их длину. Всего в архипелаге около 500 активных и неактивных каменных глетчеров. Скорость движения активных разновидностей обычно 3-5 см/год, максимальная – около 10 см/год. Отмечены две или три ступени (наплыва) на некоторых каменных глетчерах. На активных каменных глетчерах встречаются термокарстовые просадки. На Шпицбергене обнаружено уникальное явление – формирование активных каменных глетчеров за счет снежных лавин. Это, по-видимому, первая констатация такого процесса (Humlum et al., 2007).

Анализ льда из ледника Альдегонда проведен в работе (Леин и др., 2005). В ледниках архипелага Шпицберген сульфат-ион также обеднен изотопом ^{34}S за счет окисления сульфидных минералов. Все пробы мертвого льда с поверхности и с подошвы (из базальной зоны) ледника содержат, как правило, мало взвеси (сотые доли г/л) и мало сульфат-иона.

В краевой зоне ряда крупных ледников Шпицбергена вместо конечно-моренного вала встречаются значительные площади холмисто-грядового рельефа, возникшего на месте полей мертвого льда, оставленных ледником при своем отступании, что рассмотрено в работе (Birkenmajer, 1960, 1968; Klimaszewski, 1960; Boulton, 1968, 1989, 1999; Szupryczynski, 1968; Троицкий, 1967, 1970, 1971; Лаврушин, 1968, 1970).

Растительность криогенных ландшафтов изучали (Шмакова, 2005; Королева, 2008). Перифитон и его роль отражена в публикации (Kubeckova, 2001). Датирование склоновых отложений с использованием метода лихонометрии показана в работе (Andre, 1986).

Влияние изменения климата, оледенения на арктических оленей, взаимосвязи и будущие перспективы рассмотрены в работах (Aanes et al, 2000; Solberg et al, 2001; Kohler, Aanes, 2004; Hansen et al, 2010; Brage, Bremset, Hansen, et al, 2011). Так при похолодании климата возможно уменьшении доступа оленей к источникам питания на береговых пастбищах. Это может привести к переориентации оленями своих пастбищ на степные горные местообитания. Более теплые зимы с большим количеством осадков могут улучшить условия питания для оленей.

В последнее время ряд исследователей сравнивают криогенные ландшафты Шпицбергена с марсианскими ландшафтами (Hauber et al, 2010). Проводятся параллели между полигональными участками, склоновыми потоками, оврагами, эрозионными врезами.

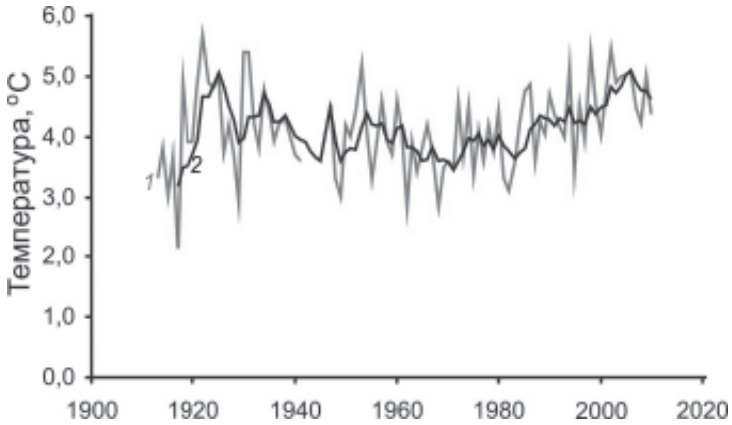


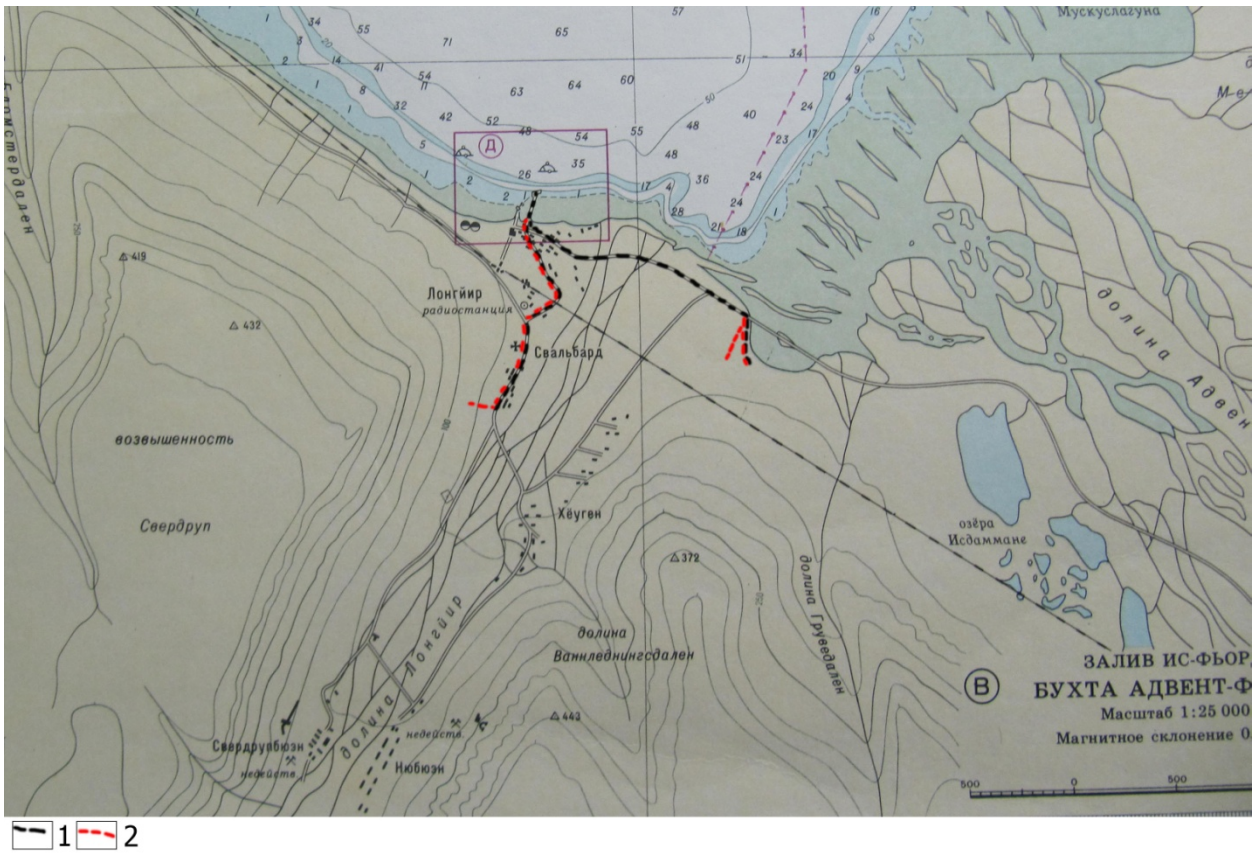
Рисунок 7.13 – Изменение средней летней температуры (июль – август) воздуха на метеостанции Баренцбург с 1913 по 2010 г: 1 – измеренные значения, 2 – сглаживание по пятилетним интервалам

Картографическому отображению мерзлоты в ГИС-среде посвящена работа (Etzelmuller et al, 1998).

Оценка эмиссии метана из морского побережья вдоль западного Шпицбергена дана в работе (Westbrook et al., 2009).

7.5. Полевые георадарные и криогенные исследования

12 июня 2013 группа из 6 человек (Игловский С.А., Морозов А.Н., Кряучюнас В.В., Тюкина О.С., Порохин А., Стерлеев А.) провела рекогносцировочные исследования в восточной части п. Лонгйир (Шпицберген) вблизи района Грювендален у подножья г. Суккертоппен в период с 10 до 15 часов (рис. 7.14). Группа переместила с судна «Профессор Молчанов» научное оборудование для проведения наземных геофизических, палеогеографических исследований и направилась в восточную часть г. Лонгийир (Шпицберген) в район Грювендален к подножья г. Суккертоппен так как работы были разрешены лишь в пределах городской зоны.



1 – маршруты отряда, 2 – маршруты георадиолокационных работ
Рисунок 7.14 – Район работ в окрестностях п. Лонгйир

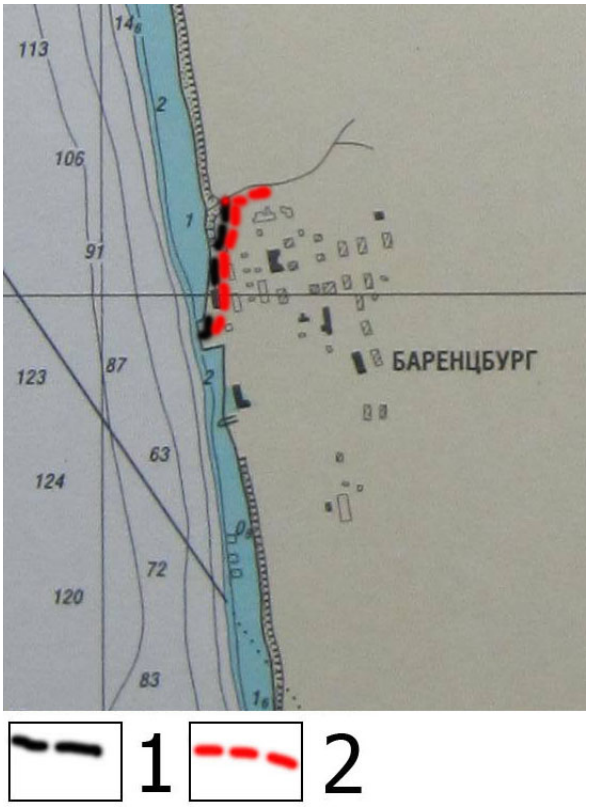
Было выполнено 23 георадиолокационных профилей с антенной Subecho -70, 40 на перевозочном устройстве с одометром. Глубина измерений 35 м. Diel – 8. Параметры соответствовали частотным характеристикам антенн Subecho -70, 40.

Также были проведены рекогносцировочные исследования в окрестностях г. Баренцбург на побережье Гринфьорда (рис. 7.15). Группа перенесла с судна «Профессор Молчанов» научное оборудование для проведения наземных геофизических, палеогеографических исследований и направилась в северную часть г. Баренцбурга. Работы проводились на границе городской зоны, как в естественных, так и в селитебных ландшафтах. Палеогеографические исследования были выполнены на первой, второй и третье морских террасах. Был отобран малакологический материал (образцы раковин моллюсков) in situ для последующих анализов на определение возраста. Георадиолокационные исследования проводились на

третье морской террасе и пересекали ландшафты со склона до границы третьей морской террасы.

Было выполнено 18 георадиолокационных профилей с антенной Subecho -70, 40 на перевозочном устройстве с одометром и в ручном режиме переноса. Глубина измерений 35 м. Diel – 8. Параметры соответствовали частотным характеристикам антенн Subecho -70, 40.

Ночью 13 июня в период с 10.00 до 17.00 группа в том же составе, продолжила исследования в Лонгийре в районе старого города у подножья г. Сведруппфамарен (рис. 7.15, 7.17).



1 – маршруты отряда, 2 – маршруты георадиолокационных работ

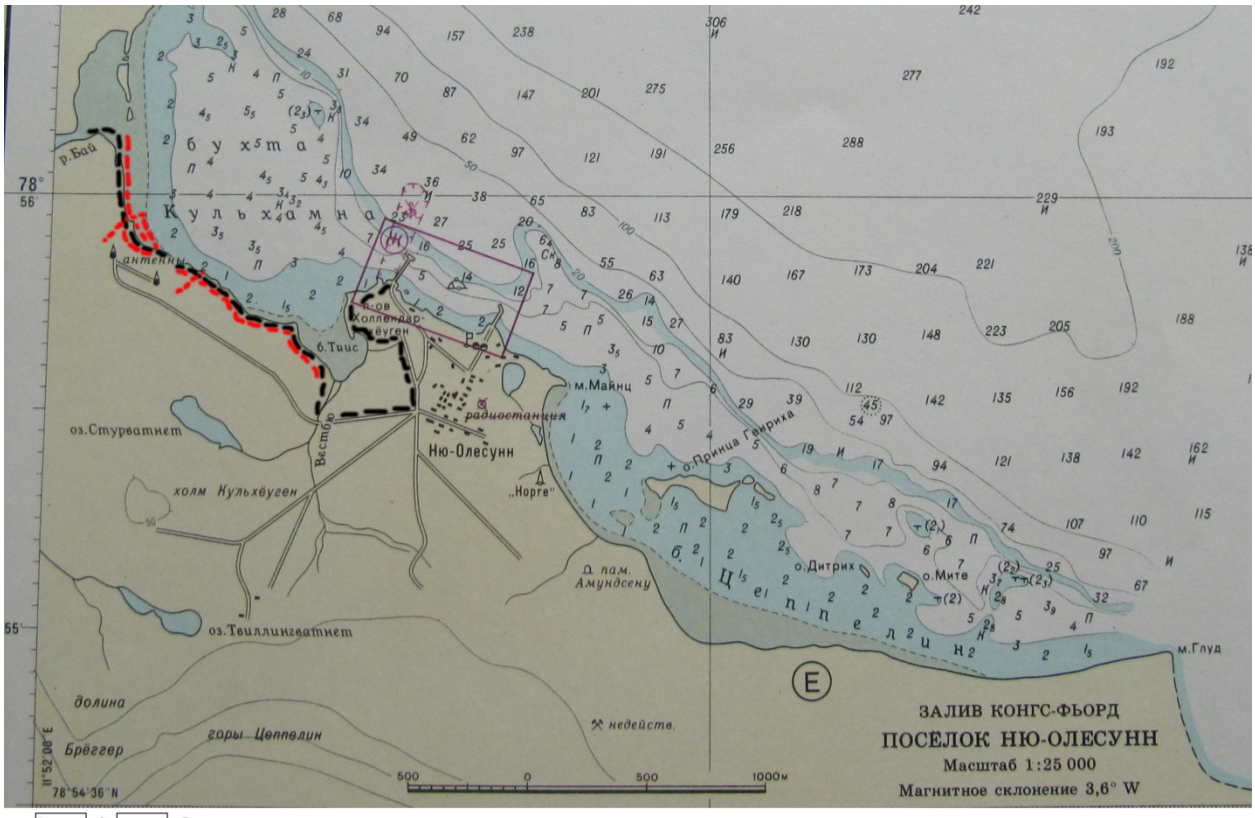
Рисунок 7.15 – Район работ в окрестностях г. Баренцбурга

Был выполнен георадиолокационный разрез на склоне горы. Далее были выполнены разрезы на дорожном покрытии дорог VEI 303 до ТЭЦ и по дороге VEI 400 до портового терминала Букайя.

Было выполнено 24 георадиолокационных профиля с антенной Subecho -70, 40 в ручном режиме переноса. Глубина измерений 35 м. Diel – 8.

Параметры соответствовали частотным характеристикам антенн Subecho -70, 40.

14 июня в период с 1.30 до 5.30 группа в том же составе, за исключением Стерлеева продолжила исследования в окрестностях п. Ню-Олесунн между р. Вестбю и р. Бай (рис. 7.16, 7.18). Группа от причала совершила пеший переход через п-ов Лоленгдандаркёуген, обошла бухту Тиис, так как там располагаются птичьи угодья, и посещение этой территории строго запрещено и вышла на побережье бухты Кульхамна где и проводила свои исследования в 1,5 км от п. Ню-Олесунн.



1 – маршруты отряда, 2 – маршруты георадиолокационных работ

Рисунок 7.16 – Район работ в окрестностях п. Ню-Олесунн.

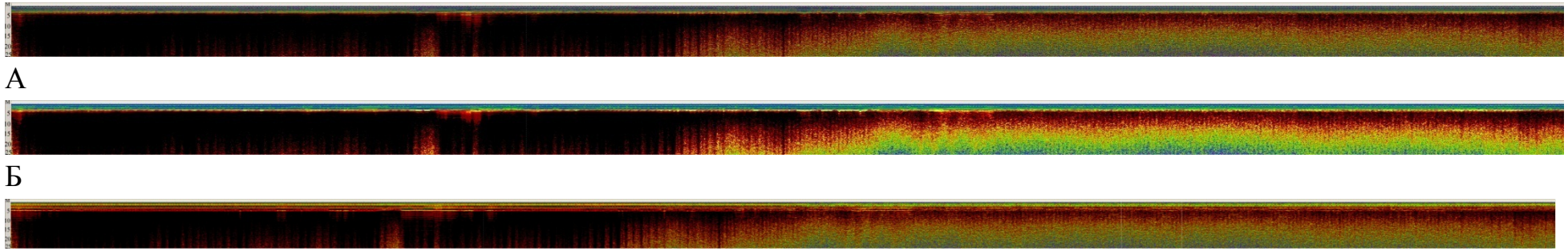
Рисунок 7.17 – Район георадиолокационных работ в Баренцбурге

Рисунок 7.18 – Георадиолокационные исследования в п. Лонгйире на перевозочном устройстве с одометром

На георадарограмме, пройденной над участком I, II, III морской террасы малоглубинной антенной (501), мы обнаружили соответственно три

кольцевых структуры, которые залегают на глубинах от 0,4 м до 1,8 м. Каждая из этих кольцевых структур соотносится с определённой морской террасой. Между первой, второй и третьей террасами отмечается наличие отложений до глубины 0,8 м, которые отличаются от отложений в террасах по показателю диэлектрической проницаемости. Наиболее четко, вышеуказанные кольцевые структуры, дешифрируются на георадарограмме на которой выполнено преобразование Гильберта. На георадарограмме, где выполнена деконволюция, очень хорошо определяются границы между горизонтами. Фиолетовые цвета на георадарограмме соответствуют увлажненным песчаным отложениям (рис. 7.20).

На георадарограмме, выполненной в г. Лонгйире (рис. 7.19), хорошо видна зона, где для подъема и уплотнения дороги была сделана высокая насыпь. Примерно на середине профиля, длина которого составляет 400 м, на глубинах около 10 м отмечается зона с изменением скорости диэлектрической проницаемости, что говорит о наличии здесь пород различной структуры. В целом на других георадарограммах вдоль дорог п. Лонгйира мы не отметели существенного нарушения линейности залегания горных пород и элементов «дорожной одежды».



А

Б

В

Рисунок 7.19 – Георадарограмма в Лонгийре вдоль дороги, по направлению от церкви к порту (А), обработанная методом Гильберта (Б) и деконволюции (В)

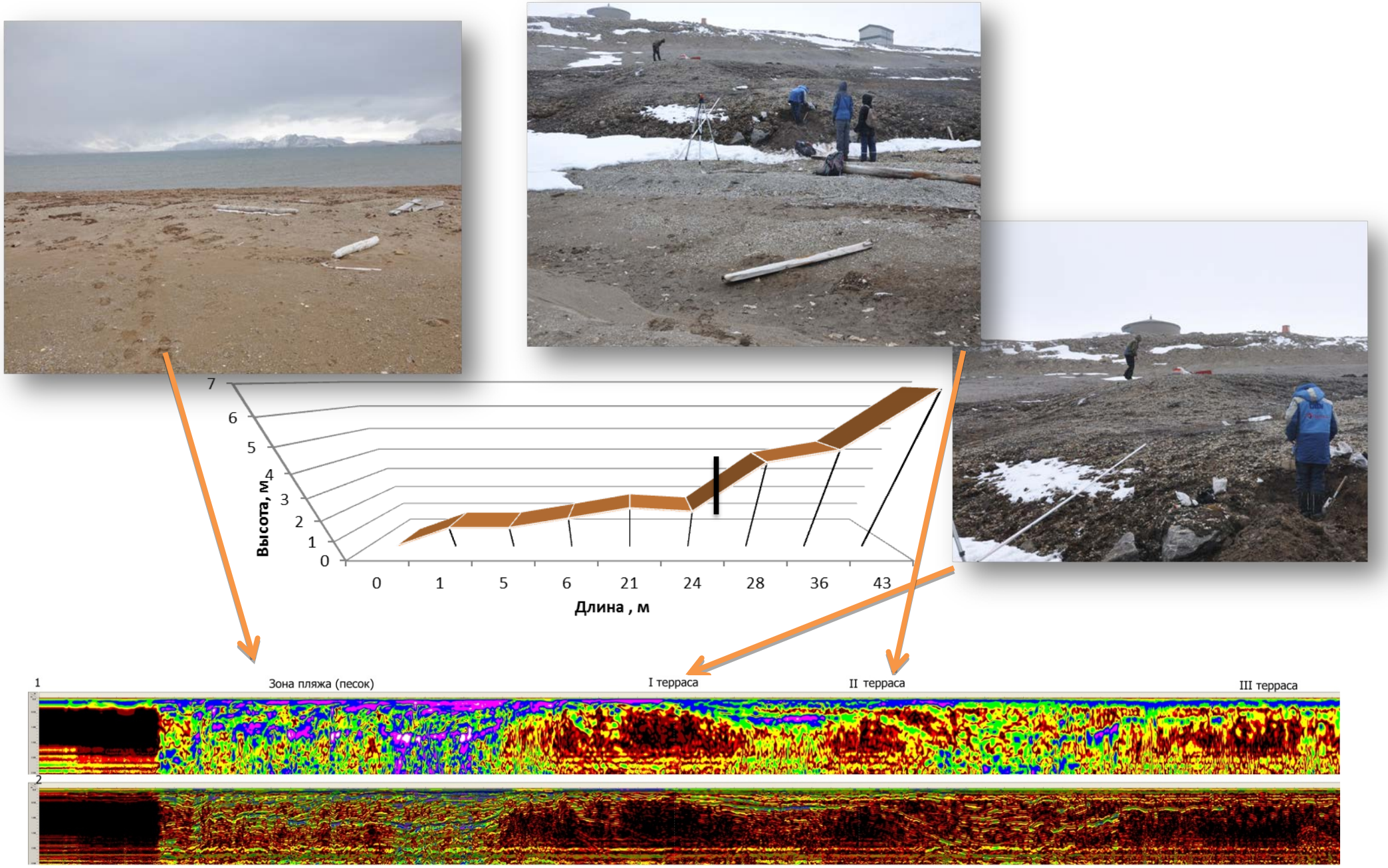


Рисунок 7.20 – Фрагмент георадарограммы, обработанной методом Гильберта (1) и деконволюции (2)

Изменения климата освещены в работе (Førland et al, 1997). Показано, что существенное влияние на климат оказывает североатлантическое течение.

Рисунок 7.21 – Полосы выпучивания на склоне в заливе Ню-Олесунна

Анализ имеющихся климатических данных за XX век показал, что похолодание, естественно, коснулось и архипелага Шпицберген. Наблюдения на метеостанции Баренцбург и наблюдения за балансом массы ледников на западе острова Западный Шпицберген (Соловьянова, Мавлюдов, 2007), а также за динамикой высоты границы питания ледников, выявляют некоторую тенденцию к наметившемуся похолоданию климата.

Рисунок 7.22 – Параллельные полосы сортированного обломочного материала на склоне в заливе Ню-Олесунна

Рисунок 7.23 – Солифлюкционный сплыв и разрушение участка дороги в Баренцбурге

Рисунок 7.24 – Солифлюкционный сплыв и разрушение участка дороги в Баренцбурге

7.5.1. Выводы

На георадарограмме, пройденной над участком I, II, III морской террасы в Ню-Олесунне, мы обнаружили соответственно три кольцевых структуры, которые залегают на глубинах от 0,4 м до 1,8 м. Каждая из этих кольцевых структур соотносится с определённой морской террасой. Между первой, второй и третьей террасами отмечается наличие отложений до глубины 0,8 м, которые отличаются от отложений в террасах по показателю диэлектрической проницаемости.

В зоне отсутсвия ледников, широко распространены полигональные грунты, представляющие собой полосы выпучиваеия (полигоны) (рис. 7.21, 7.22) на поверхности почвы, на песках или гравии, в виде более или менее непрерывных рядов колец, образованных обломочным материалом или заполненными льдом трещинами. Кольца имеют неправильную округлую форму, реже – форму правильных шестиугольников.

В суровом климате Шпицбергена разрушение горных пород происходит также при морозном выклинивании воды в трещинах породы. На склонах гор образовавшиеся обломки слагают осыпи, при смыкании которых возникают шлейфы осыпей, а на пологих поверхностях или на плоских вершинах – каменные моря. Продуктами разрушения твердых пород являются остроугольные глыбы, а более мягкие сланцы разрушаются до мелких минеральных частиц. Широко распространенные на Шпицбергене каменные глетчеры состоят из обломков пород и льда, движущихся вниз по склону под действием силы тяжести и из-за чередования процессов замерзания и оттаивания.

Нами в Баренцбурге была отмечена катастрофическая солифлюкция, приведшая к сильному разрушению дороги в поселке (рис. 7.23, 7.24).

Список литературных источников

Анисимов О.А., Анохин Ю.А., Кренке А.Н. Континентальная многолетняя мерзлота и ледниковые системы**.** Метеорология и гидрология, № 11, С. 124–132.

Анохин В.М., Большиянов Д.Ю., Гусев Е.А., Дымов В.А. Новые датировки береговых линий архипелагов Новая Земля, Земля Франца Иосифа, Шпицберген и проблема оледенения шельфа Баренцева моря в позднем неоплейстоцене // Проблема корреляции плейстоценовых событий на Русском Севере. СПб., 2006, С. 9.

Архипов С.М., Востокова Т.А., Евсеев А.В. Роль минеральных частиц в формировании химического состава деятельного слоя ледников Шпицбергена // МГИ, вып. 64, 1988, С. 62-71.

Архипов С.М., Евсеев А.В., Востокова Т.А. и др. Репрезентативность геохимических характеристик деятельного слоя ледников Шпицбергена // МГИ, вып. 64, 1988, С.164-173.

Архипов С.М., Москалевский М.Ю., Глазовский А.Ф. и др. Геохимия непротаявшего снежного покрова ледника Конгсвеген и ледникового плато Амундсена (Шпицберген) // МГИ, вып. 75, 1992, С. 22-35.

Архипов С.М., Хуббертен Х.В., Ванштейн Б.Г., Мейер Х., Ананичева М.Д., Саватюгин Л.М., Прямиков С.М., Чернов Р.А., Стрелецкий Д.А. Геохимия природных вод и льдов Земли Норденшельда (о. Зап. Шпицберген) // МГИ, вып.100. 2004. С. 200-206.

Атлас Арктики. М., ГУГК, 1985, 204 с.

Атлас снежно-ледовых ресурсов мира. М., Российская академия наук, 1997. 151 с.

Борисов П.М., Гросвальд М.Г. Нордкапское течение и оледенение Баренцева шельфа // МГИ. Хроника, обсуждения. 1971. № 18. С. 179-183.

Василенко Е.В., Глазовский А.Ф., Лаврентьев И.И., Мачерет Ю.Я., Наварро Ф.Х. Изменения толщины и гидротермической структуры ледника Фритьоф с 1977 по 2005 год // МГИ, вып.101. 2006. С. 157-162.

Василенко Е.В., Глазовский А.Ф., Мачерет Ю.Я., Наварро Ф.Х., Токарев М.Ю., Калашников А.Ю., Мирошниченко Д.Е., Резников Д.С. Радиофизические исследования ледника Альдегонда на Шпицбергене в 1999 г. // МГИ. 2001. Вып. 90. С. 86–99.

Васильчук Ю.К., Буданцева Н.А., Васильчук А.К., Земскова А.М., Кристиансен Х., Чижова Ю.Н. Изменение содержания стабильных изотопов кислорода и водорода в повторно-жильных льдах Ямала и Свальбарда, сформировавшихся за последние 2 тысячи лет // Криосфера Земли, т. XVI, № 1, 2012. С. 43–55.

Васильчук Ю.К., Буданцева Н.А., Земскова А.М. Вариации $\delta^{18}O$ в позднеголоценовых повторно-жильных льдах в долине Адвентдален на

Свальбарде // Материалы 4-й конф. геокриологов России. М., МГУ, т. 1, 2011. С. 291–297.

Втюрин Б.И. Подземные льды Шпицбергена // МГИ, 1989, вып. 65, С. 69-75.

Гаврилов А.В. Типизация арктических шельфов по условиям формирования мерзлых толщ // Криосфера Земли, т. XII, № 3, 2008. С. 69–79.

Глазов М.В., Горячкин С.В., Жидков В.Н. Баренц, Шпицберген, Арктика. Маршруты 1996 года // Природа. № 8. 1997. С. 46-51.

Глазовский А.Ф., Москалевский М.Ю. Исследования ледника Фритьоф на Шпицбергене в 1988 году.// МГИ, вып. 65, 1989, с. 148-153.

Гляциология Шпицбергена. М., «Наука», 1985, 200 с.

Горбунов А.П. Каменные глетчеры мира: общее обозрение // Криосфера Земли, т. XII, № 2, 2008. С. 65-74.

Горячкин С.В., Караваева Н.А., Таргульян В.О. География почв Арктики: современные проблемы // Почвоведение. № 5 1998. С. 520-530.

Гохман В.В., Троицкий Л.С., Ходаков В.Г. Гидротермический режим и водохозяйственная роль ледника Бертиль на Шпицбергене // МГИ. М., 1982. Вып. 45.

Гохман В.В., Ходаков В.Г. Вопросы анализа, прогноза и преобразования зимнего стока из ледника Бертиль на Шпицбергене // МГИ, вып. 46, 1983, С. 185-192.

Гросвальд М.Г. Некоторые особенности оледенений материковых шельфов (на примере Европейской Арктики) // МГИ. Хроника, обсуждения. 1970. № 16. С. 196-207.

Гуськов А.С, Гордейчик А.В. Водно-ледовый баланс ледников Шпицбергена в 1975/76 балансовом году // МГИ, вып. 33, 1978, С. 207-211.

Добровольский В.В. Геохимия почв Шпицбергена // Почвоведение. № 2. 1990. С. 5-20.

Долгушин Л.Д., Осипов Г.В. Ледники. М., 1989. С. 42–46.

Дорожкина М.В. Результаты палинологического изучения голоценового торфяника района мыса Фуглехукен, о-в Земля Принца Карла, архипелаг Шпицберген // Изв. РГО. Т. 139. Вып. 6, 2007. С. 30-33.

Дымов В.А., Шарин В.В. Динамика ледников в южной части Вудфьорда (архипелаг Шпицберген) // МГИ, вып.101. 1991. С. 153-156.

Епифанов В.П., Осокин Н.И. Исследование прочностных свойств снега на горном склоне архипелага Шпицберген // Криосфера Земли, 2010, т. XIV, № 1, С. 81–91

Епифанов В.П., Осокин Н.И. Пластическое течение и разрыв снежного покрова на горных склонах острова Шпицберген // Криосфера Земли, 2009, т. XIII, № 2, С. 82–93.

Зеликсон Э.М. Палинологическое исследование голоценового торфяника на Шпицбергене // Палинология голоцена. М., 1971. С. 199-212.

Зингер Е.М., Захаров В.Г., Жидков В.А. Наблюдения за подвижкой ледника Фритьоф на Шпицбергене в 1997 году. // МГИ, вып. 83, 1997, С. 231-233.

Зингер Е.М. Михайлев В.И. Аккумуляция снега на ледниках Шпицбергена // МГИ. 1967. Вып. 13. С. 86-100.

Кокин О.В. Рельеф и отложения краевых зон ледников западного Шпицбергена (на примере ледников Грёнфьорд и Альдегонда).

Автореферат диссертации на соискание ученой степени … канд. геогр. наук. 2010. М. 24 с.

Кокин О.В., Тарасов Г.А. К истории развития ледникового рельефа Западного Шпицбергена в голоцене // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Материалы 24 V Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода (Москва, 7-9 ноября 2007). Москва: ГЕОС, 2007. С. 177-179.

Конищев В.Н., Рогов В.В. Влияние криогенеза на сток растворенного вещества реками в криолитозоне // Криосфера Земли, т. X, № 4, 2006. С. 3-8.

Королева Н.Е. Растительность. Флора и растительность побережья залива Грен-фьорд (архипелаг Шпицберген) / Под ред. Н.А. Константиновой и Н.Е. Королевой. Апатиты, 2008. С. 11-39.

Корякин В.С. Колебания ледников Шпицбергена. В сб.: МГИ. Хроника, обсуждения, вып. 13. М., 1967.

Корякин В.С. Ледники Арктики. М., «Наука», 1988, 160 с.

Котляков В.М., Глазовский А.Ф., Фролов И.Е. Оледенение в Арктике. Причины и следствия глобальных изменений // Вестник РАН. 2010, том 80, № 3, 2010. С. 225-234.

Лаврушин Ю.А. Особенности накопления и строения ледниково-морских отложений в условиях фиордового побережья (на примере Шпицбергена) // Литология и полезные ископаемые. 1968, № 3, С. 63-79.

Лаврушин Ю.А. Вопросы стратиграфии и палеогеографии Шпицбергена в позднем плейстоцене. Северный Ледовитый океан и его побережье в кайнозое. Гидрометеоиздат, Ленинград, 1970, С. 53-56.

Леин А.Ю., Саввичев А.С., Лейбман М.О., Передня Д.Д. Ледовая летопись: пример расшифровки с помощью изотопных трассеров // Природа. № 7. 2005. С. 25-34.

Мавлюдов Б.Р. О деградации горно-долинных ледников Шпицбергена // Комплексные исследования природы Шпицбергена, вып. 4. Апатиты, 2004. С. 207-216.

Мавлюдов Б.Р. О системах дренажа ледников Шпицбегена // Арктика и Антарктика, вып. 3 (37), М., 2004. С. 67-79.

Мавлюдов Б.Р. Состояние оледенения Шпицбергена в конце XX века // МГИ. 2006. Вып. 101. С. 146–152.

Мавлюдов Б.Р., Кокин О.В. Был ли ледник Альдегонда (Западный Шпицберген) пульсирующим? // Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики. Вып. 8. Москва: ГЕОС, 2008. С. 222-226.

Мавлюдов Б.Р., Соловьянова И.Ю. Водно-ледовый баланс ледника Альдегонда в 2002/03 г. // МГИ, вып.102. 2007.

Мавлюдов Б.Р., Саватюгин Л.М., Соловьянова И.Ю. Реакция ледников Земли Норденшельда (арх. Шпицберген) на изменение климата // Проблемы Арктики и Антарктики. № 1 (91). 2012. С.67-77.

Мачерет Ю.Я., Василенко Е.В., Громыко А.Н., Журавлев А.Б. Радиолокационный каротаж скважины на леднике Фритьоф, Шпицберген. // МГИ, вып. 50, 1984, С. 198-203.

Мачерет Ю.Я., Журавлев А.Б. Боброва Л.И.. Толщина, подледный рельеф и объем ледников Шпицбергена по данным радиолокационного зондирования // МГИ, вып. 51, 1984, С. 59-62.

Мачерет Ю.Я., Журавлев А.Б. Радиолокационное зондирование ледников Шпицбергена с вертолета // МГИ, вып. 37 , 1980, С. 109-131.

Мачерет Ю.Я., Журавлев А.Б. Толщина, объем и строение ледников. Гляциология Шпицбергена. М., «Наука», 1985, С. 7-35.

Мачерет Ю.Я., Журавлев А.Б., Громыко А.Н. Радиолокационное зондирование ледников Шпицбергена в 1977 г. // МГИ, вып. 38, 1980. С. 279-286.

Мельников Н.Н., Калашник А.И. Инновационные георадарные технологии изучения подповерхностной структуры и состояния природно-технических систем // Естественные и технические науки. С. 4-8.

Обидин Н.И. Новые данные о подземных водах и вечной мерзлоте советских рудников острова Шпицберген по исследованиям 1952-1954 гг. // Труды НИИГА, т. 85, вып. 9, 1958, С.129-140.

Огородов С.А., Носков А.И., Белова Н.Г., Кокин О.В., Марченко А.В. Воздействие морских льдов на берега, дно и инженерные сооружения в прибрежно-шельфовой зоне Российской Арктики // Естественные и технические науки. 2010, № 5 (49). С. 344-348.

Оледенение Земли Франца-Иосифа. М., 1973

Оледенение Шпицбергена (Свальбарда). М.: Наука, 1975. 276 с.

Патерсон У.С.Б. Физика ледников. М., «Мир», 1984, 472 с.

Переверзев В.Н., Литвинова Т.И. Почвы морских террас и коренных склонов на побережьях фьордов острова западный Шпицберген // Почвоведение, № 3, 2010. С. 259-269.

Режим и эволюция полярных ледниковых покровов. СПб, ГИМИЗ, 1992. 232 с.

Самойлов Р.С. О физико-механических свойствах снежного покрова на Шпицбергене // МГИ., вып. 63, 1988. С. 122-126.

Сахомин А.П. Трансформация соединений тяжелых металлов в почвах Нижнего Дона: Автореф. дис. канд. биол. наук. Ростов-на-Дону, 2003. 43 с.

Семевский Д.В. Морские террасы Ван-Мейен-фьорда и Билле-фьорда и их палеонтологическая характеристика. Материалы по геологии Шпицбергена. Л., 1965. С. 222-231.

Семевский Д.В. Плейстоценовые отложения Шпицбергена // Материалы по стратиграфии Шпицбергена. Изд-во НИИГА. Л., 1967. С. 205-215.

Семевский Д.В., Шкатов Е.П. Геоморфология Земли Норденшельда (Западный Шпицберген). Материалы по геологии Шпицбергена. Л., 1965. С. 232-240.

Семевский Д.В., Шкатов Е.П. Четвертичная фауна беспозвоночных архипелага Свальбард. Л., 1980, С. 129-133.

Синицын А.О. Исследования механических характеристик мерзлых грунтов побережий арктических морей // SafeLOT project – Safe load and transport of hydrocarbons from the Barents Sea (Безопасная загрузка и транспортировка гидрокарбонатов из Баренцева моря). 2008.

Сироткин А.Н. Эволюция регионального метаморфизма комплексов кристаллического фундамента Шпицбергена // Геология полярных областей Земли: Тез. докл. М.: ГЕОС, 2009. Т. 2. С. 179-183

Соловьянова И.Ю., Мавлюдов Б.Р. Балансовые наблюдения на ледниках Шпицбергена // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 7. Апатиты: КНЦ РАН, 2007. С. 202–214.

Суходровский В.Л. Склоновые процессы в перигляциальной зоне Земли Франца-Иосифа. Известия Академии Наук. Серия геогр., 1962, № 6, С. 85-93.

Тарасов Г.А., Кокин О.В. Время последней подвижки и ход последующей дегляциации ледника Грёнфьорд (Западный Шпицберген) // Вестник ЮНЦ РАН. 2010. Т. 6, №3. С. 34-38.

Таргульян В.О., Куликов А.В. Основные черты почв острова Западный Шпицберген // Биологические проблемы Севера. Тез. X Всесоюзного симпозиума. Ч. 1. Магадан, 1983. С. 272–273.

Третьяков М.В., Соловьянова И.Ю. Распределение максимальных снегозапасов на водосборных бассейнах рек залива Грёнфьорд (о. Западный Шпицберген) // МГИ, вып. 102. 2007. С. 138-140.

Троицкий Л.С. Баланс массы ледников разных типов на Шпицбергене. МГИ, вып. 63, 1988, С. 117-121.

Троицкий Л.С. Гляциогеоморфологические исследования на Шпицбергене // МГИ. Хроника, обсуждения, вып.13. М., 1967.

Троицкий Л.С. К истории оледенения Шпицбергена в верхнем плейстоцене и голоцене // Докл. АН СССР, т. 175, № 3, 1967.

Троицкий Л.С. и др. О колебаниях ледников Шпицбергена в позднем голоцене. В сб.: Материалы гляциол. исслед. (МГГ). Хроника, обсуждения, вып. 16. М., 1970.

Троицкий Л.С. О балансе массы ледников Шпицбергена в 1985/1986, 1986/1987 и 1987/1988 балансовых годах. МГИ, вып. 63, 1988, С. 194-197.

Троицкий Л.С. О влиянии структуры ледников на формирование холмисто-грядового моренного рельефа на Шпицбергене // МГИ. Хроника, обсуждения. 1970. № 16. С. 178-183.

Троицкий Л.С. О голоценовых стадиях оледенения на Шпицбергене // МГИ. Хроника, обсуждения. № 18. 1971. С. 63-68.

Троицкий Л.С., Лаврушин Ю.А., Девирц А.Л., Добкина Э.И., Завельский Ф.С., Форова В.С. О колебаниях ледников Шпицбергена в позднем голоцене // МГИ. Хроника, обсуждения, вып. 16. М., 1970.

Федоров В.М. Причины метахронности в динамике баланса массы льда в ледниковых районах северного полушария // Криосфера Земли, т. XV, № 2, 2011, С. 70-80.

Федоров В.М. Реконструкция динамики баланса массы арктических ледников в XX столетии на основе макроциркуляционной модели // Криосфера Земли, т. XIII, № 3, 2009. С. 80–87.

Цыкин Р.А. Пещеры Арктики, субарктики и зоны многолетней мерзлоты // Пещеры: Межвуз. сб. науч. тр. / Перм. ун-т. Пермь, 2001. С. 6-10.

Чижов О.П. Оледенение северной полярной области. М., Наука, 1976, 240 с.

Шарин В.В., Алексеев В.В., Дымов В.А., Погодина И.А., Большиянов Д.Ю., Гусев Е.А. Новые данные по стратиграфии четвертичных отложений и палеогеографии Вейде-фьорда (архипелаг Шпицберген). // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 6. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2006, С. 157-170.

Шарин В.В., Алексеев В.В., Погодина И.А. К стратиграфии четвертичных отложений пролива Хинлопен, архипелаг Шпицберген. Природа шельфа и архипелагов европейской Арктики. Вып. 8. Материалы международной научной конференции (Мурманск, 9-11 ноября 2008 г.). М., ГЕОС, 2008, С. 388-392.

Шмакова Н.Ю. Продуктивность злаково-кустарничково-моховых сообществ в окрестностях пос. Баренцбург (Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 5. Сб. материалов V Междунар. конф. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2005. С. 519–525.

Экологическое эхо холодной войны в морях Российской Арктики / Н.А. Айбулатов – М.:ГЕОС, 2000. -306.

Яниа Я., Мачерет Ю.Я., Наварро Ф.Х. и др. Вариации гидротермической структуры политермического ледника на Шпицбергене // МГИ, вып. 99, 2005, С. 75-88.

Aanes, R., B.-E. Sæther, and N. A. Øritsland. Fluctuations of an introduced population of Svalbard reindeer: the effects of density dependence and climatic variation. Ecography 23: 2000. P. 437-443.

Åkerman H. Relations between slow slope processes and activelayer thickness 1972–2002, Kapp Linn´e, Svalbard // Norsk Geogr. Tidsskr., 59, 116–128, 2005.

Åkerman H., Johansson, M. Thawing permafrost and thicker active layers in sub-arctic Sweden // Permafrost Periglac., 19, 279-292, 2008.

Åkerman G.N. Notes of chemical weathering. Kapp. Linne, Spitsbergen // Proc. of the 4th Intern. Conf. on Permafrost, Washington, Natl. Acad. Press, 1983, p. 10–15.

Åkerman G.N. Studies on periglacial geomorphology in West Spitsbergen. Medd. Lunds Univ. Geogr. Inst., Avh., 89, 1980. 297 p.

Andre´ M.F. Dating slope deposits and estimating rates if rockwall retreat in northwestern Spitsbergen by lichenometry // Geogr. Ann. 68A, 1986. P. 65– 75.

Bamber J.L. Ice/bed interface and englacial properties of Svalbard ice masses from airborne radio-echo sounding // Journ. of Glaciology, v. 35, № 119, 1989, p. 30-37.

Bamber J.L. Internal reflecting horizons in Spitsbergen glaciers // Annals of Glaciology, v. 9, 1987, p. 5-10.

Bamber J.L., Krabill W., Raper V. et al. Anomalous recent growth of part of a large Arctic ice cap: Austfonna, Svalbard // Geophysical research letters, vol. 31, 2004. l12402, doi:10.1029/2004gl019667.

Bamber J.L., Krabill W., Raper V. et al. Elevation changes measured on Svalbard glaciers and ice caps from airborne laser data // Annals of Glaciology. 2005. V. 42. P. 202-208.

Baranowski S., Szerszeń L. Some properties of sub-fossil mineral and organic deposits from the region of Werenskioldbreen, Westspilsbergen // Polish Spitsbergen Expeditions. 1957-1960, Summary of Scientific Results; 1968. P. 239-247.

Barsch D., Gude M., Mäusbascher R., Schukraft G., Schulte A. Recent fluvial sediment budgets in glacial and periglacial environments, NW Spitsbergen. // Zeitschrift für Geomorphologie, Supplement band 97, 1994. P. 111-122.

Bartoszewski S., Michalczyk Z., Magierki J. Seasonal changeability of physico-chemical properties of permafrost active layer waters in the Recherche Fiord region (Western Spitsbergen) // Proceedings of the VI International Conference on Permafrost. Beijing, China. Proceedings, v. 1, 1993. P. 32-35.

Bartoszewski S., Rodzik J., Wojciechowski K. The outflow of water in permafrost environment Spitsbergen. // V International Conference on Permafrost, Trondheim, Norway, 1988. P. 543-545.

Bennett M.R., Huddart D., Glasser N.F., Hambrey M.J. Resedimentation of debris on an ice-cored lateral moraine in the High-Arctic (Kongsvegen, Svalbard) // Geomorphology, 35, 2000. P. 21-40.

Berthling, I., Etzelmuller, B., Wåle, M., Sollid, J.L. Use of Ground Penetrating Radar (GPR) soundings for investigating internal structures in rock glaciers. Examples from Prins Karls Forland, Svalbard // Zeitschrift für Geomorphologie. Suppl. 132, 2003. P. 103–121.

Birkenmajer K. Raised marine features of the Hornsund area, Vestspitsbergen. Geol. results of the Polisch 1957-1958 Spitsbergen expedition, pt. H. Studia Geol. Polonica, v. 5, Warszawa, 1960.

Birkenmajer K. Quaternary geology of Treskelen, Hornsund, Vestspitsbergen. Studia Geol. Polonica, т. II. Warszawa, 1964.

Bloomfield C. The translocation of metals in soils, in: The Chemistry of Soil Processes, Greenland D. J. and Hayes M. H. B., Eds., John Wiley & Sons, New York, 1981, 463.

Bø P.H. Materialtransport i Midtdalsbreen, Sør-Noreg, og Vestre Love´nbreen og Erikbreen, Svalbard. Cand. scient. Thesis, University of Oslo, Oslo, 1992. 83 pp.

Boike J.: SPARC and disappearing permafrost – a story from Bayelva in Svalbard, Svalbard Science Forum, http://ssf.npolar.no/pages/news318.htm, 2009.

Boike J., Roth K., Ippisch O.: Seasonal snow cover on frozen ground: Energy balance calculations of a permafrost site near Ny-Alesund, Spitsbergen // J. Geophys. Res.-Atmos., 108, 8163-8173, 2003.

Boike J., Ippisch O., Overduin P., Hagedorn, B., Roth K. Water, heat and solute dynamics of a mud boil, Spitsbergen // Geomorphology, 95, 2008. p. 61-73.

Boulton, G.S. The development of a complex supraglacial moraine at the margin of Sørbreen, Ny Friesland, Vestspitsbergen. Journal of Glaciology, 6, 1967. P. 717-735.

Boulton G.S. Flow tills and related deposits on some Vestspitsbergen glaciers // Journ. of Glaciology, v. 7, К 51, 1968.

Boulton, G. S. Glacial history of the Spitsbergen archipelago and the problem of a Barents Shelf ice sheet // Boreas. 8, 1979. P. 31-57.

Boulton G.S., Van der Meer J.J.M., Beets D.J., Hart J.K., Ruegg G.H.J. The sedimentary and structural evolution of a recent push moraine complex: Holmstrømbreen, Spitsbergen // Quat. Sci. Rev. 18, 1999. P. 339-371.

Brown J., Ferrians Jr., O., Heginbottom J., Melnikov E. Circum-Arctic map of permafrost and ground-ice conditions, US Geological Survey Circum-Pacific Map, 1997.

Carr S.J. Micromorphological criteria for discriminating subglacial and glacimarine sediments: Evidence from a contemporary tidewater glacier, Spitsbergen. Quaternary International, 86, 2001 p. 71–79.

Chmiel S., Bartoszewski S., Siwek K. Chemical denudation rates in the Wydrzyca catchment (Bellsund, Spitsbergen) // Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska Lublin – Polonia Vol. Lxvi, 1 Sectio B. 2011. P.115-128.

Christiansen H.H. Thermal regime of ice-wedge cracking in Adventdalen, Svalbard // Permafrost and Periglacial Processes, vol. 16, iss. 1, 2005. p. 87-98.

Christiansen H., Humlum O. Interannual variations in active layer thickness in Svalbard, in: Proceedings of the Ninth International Conference on Permafrost, edited by: Kane, D. L. and Hinkel, K. M., Fairbanks, Alaska., Vol. 1, 2008. p. 257–262.

Coleman C.F. Meteorological and glacial ablation controls on annual sediment accumulation at Linnévatnet: Svalbard, Norway // 23rd Annual Keck Symposium: Houston, Texas. 2010. P. 286–292.

Dallmann W.K., Nagy J., Salvigsen O. Geological Map, Svalbard, 1:100 000, C11G, Kvalvagen, C12G Markhambreen (text and maps). Norsk Polarinstitutt Temakart 22/23. 1994.

Dowdeswell J.A. Drainage-basin characteristics of Nordaustlandet ice caps, Svalbard // J. Glaciol., 32, 1986. P. 31- 38.

Dowdeswell, J.A.. On the nature of Svalbard icebergs. Journal of Glaciology, 35, 1989. P. 224–234.

Dowdeswell J.A., Dowdeswell E.K. Debris in Icebergs and Rates of Glaci-Marine Sedimentation: Observations from Spitsbergen and a Simple Model // The Journal of Geology, Vol. 97, No. 2. 1989, pp. 221-231. http://www.jstor.org/stable/30065541.

Dowdeswell J.A., Drewry D.J., Liestøl O., Orheim O. Airborne radio echo sounding of sub-polar glaciers in Spitsbergen // Norsk Polarinstitutt Skrifter, № 182, 1984. 42 p.

Dowdeswell J.A., Drewry D.J., Liestøl O., Orheim O. Radio-echo-sounding of Spitsbergen glaciers: problems in the interpretation of layer and bottom Returns // Journ. of Glaciology, v. 30, № 104, 1984, p. 16-21.

Dowdeswell, J.A., Forsberg, C.F. The size and frequency of icebergs and bergybits derived from tidewater glaciers in Kongsfjorden, northwest Spitsbergen // Polar Research, 11, 1992. p.81–91.

Dowdeswell J.A., Hamilton G.S., Hagen J.O. The duration of the active phase on surge-type glaciers: Contrasts between Svalbard and other regions // Journal of Glaciology, 37, 1991.p. 388–400.

Dowdeswell J.A., Hodgkins R., Nuttall A.M., Hagen J.O., Hamilton G.S. Mass-balance change as a control on the frequency and occurrence of glacier surges in Svalbard, Norwegian High Arctic. Geophysical Research Letters, 22, 1995. 2909–2912.

Drewry D.J., Liestøl O. Glaciological investigations of surging ice caps in Nordaustlandet, Svalbard, 1983 // Polar Record, v. 22, № 139, 1985, p. 357-378.

Eiken T., Kääb A., Isaksen K., Sollid J.L. Rock glaciers on Svalbard: Some typical examples // 1st European Permafrost Conference (Rome, 26–28 March 2001), Abstracts, 51–52. International Permafrost Association. 2001

Elster J., Kubeckova K., Brynychova K., Lukesova A., Stibal M., Kanda H. Diversity of cyanobacteria and eukaryotic microalgae in subglacial soil (Ny-Alesund, Svalbard). In: Ørbæk J.B., Holmen K., Neuber R., Plag H.P., Lefauconnier B., dePrisco G., Ito H. (Eds.), The Changing Physical Environment. Proceedings from the Sixth Ny-Alesund International Scientific Seminar. Norsk Polarinstitutt, Internrapport, 10, 2002. pp. 207-210.

Elverhøi, A., Svendsen, J.I., Solheim, A., Andersen, E.S., Milliman, J.D., Mangerud, J., Le, B.R. Late Quaternary sediment yield from the high arctic Svalbard area // J. Geol. 103, 1995. p. 1 – 17.

Etzelmuller B., Berthling I., Sollid J. L. The distribution of permafrost in southern Norway - a GIS approach. Seventh International Conference on Permafrost, (Yellowknife, 23–27 June 1998), Collection Nordicana 57, 1998. P. 251–258.

Etzelmuller B., Berthling I., Sollid J.L. Aspects and concepts on the geomorphological significance of Holocene permafrost in southern Norway // Geomorphology 52. 2003. p. 87–104.

Etzelmuller B., Hagen J.O., Vatne G., Ødegård R.S., Sollid J.L. Glacier debris accumulation and sediment deformation influenced by permafrost, examples from Svalbard // Ann. Glaciol. 22, 1996. P. 53-62.

Etzelmuller B., Ødegard R.S., Vatne G., Mysterud R.S., Tonning T., Sollid J.L. Glacier characteristic and sediment transfer systems of Longyearbyen and Larsbreen, western Spitsbergen // Nor. Geogr. Tidsskr. 54 (4), 2000. P. 157-168.

Etzelmuller B. Quantification of thermo-erosion in pro-glacial areas-examples from Spitsbergen // Z. Geomorphol., NF 44 (3), 2000. P. 343- 361.

Etzelmüller B., Sollid J.L. Long-term mass balance of selected polythermal glaciers on Spitsbergen, Svalbard // Norsk Geografisk Tidsskrift, v. 50, 1996, p. 55-66.

Evans I., Cox N.J. North–south asymmetry of Arctic glaciers // Annals of Glaciology 51(55) 2010. P. 16-22.

Farbrot H., Isaksen K., Eiken T., Kääb A., Sollid J.L. Composition and internal structures of a rock glacier on the strandflat of western Spitsbergen, Svalbard // Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography, 59:2, 2005. P. 139-148.

Feyling-Hanssen R. Stratigraphy of the marine Late-Pleistocene of Bille-Fjorden, West-Spitsbergen. Norsk Polar Inst. Skr., № 107, 1955.

Feyling-Hanssen R., Olsson I. Five radiocarbon dating's of postglacial shorelines in central Spitsbergen // Norsk Geogr. Tiddskr., Bd-XVII, H.1-4, Oslo, 1960. p. 959.

Fitzpatrick E.A. An indurated soil horizon formed by permafrost // Journal of Soil Science. Vol. 7. No. 2. 1956. P. 248-257.

Fleming K.M., Dowdeswell J.A., Oerlemans J. Modeling the mass balance of northwest Spitsbergen glaciers and responses to climate change // Annals of Glaciology 24: 1997. P. 203-210.

Fleming K.M., Dowdeswell J.A., Oerlemans J. Modeling the mass balance of northwest Spitsbergen glaciers and responses to climate change // Ann. Glaciol. 24, 1997 p. 203-210.

Førland, E.J., Hanssen-Bauer, I., Nordli, P.Ø. Climate statistics and long term series of temperature and precipitation at Svalbard and Jan Mayen. DNMI Report 21/97 Klima, 1997. 72 p.

Forman S.L., Lubinski D.J., Ingolfsson O., Zeeberg J.J., Snyder J.A., Siegert M.J., Matishov G.G. A review of postglacial emergence on Svalbard, Franz Josef Land and Novaya Zemlya, northern Eurasia // Quaternary Science Reviews 23. 2004. P. 1391-1434.

Forman S.L., Miller G.H. Time-dependent morphologies and pedogenic processes in raised beaches, Broggerhaalvoya, Spitsbergen, Svalbard archipelago // Arctic and Alpine Res. 1984. V. 16. P. 381–394.

Geoffray H. Bilan hydrologique et bilan d'erosion du systeme du glacier Loven Est. Spitsberg 1964 et premieres observations 1965. CNRS, RCP 42, Audin, Lyon, 1966. P. 257-262.

Glacier mass balance bulletin, № 7 (2000–2001), IAHS (ICSI), UNEP, UNESCO, WMO, 2003, 87 p.

Glasser N.F., Bennett M.R., Huddart D. Ice-marginal characteristics of Fridtjovbreen (Svalbard) during its recent surge // Polar Research, 17, 1998. P. 93–100.

Glasser N.F., Crawford K.R., Hambrey M.J., Bennett M.R., Huddart D.. Lithological and structural controls on the surface wear characteristics of glaciated metamorphic bedrock surfaces: Ossian Sarsfjellet, Svalbard. Journal of Geology, 106(3), 1998. P. 319–329.

Glasser, N.F., Hambrey M.J. Tidewater glacier beds: Insights from iceberg debris in Kongsfjorden, Svalbard // Journal of Glaciology, 47(157), 2001. P. 295–302.

Glazovsky A.F., Macheret Yu. Ya., Moskalevsky M.Yu., Jania J. Tidewater glaciers in Spitsbergen. Glacier-Ocean-Atmosphere Interactions // Proc. Of St. Petersburg Symposium, September 1990. IASH Publ. № 208, 1991, p. 229-239.

Gordiyenko F.G., Kotlyakov V.M., Punning Y. K.M., Vaikmae R. Study of a 200m core from the Lomonosov ice plateau on Spitsbergen and the paleoclimatic implications // Polar Geogr. Geol. 5(4), 1981. 242-251.

Goto-Azuma K., Kohshima S., Kameda T. et al. An ice-core chemistry record from Snøfjellafonna, northwestern Spitsbergen // Annals of Glaciology, v. 21, 1995, p. 213-218.

Croot D.G. Glaciotectonics and surging glaciers: a correlation based on Vestspitsbergen, Svalbard, Norway. In Glaciotectonics: Forms and Processes, Croot DG (ed.). Balkema: Rotterdam; 1988. p. 49–62.

Gurney S.D. Aspects of the genesis and geomorphology of pingos: perennial permafrost mounds // Progress in Physical Geography 1998 22: 307. DOI: 10.1177/030913339802200301. http://ppg.sagepub.com/content/22/3/307.

Hagen J.O. Glacier surge at Usherbreen, Svalbard // Polar Research, 5, 1987. P. 239–252.

Hagen J.O. Mass balance of Arctic glaciers: Svalbard. In: Jania, J., Hagen, J-O., (Eds.), Mass Balance of Arctic Glaciers. IASC Report No5, Sosnowiec-Oslo, 1996. 62 p.

Hagen J.O., Liestøl O. Long-term glacier mass-balance investigations in Svalbard, 1950-88 // Ann. Glaciol. 14, 1990. P. 102– 106.

Hagen J.O., Liestøl O., Roland E., Jørgensen T. Glacier Atlas of Svalbard and Jan Mayen. Norsk Polarinstitutt, Meddeelelser, № 129, Oslo, 1993, 141 p.

Hagen J.O., Melvold K, Pinglot J.F, Dowdeswell A. On the net mass balance of the glaciers and ice caps in Svalbard, Norwegian Arctic // Arct. Antarct. Alp. Res., 35, 2003. P. 264- 270.

Haldorsen S., Heim M., Lauritzen S.E. Sub-permafrost groundwater, Western Svalbard. Nordic Hydrology 27, 1996. p. 57-68.

Hallet B., Presterud S. Dynamics of periglacial sorted circles in western Spitsbergen, Quut. Rex, 26, 1986. p. 81- 99.

Hambrey M.J., Huddart D. Englacial and proglacial glaciotectonic processes at the snout of a thermally complex glacier in Svalbard // J. Quat. Sci. 10, 1995. P. 313- 326.

Hambrey M.J., Huddart D., Bennett M.R., Glasser N.F. Genesis of ‘hummocky moraines’ by thrusting in glacier ice: Evidence from Svalbard and Britain // Journal of the Geological Society, London, 154, 1997. P. 623–632.

Hambrey M.J., Dowdeswell J.A., Murray T., Porter P.R. Thrusting and debris entrainment in a surging glacier: Bakaninbreen, Svalbard. Annals of Glaciology, 22, 1996 p. 241–248.

Hambrey, M.J., Dowdeswell, J.A. Structural evolution of a surge-type glacier: Hessbreen, Svalbard // Annals of Glaciology, 24, 1997. P. 375–381.

Hamilton G.S., Dowdeswell J.A. Controls on glacier surging in Svalbard // Journal of Glaciology, v. 42, № 140, 1996, p. 157-168.

Hamran S., Aarholt E., Hagen J., Mo P. Relative water content in a sub-polar glacier // Journal of Glaciology, Vol. 42, No. 142, 1996.p. 533-537.

Hansen, B.B., Aanes R., Sæther B.E. Partial seasonal migration in high-arctic Svalbard reindeer (*Rangifer tarandus platyrhynchus*) // Canadian Journal of Zoology 88: 2010. P. 1202-1209.

Hanssen-Bauer I, Kristensen Solas M, Steffensen E.L. The climate of Spitsbergen Norsk Meteorologisk Institutt Report No. 39/90: Oslo. 1990

Harada K, Yoshikawa K. Permafrost age and thickness near Adventfjorden, Spitsbergen // Polar Geography 20. 1996. P. 267-281.

Harris C. Permafrost and Climate in Europe (PACE) // Permafr. Periglac. Process. 12 (1), 156. 2001.

Hart J.K., Watts R.J. A comparison of the styles of deformation associated with two recent push moraines, south Van Keulenfjorden, Svalbard. Earth Surf. Processes Landf. 22, 1997. P. 1089-1107.

Hauber E., Reiss D., Ulrich M., Krohn K., Preusker F., Trauthan F., Zanetti M. Hiesinger H., van Gasselt S, Jaumann R., Johansson L., Johnsson A., Olvmo M. Debris flow fans and permafrost landforms on Svalbard

(Norway): terrestrial analogues for martian mid-latitude periglacial landscapes // 41st Lunar and Planetary Science Conference. 2010.

Hjelle A. Some aspects of the geology of northwest Spitsbergen. Norsk Polarinstitutt skrifter 167: 1979. P.37-62.

Hodson A., Gurnell A., Tranter M., Bogen J., Hagen J.O., Clark M.. Suspended sediment yield and transfer processes in a small high-Arctic glacier basin, Svalbard. Hydrological Processes, 12(1), 1998. P. 73–86.

Hodson A., Tranter M., Gurnell A., Clarl M., Hagen J. The hydrochemistry of Baelva, a high proglacial stream in Svalbard // Journal of Hydrology. 257. 2002. P. 91-114.

Hodson A.J., Ferguson R.I. Fluvial suspended sediment transport from cold and warm-based glaciers in Svalbard // Earth Surface Processes and Landforms 24, 1999. P. 957–974.

Houmark-Nielsen M., Funder S. Pleistocene stratigraphy of Kongsfjordhallet, Spitsbergen // Svalbard. Polar Res. 18, 1999. P. 39– 49.

Huddart D., Hambrey M.J. Sedimentary and tectonic development of a high-arctic, thrust-moraine complex: comfortlessbreen, Svalbard // Boreas 25, 1996. P. 227–243.

Huddart D., Bennett M.R., Hambrey M.J., Glasser N.F., Crawford K.R.. Origin of well rounded gravels in glacial deposits from Brøggerhalvøya, northwest Spitsbergen: Potential problems caused by sediment reworking in the glacial environment // Polar Research, 17(1), 1998. P. 61–69.

Humlum O. Modeling late 20th century precipitation in Nordenskiöld Land, central Spitsbergen, Svalbard, by geomorphic means // Norwegian Geographical Journal 56. 2002. P. 96-103.

Humlum O., Christiansen H., Juliussen H. Avalanche-derived rock glaciers in Svalbard // Permafrost and Periglacial Processes, 2007, vol. 18, No. 1, p. 75–88.

Irvine-Fynn T.D.L., Hodson A.J., Kohler J., Porter P.R., Vatne G. Dye tracing experiments at Midre Lovénbreen, Svalbard: preliminary results and interpretations // Glacier Caves and Glacial Karst in High Mountains and Polar Regions. Ed. B.R. Mavlyudov, Institute of geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow. 2005.p. 36-43.

Isaksen K., Holmlund P., Sollid J.L., Harris C. Three deep alpine permafrost boreholes in Svalbard and Scandinavia // Permafr. Periglac. Process. 12 (1), 2001. P. 13–26.

Isaksen K., Vonder Muhll D., Gubler H., Kohl T., Sollid J.L. Ground surface temperature reconstruction based on data from a deep borehole in permafrost at Janssonhaugen, Svalbard // Ann. Glaciol. 31, 2000. P. 287-294.

Isaksson E., Hermanson M., Hicks S., Igarashi M., Moore J., Motoyama H., Pohjola V., Vaikmae R., Van de Wal R.S.W. Ice-cores from Svalbard-useful archives of past climate and pollution history. In: Ørbæk J.B., Holmen K., Neuber R., Plag H-P., Lefauconnier B., de Prisco G., Ito H. (Eds.) The Changing Physical Environment // Proceedings from the Sixth Ny-Alesund International Scientific Seminar. Norsk Polarinstitutt, Internrapport, 2002. pp. 121-124.

Isaksson, E., Pohjola V., Jauhiainen T., Moore J., Pinglot J.F., Vaikmae R, Van de Wal R.S.W., Hagen J.O., Ivask J., Karlof L., Martma T., Meijer H.A.J., Mulvaney R., Thomassen M., Van den Broeke M. A new ice-core record from Lomonosovfonna, Svalbard: viewing the 1920-97 data in relation to present climate and environmental conditions // Journal of Glaciology 47 (157), 2001. P. 335-345.

Jahn A. Some remarks on evolution of slopes on Spitsbergen // Z. Geomorphol. (Supplement 1), 1960. P. 49-58.

Jahn A. Soil wedges on Spitsbergen. In: Permafrost. IV International Conference in Fairbanks. Proceedings, 1983. pp. 525-530.

Jeppesen J.W. Palaeoklimatiske indikatorer for central Spitsbergen, Svalbard. Eksemplificeret ved studier af iskiler og deres vaertssediment: Master's thesis. Univ. Copenhagen, UNIS, Svalbard, 2001, 35 p.

Jiskoot H., Boyle P., Murray, T. The incidence of glacier surging in Svalbard: Evidence from multivariate statistics // Computers and Geoscience, 24, 1998. P. 387-399.

Jiscoot H., Murray T., Boyle P. Control on the distribution of surge-type glaciers in Svalbard // Journ. of Glaciology, v. 46, № 154, 2000, p. 412-422.

Kekonen T., Moore J.C., Mulvaney R., Isaksson E., Pohjola V., Van Dewal R.S.W A 800 year record of nitrate from the Lomonosovfonna ice core, Svalbard // Annals of Glaciology 35. 2002. P. 261-265.

Killingtveit A., Pettersson L.E., Sand K. Water balance studies at Spitsbergen, Svalbard. In: Gjessing Y., Hagen J-O., Kassel K.A., Sand K., Wald B., (Eds.), Arctic Hydrology. Present and Future Tasks. Norwegian Committee for Hydrology Report, 23, 1991. pp. 77-94.

King L., Hell G. Photogrammetry and geomorphology of high arctic push moraines, examples from Ellesmere Island, Canadian Arctic, and Spitsbergen, Svalbard Archipelago // Z. Geomorphol., Suppl. 92, 1993. P. 21-38.

Klimaszewski M. Studia geomorfologiczne w zachodniejczesci Spitsbergenu miedzu Kongs-fiordem a Eidem-bukta. In: Zesz. Nauk. Iagiel., 32. Prace geograficzne, Seria Nowa, z.1, Krakow, 1960.

Klimowicz Z., Melke J., Uziak S. The influence of relief and lithology on soil formation in West Spitsbergen. In: Permafrost. VI International Conference in Beijing. Proceedings, Vol. 1, 1993. pp. 350-355.

Klimowicz Z., Uziak S. Arctic soil properties associated with micro-relief forms in the Bellsund region (Spitsbergen) // Catena 28. 1996. P. 135-149.

Klysz P., Lindner L. Marks L., Wysokihski L. Late quaternary solifluction in central Spitsbergen. In: Permafrost. V International Conference in Trondheim. Proceedings, Vol. 1, 1988. pp. 84-88.

Kohler J., James T.D., Murray T. Acceleration in thinning rate on western Svalbard glaciers // Geophys. Research Letters. 2007. V. 34, L18502, doi:10.1029/2007GL030681.

Kohler, J., Aanes R. Effect of winter snow and ground-icing on a Svalbard reindeer population: results of a simple snowpack model // Arctic, Antarctic, and Alpine Research 36: 2004. p. 333-341.

König M., Wadham J., Winther J.-G., Kohler J., Nuttall A.-M. Detection of superimposed ice on the glaciers Kongsvegen and midre Love´nbreen, Svalbard, using SAR satellite imagery // Annals of Glaciology, 34, 2002. P. 335-342.

Krawczyk W.E., Lefauconnier B., Pettersson L.-E. Chemical denudation rates in the Bayelva Catchment, Svalbard, in the Fall of 2000 // Physics and Chemistry of the Earth 28. 2003. P. 1257-1271.

Kubeckova K., Elster J., Kanda H. Periphyton ecology of glacial and snowmelt streams, Ny-Alesund, Svalbard: presence of mineral particles in water and their erosive activity // Nowa Hedvigia, Beiheft 123, 2001. P. 141-172.

Kulessa B., Murray T. Slug-test derived differences in bed hydraulic properties between a surge-type and a non-surge-type Svalbard glacier // Ann. Glaciol., 36, p. 103-109. 2003.

Landvik J.Y., Bolstad M., Lycke A.K., Mangerud J., Sejrup H.P.,. Weichselian stratigraphy and palaeoenvironments at Bellsund, western Svalbard // Boreas 21, 1992.p. 335-358.

Lauritzen S.E. Caves and speleogenesis at Blomstrandsøya, Kongsfjord, W. Spitsbergen online scientific journal www.speleogenesis.info. Issue 10, 2011. P. 1-21.

Lauritzen, S.E. Chapter 3: Karst Morphogenesis in the Arctic: Examples From Spitsbergen. 1998. pp. 51-72 In: Daoxian Y., Zaihua L., (Eds.) Global Karst Correlation. Science Press; VSP International Scientific Publisher, Bejing & Amsterdam.

Lefauconnier B. Recent fluctuations of glaciers in Kongsfjorden, Spitsbergen, Svalbard (79 °N). Inter-Nord 19: 1991. p. 449-453.

Lefauconnier B., Hagen J.O. Surging and calving glaciers in Eastern Svalbard. Norsk Polarinstitutt, Meddeelelser, № 116, Oslo, 1991, 130 p.

Lefauconnier B., Hagen J.O., Pinglot J.F., Pourchet M. Mass balance estimates on the glacier complex Kongsvegen and Sveabreen, Spitsbergen, Svalbard, using radioactive layers // J. Glaciol. 40(135), 1994. P. 368-376.

Lefauconnier B., Hagen J.O., Plrbrek J.B., Melvold K., Isaksson E. Glacier balance trends in the Kongsfjorden area, western Spitsbergen, Svalbard, in relation to the climate // Polar Res. 18 (2), 1999. P. 307-313.

Lindner L., Marks L., Ostaficzuk S., Pekala K., Szczesny R. Application of photogeological mapping to studies of glacial history of south Spitsbergen // Earth Surface Processes and Landforms, 10, 1985. P. 387-399.

Lig J. Special peat formation in Svalbard. Acta Agric. Stand., 30. 1980. P. 205-210.

Lig J. Jordforgifting fra gruveavfall brukt som fyllmasse i Longyearbyen. Svalbard. Jord Myr, 6: 1983. P.208-211.

Listøl O. Glacier surges in West Spitsbergen // Canadian Journ. of Earth Sciences, v. 6, № 4, 1969, p. 895-897.

Liestol O. Pingos, Springs, and Permafrost in Spitsbergen. ARBOK 1975. Norsk Polarinstitutt. Oslo, 1977, p. 7-29.

Listøl O. Glaciers of Europe - Glaciers of Svalbard, Norway. Satellite image atlas of glaciers of the world. United State Geological Survey Professional Paper, v. 1386E, 1993, p. E127E151.

Lønne I., Lauritsen T. The architecture of a modern push-moraine at Svalbard as inferred from ground-penetrating radar measurements // Arctic and Alpine Research, 28(4), 1996. P. 488-495.

Lønne I., Lysså A. Deglaciation dynamics following the Little Ice Age on Svalbard: Implications for shaping of landscapes at high latitudes // Geomorphology 72. 2005. P. 300-319

Løvlie R., Putkonen J. Dating of thaw depths in permafrost terrain by the palaeomagnetic method: experimental acquisition of a freezing remanent magnetization // Geophys. J. Int. 1996. 125, p. 850-856

Lysså A., Lønne I. Moraine development at a small High-Arctic valley glacier: Rieperbreen, Svalbard. J. Quat. Sci. 16 (6), 2001.p. 519– 529.

Macheret, Y.Y., Zhuravlev, A.B. Radio-echo sounding of Svalbard glaciers // Journal of Glaciology, 28(99), 1982. P. 295-314.

Macheret Y.Y., Glazovsky A.F. Estimation of absolute water content in Spitsbergen glaciers from radar sounding data // Polar Research, v. 19, № 2, 2000, p. 204-216.

Mangerud J., Svendsen J.I. The last interglacial-glacial period on Spitsbergen, Svalbard // Quaternary Science Reviews 11. 1992. P. 633-664.

Mann D.H., Sletten R.S., Ugolini F.C. Soil development at Kongsfjord, Spitsbergen // Polar Res. V. 4. № 1. 1986. P. 1–16.

Matsuoka N., Hirakawa K. Critical polygon size for ice-wedge formation in Svalbard and Antarctica // Proc. of the Sixth Intern. Conf. on Permafrost. Beijing, China. Wushan, Guangzhou, South China Univ. of Technol. Press, 1993, vol. 1, p. 449-454.

Mavlyudov B.R., Solovyanova Yu. Hydrological system of polar glacier in conditions of climate change // ACSYS Final science conference abstracts. SPb, AARI, 2003, p. 114.

Mazur J., Dolnicki P. Application of photothermic methods for investigation of active layer of permafrost in Hornsund (SW Spitsbergen) // J. Physics. IV. France. 109. 2003. P. 61-64.

Melke J., Chodorowski J., Uziak S. Soil formation and soil properties in the areas of Lyellstranda. Dyrstad and Logne in the region of Bellsund (West Spitsbergen) // Pol. J. Soil Sci., 23(2): 1990. P. 213-222.

Melke J., Uziak S. Dynamics of moisture, redox potential and oxygen diffusion rale of some soils from Calipsostranda, Spitsbergen // Pol. Polar Res., 10: 1989. P. 91-104.

Melvold K, Hagen J.O. Evolution of a surge-type glacier in its quiescent phase: Kongsvegen, Spitsbergen, 1964–95 // Journal of Glaciology 44(147): 1998 p. 394-404.

Migała K., Piwowar B.A., Puczko D. A meteorological study of the ablation process on Hans Glacier, SW Spitsbergen // Pol. Polar Res. 27 (3): 2006. p. 243-258.

Motoyama H., Kamiyama K., Igarashi M., Nishio F., Watanabe O. Distribution of chemical constituents in superimposed ice from Austre Brøggerbreen, Spitsbergen // Geografiska Annaler 82 (1), 2000. P. 33-38.

Murray T., Dowdeswell J.A., Drewry D.J., Frearson I. Geometric evolution and ice dynamics during a surge of Bakaninbreen, Svalbard // Journal of Glaciology, 44, 1998. P. 263-272.

Murray T., Luckman A., Strozzi T., Nutall A.M. The initiation of glacier surging at Fridtjovbreen, Svalbard // Annals of Glaciology, v. 36, 2003, p. 110-116.

Nordenskjøld A.E., 1866. Utkast till Spetsbergen Geologi. Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar B4 (Nr. 7), 25 pp.

Nuth C.J., Kohler H.F., Aas O. Brandt J., Hagen O. Glacier geometry and elevation changes on Svalbard (1936–90): a baseline dataset // Ann. Glaciol., 46, 2007. P. 106-116.

Ødegard R., Sollid J.L. Coastal cliff temperatures related to the potential for cryogenic weathering processes, western Spitsbergen // Svalbard. Polar Res. 12 (1), 1993. P. 95-106.

Orvin, A. K., Geology of the Kings Bay Region, Spitsbergen, Skrifter on Svalbard og Ishavet/Det Kongelige Dept. for Handel, 195 pp., kommisjon hos Univ., Oslo, Norway, 1934.

Pälli A., Moore J.C., Jania J., Glawacki P. Glacier changes in southern Spitsbergen, Svalbard, 1901-2000 // Annals of Glaciology, v. 37, 2003, p. 219-225.

Pinglot J. Pourchet M. Lefauconnier B., Hagen J., Isaksson E., Vaikmae R., Kamiyama K. Accumulation in Svalbard glaciers deduced from ice cores with nuclear tests and Chernobyl reference layers // Polar Research 18(2), 1999. P. 315-321.

Pinglot, J.F., Hagen J.O., Melvold K., Eiken T., Vincent C. A mean net accumulation pattern derived from radioactive layers and radar soundings on Austfonna, Nordaustlandet, Svalbard // J. Glaciol., 47, 2001. P. 555- 566.

Pirożnikow E., Górniak A. Changes in the characteristics of the soil and vegatation during the primary succession in the marginal zone of the Werenskiold glacier, Spitsbergen // Polish Polar Research. 13. 1. 1992. p. 19-29.

Porter P.R., Murray, T. Mechanical and hydraulic properties of till beneath Bakaninbreen, Svalbard // Journal of Glaciology, 47, 2001 p. 167-175.

Porter P.R., Murray T., Dowdeswell J.A. Sediment deformation and basal dynamics beneath a glacier surge front: Bakaninbreen, Svalbard // Annals of Glaciology, 24, 1997. P. 21-26.

Pulina M. Uwagi o zjawiskach krasowych w poludniowej czsci Spitsbergenu // Pr, nauk. USI. Katowice, 1977, № 185. P. 104-129.

Pulina, M., Pereyma, J., Kida, J., Krawczyk, W.E. Characteristics of the polar hydrological year 1979/1980 in the basin of the Werenskiold Glacier, SW Spitsbergen // Polish Polar Research 5 (3–4), 1984. P. 165-182.

Punning J.-M., Vaikmäe R., Túgu K. Variations of $\delta^{18}O$ and Cl - in the ice cores of Spitsbergen // J. Phys. Colloques (VIIth Symp. on the Physics and Chemistry of Ice). Paris, 1987, vol. 48, No. C1, p. 619-624.

Putkonen J. Soil thermal properties and heat transfer processes near Ny - Alesund, northwestern Spitsbergen, Svalbard // Polar Res., 17, 1998. P. 165-179.

Repp K. Breerosjon, glasio-hydrologi og materialtransport i et høyarktisk miljø, Brøggerbreene, Vest-Spitsbergen. Cand.real. Thesis, University of Oslo, Oslo, 1979. 136 pp.

Repp K. The hydrology of Bayelva, Spitsbergen. Nordic Hydrology 19, 1988. P. 259-268.

Rippin D., Willis I., Arnold N., Hodson A., Moore J., Kohler J., Björnsson H. Changes in geometry and subglacial drainage of midre Lov´enbreen, Svalbard, determined from digital elevation models // Earth Surface Processes and Landforms Earth Surf. Process. Landforms 28, 2003. p. 273-298. Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com). DOI: 10.1002/esp.485.

Rolstad C., Amlien J., Hagen J.O., Lunde´n, B.. Visible and near-infrared digital images for determination of ice velocities and surface elevation during a surge on Osbornebreen, a tidewater glacier in Svalbard // Annals of Glaciology, 24, 1997. P. 255-261.

Roth K., Boike J. Quantifying the thermal dynamics of a permafrost site near Ny-Alesund, Svalbard // Water Resources Research 37: 2001. p. 2901–2914.

Salvigsen O. An observation of palsa-like forms in Nordaustlandet, Svalbard. Norsk Polarinst. Arbok 1977, pp. 364-367.

Salvigsen O., Elgersma A. Large-scale karst features and open taliks at Vardeborgstletta, outer Isfjorden, Svalbard // Polar Research, № 3, 1985, p. 145-153.

Schytt V. Some comments on glacier surges in eastern Svalbard // Can. J. Earth. Sci., 6, 1969 p. 867-871.

Semb A., Brækkan R., Joranger E. Major ions in Spitsbergen snow samples // Geophysical Research Letters 11 (5), 1984. P. 445-448.

Seppålå M. An experimental study of the formation of palsas // 4th can. Permafrost conf. 1982. P. 36-42.

Snyder J.A., Miller G.H., Werner A. AMS-radiocarbon dating of organic-poor lake sediment, an example from Linnévatnet, Spitsbergen, Svalbard // The Holocene, 1994, vol. 4, iss. 4, p. 413-421.

Solberg E.J., Jordhøy P., Strand O., Aanes R., Loison A., Sæther B.-E., Linnell J. D. C.. Effects of density dependence and climate on the dynamics of a Svalbard reindeer population // Ecography 24: 2001. p. 419-451.

Solheim A. The depositional environment of surging sub-polar tidewater glaciers: a case study of the morphology, sedimentation and sediment properties in a surge affected marine basin outside Nordaustlandet, the Northern Barents Sea. Norsk Polarinstitutt, Scrifter № 194, Oslo, 1991, 97 p.

Sollid J.L., Sørbel L. Influence of temperature conditions in formation of end moraines in Fennoscandia and Svalbard // Boreas 17, 1988. P. 553-558.

Sollid J.L., Sorbel L. Rock glaciers in Svalbard and Norway // Permafrost and Periglacial Processes, 1992, vol. 3, No. 3, p. 215-220.

Sollid J. L., Holmlund P., Isaksen K., Harris C.: Deep permafrost boreholes in western Svalbard, northern Sweden and southern Norway // Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography, 54:4, 2000. P.186-191.

Solovyanova I.Yu., Mavlyudov B.R. Mass balance observations on some glaciers in 2004/2005 and 2005/2006 balance years, Nordenskiold Land, Spitsbergen // The Dynamics and Mass Budget of Arctic Glaciers. Extended abstracts. Workshop and GLACIODYN (IPY) meeting, 15–18 January 2007, Pontresina (Switzerland). IASC Working group on Arctic Glaciology. Institute for Marine and Atmospheric Research Utrecht, Utrecht University, The Netherlands. 2007. P. 115-120.

Stuart S., Murray T., Gamble N., Hayes K., Hodson A. Ground-penetrating radar over englacial channels // Journal of geophysical research, vol. 108, no. b11, 2525, doi:10.1029/2003 jb002435, 2003

Svendsen H., Beszczynska-Møller A., Hagen J.O., Lefauconnier B., Tverberg V., Gerland S., Ørbæk J.B., Bischof K., Papucci C., Zajaczkowski M., Azzolini R., Bruland O., Wiencke C., Winther J.-G., Dallman W. The physical environment of Kongsfjorden-Krossfjorden, an Arctic fjord system in Svalbard // Polar Research 21 (1), 2002. P. 133-166.

Szerszeń. L. Preliminary investigations of soil cover in the region of Hornsund, Weslspitsbergen // Polish Spitsbergen Expeditions, 1957-1960. Warszawa; 1968. P. 217-227.

Szupryczynski I. Niektore zagadnienia czwartorzedu na obszarze Spitsbergenu Prace Geograficzne,. Inst. Geogr. Polskiej Akad. nauk, N 71, Warszawa, 1968.

Van der Meer J.J.M. The De Geer archive in Stockholm exemplified by the documentation on a late-nineteenth century glacier surge in Spitsbergen // Sveriges Geologiska Undersökning 81. 1992. p.194.

Vatne G. Geometry of englacial water conduits, Austre Brøggerbreen, Svalbard // Norwegian J. of Geography, 55, 2001. p. 4-33.

Vatne G., Refsnes I. Channel pattern and geometry of englacial conduits // Proceedings 6th International Symposium: Glacier caves and karst in polar regions, 2003. P. 181-188.

Vatne G., Etzelmu ller B., Ødegard R., Sollid J.L. Subglacial drainage and sediment evacuation at Erikbreen, northern Spitsbergen // Nord. Hydrol. 26, 1995. P. 169-190.

Vittinghus H., Christiansen H.H., Meyer H., Elberling B. Hydrogen and Oxygen Isotope Studies from an Ice Wedge in Svalbard // Proc. of the Ninth Intern. Conf. on Permafrost. Fairbanks, USA, Univ. of Alaska, 2008, p. 333-334.

Wadham J.L., Hodson A.J., Tranter M., Dowdeswell J.A. The rate of chemical weathering beneath a quiescent, surge-type, polythermal-based glacier, southern Spitsbergen, Svalbard // Annals of Glaciology, 24, 1997. P. 27-31.

Wadham J.L., Hodgkins R., Cooper R.J., Tranter M. Evidence for seasonal subglacial outburst events at a polythermal glacier, Finsterwalderbreen, Svalbard // Hydrological Processes, 15(12), 2001. P. 2259-2280.

Wadham J., Hodson A.J., Tranter M., Dowdeswell J.A. The hydrochemistry of melt waters draining a polythermal-based, high Arctic

glacier, South Svalbard: I. The ablation season // Hydrological Processes 12, 1998. P. 1825-1849.

Wadham J., Tranter M., Dowdeswell J.A. The hydrochemistry of melt waters draining a polythermal-based, high Arctic glacier, South Svalbard: II. Winter and early Spring. Hydrological Processes 14, 2000. P. 1767-1786.

Westbrook et al. Escape of methane gas from the seabed along the West Spitsbergen continental margin // Geophysical research letters, vol. 36, l15608, doi:10.1029/2009gl039191, 2009.

Westermann S., Lüers J., Langer M., Piel K., Boike J. The annual surface energy budget of a high-arctic permafrost site on Svalbard, Norway // The Cryosphere, 3, 245–263, doi:10.5194/tc-3-245-2009, 2009.

Westermann S., Wollschläger U., Boike J. Monitoring of active layer dynamics at a permafrost site on Svalbard using multi-channel ground-penetrating radar // The Cryosphere, 4, p. 475–487, 2010 www.the-cryosphere.net/4/475/2010/doi:10.5194/tc-4-475-2010.

Winther, J., Godtliebsen, F., Gerland, S., and Isachsen, P.: Surface albedo in Ny-Ålesund, Svalbard: variability and trends during 1981–1997 // Global Planet. Change, 32, 2002. p. 127–139.

Yoshikawa K. Age of growth of two pingos, Sarqaq Dalen, west central Greenland // Permafrost and Periglacial Processes 2, 1993. P. 245-252.

Ziaja W., Maciejowski W., Ostafin K. Coastal Landscape Dynamics in NE Sørkapp Land (SE Spitsbergen), 1900-2005 // Ambio Vol. 38, No. 4, June 2009. P. 201-208.

Ziaja W. Changes of the landscape structure of Sørkappland. In: Sørkappland Landscape Structure and Functioning (Spitsbergen, Svalbard). Ziaja, W. and Skiba, S. (eds). Wydawnictwo UJ, Krakow. 2002, pp. 18-50.

Ziaja W. Spitsbergen landscape under 20th Century climate change: Sørkapp land // Ambio 33, 2004. p. 295-299.