УТВЕРЖДЕНО

протоколом Наблюдательного совета по координации деятельности Российского научного центра на архипелаге Шпицберген
от 7 декабря 2017 г. № 5

ОТЧЕТ
о выполнении
Межведомственной программы
научных исследований и наблюдений на архипелаге
Шпицберген в 2017 году

Москва 2017

Содержание

Введение....4
Организации Росгидромета....5
Организации ФАНО....6
Организации Роснедр....6
Мероприятия Росгидромета....7
ФГБУ «ААНИИ»....7
Мероприятие 1. Метеорологические исследования параметров приземной атмосферы. 7
Мероприятие 2. Гидрологические исследования. Определение стоковой составляющей речных водосборов. 15
Мероприятие 3. Океанографические исследования в прибрежных водах арх. Шпицберген.19
Мероприятие 4. Гляциологические исследования 24
Мероприятие 5. Палеогеографические исследования и изучение вечной мерзлоты....27
Мероприятие 6. Изучение формирования изотопного состава атмосферных осадков, вод суши и природных льдов района зал. Грёнфьорд.....33
Мероприятие 7. Сейсмические исследования динамики ледников архипелага Шпицберген35
Мероприятие 8. Геофизические исследования состояния магнитного поля Земли на архипелаге Шпицберген.....37
Мероприятие 9. Спутниковый мониторинг акватории и побережья Северного ледовитого океана и арктических морей. 38
Мероприятие 10. Экологические исследования. 39
Мероприятие 11. Проведение учебной практики (школы-семинара) для студентов-географов на базе РНЦШ. 49
Мероприятие 12. Работы по линии международного сотрудничества на арх. Шпицберген. 51
Мероприятие 13. Логистическое обеспечение и развитие научного консорциума «Российский научный центр на архипелаге Шпицберген. 56
ФГБУ «Мурманское УГМС» 60
Мероприятие 14. Проведение регулярных наблюдений на базе гидрометеорологической обсерватории «Баренцбург». 60
ФГБУ «НПО «Тайфун» совместно с ФГБУ «ААНИИ» 64
Мероприятие 15. Мониторинг состояния окружающей среды, в том числе на территории действующих и законсервированных производственных объектов, на архипелаге Шпицберген.....64
Мероприятия ФГБУН Институт географии Российской академии наук (ИГ РАН).....66
Мероприятие 16. Комплексные гляциологические исследования на архипелаге Шпицберген.....66
Мероприятие 17. Исследования динамики углерода в системе «почва-атмосфера» для почв архипелага Шпицберген в условиях изменения климата и характера природопользования.67
Мероприятие 18. Изменчивость снежного покрова и оценка его влияния на устойчивость многолетней мерзлоты на архипелаге Шпицберген.....70
Мероприятия ФГБУН Кольский научный центр РАН (ФГБУН КНЦ РАН) 75
Мероприятие 19. Создание в посёлке Баренцбург медико-биологической станции для мониторинга психического и физиологического состояния жителей российских населенных пунктов на архипелаге Шпицберген. 75

Мероприятия ФГБУН Мурманский морской биологический институт (ММБИ КНЦ РАН) ..85
Мероприятие 20. Комплексные исследования экосистем фьордов и морей, омывающих архипелаг Шпицберген. 85
Мероприятия ФГБУН Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина (ПАБСИ КНЦ РАН) 95
Мероприятие 21. Растительно-почвенные ресурсы и оптимизация среды обитания человека на архипелаге Шпицберген. 95
Мероприятие 22. Совершенствование методов управления охраняемыми природными территориями Западного Шпицбергена в условиях климатических изменений и антропогенного воздействия. 97
Мероприятие 23. Изучение изменения разнообразия мохообразных и лишайников на градиенте тундровая зона-полярные пустыни в западноевропейском секторе Арктики и Кольской субарктике. 99
Мероприятие 24. Анализ видового состава и экологических особенностей цианопрокариот полярных пустынь европейской Арктики. 100
Мероприятия ФГБУН Кольский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН» (КоФ ФИЦ ЕГС РАН) 102
Мероприятие 25. Мониторинг опасных геодинамических явлений на архипелаге Шпицберген и прилегающем районе Западного арктического сектора РФ. 102
Мероприятие 26. Развитие методов и аппаратных средств сейсмо-инфразвукового мониторинга процессов динамики арктической криосферы. 104
Мероприятия ФГБУН «Полярный геофизический институт» (ПГИ) 106
Мероприятие 27. Проведение стационарных наблюдений за магнитными и оптическими явлениями на архипелаге Шпицберген, исследование геофизических процессов в высокоширотной атмосфере Земли. 106
Мероприятия ФГБУН Институт археологии Российской академии наук (ИА РАН) 111
Мероприятие 28. Сохранение и исследование памятников российского культурно-исторического наследия на архипелаге Шпицберген. 111
Мероприятия Роснедр (ФГБУ «ВНИИОкеангеология» и АО «ПМГРЭ») 115
Мероприятие 29. Региональные геолого-геофизические исследования с целью изучения геологического строения и минерально-сырьевого потенциала территории архипелага Шпицберген. 115
Заключение 117
Целевые индикаторы и показатели программы научных наблюдений и исследований на архипелаге Шпицберген (мероприятия 1 – 29) в 2017 г. 119

Введение

В 2017 году была утверждена Межведомственная программа научных наблюдений на архипелаге Шпицберген. Целью межведомственной программы научных исследований на архипелаге Шпицберген в 2017 г. являлось проведение на базе инфраструктуры Российского научного центра на архипелаге Шпицберген междисциплинарных научных наблюдений и исследований в целях реализации Стратегии российского присутствия на архипелаге Шпицберген до 2020 года в области фундаментальных и прикладных научных исследований в соответствии с Концепцией создания и развития Российского научного центра на архипелаге Шпицберген, одобренной распоряжением Правительства Российской Федерации от 2 сентября 2014 г. № 1676-р, и распоряжением Правительства Российской Федерации от 4 апреля 2016 г. № 577-р о создании постоянно действующей Российской научной арктической экспедиции на архипелаге Шпицберген.

Для этого были поставлены следующие задачи:

1. Исследование гидрометеорологического режима, текущих и прошлых климатических изменений на архипелаге Шпицберген, включая изучение криосферы, рельефа, грунтов, вод суши.

2. Мониторинг состояния загрязнения окружающей среды, в том числе на территории действующих и законсервированных производственных объектов, и оценка вклада атмосферного переноса из средних широт в уровни загрязнения природной среды архипелага.

3. Выполнение комплексных наблюдений за гидрометеорологическими параметрами окружающей среды на базе гидрометеорологической обсерватории «Баренцбург».

5. Исследование межгодовой изменчивости параметров снежного покрова и многолетней мерзлоты, влияющих на деятельность человека в Арктике;

6. Комплексные гляциологические исследования на архипелаге Шпицберген.

7. Исследование динамики углерода в системе «почва-атмосфера» для почв архипелага Шпицберген в условиях меняющегося климата.

8. Проведение стационарных наблюдений за магнитными и оптическими явлениями на архипелаге Шпицберген, исследование геофизических процессов в высокоширотной атмосфере Земли.

9. Исследование уровня геодинамического риска в природно-технических системах (ПТС) районов угледобычи на архипелаге Шпицберген.

10. Создание на острове Западный Шпицберген интегрированного сейсмо-инфразвукового комплекса для контроля опасных геодинамических процессов в литосфере и криосфере Западной Арктики.

11. Исследование растительно-почвенных ресурсов и оптимизация среды обитания человека на архипелаге Шпицберген.

12. Совершенствование методов управления охраняемыми природными территориями Западного Шпицбергена в условиях глобальных климатических изменений и антропогенного воздействия.

13. Исследование мохообразных и лишайников на градиенте тундровая зона – полярные пустыни в западноевропейском секторе Арктики и Кольской Субарктике.

14. Анализ видового состава и экологических особенностей цианопрокариот полярных пустынь европейской Арктики.

15. Комплексные исследования экосистем фьордов и морей, омывающих архипелаг Шпицберген.

16. Популяризация российских научных исследований и разработок на архипелаге Шпицберген.

17. Сохранение и исследование памятников российского культурно-исторического наследия на архипелаге Шпицберген.

18. Создание медико-биологической станции для мониторинга психического и физиологического состояния жителей российских населенных пунктов на арх. Шпицберген

19. Геологическое изучение и оценка минерально-сырьевого потенциала недр архипелага Шпицберген, сбор материалов для региональной геологической корреляции разновозрастных комплексов и палеотектонических построений как в пределах Баренцевоморского, так и в масштабах Западно-Арктического регионов.

20. Изучение геоморфологического строения и основных рельефо-образующих процессов, оказывающих разрушительное воздействие на действующие и законсервированные посёлки и другие объекты архипелага Шпицберген.

21. Изучение четвертичных отложений архипелага с целью палеогеографического анализа, реконструкции ландшафтов и прогноза их формирования и развития.

22. Геоэкологическиий мониторинг в различных районах архипелага Шпицберген, прежде всего в пределах законсервированных и действующих поселков архипелага.

23. Комплексное геолого-геофизическое изучение недр отдельных районов архипелага Шпицберген для уточнения их геологического строения и минерально-сырьевого потенциала.

24. Создание новых методов и средств мониторинга гидрометеорологической и геофизической обстановки на архипелаге Шпицберген и в Западной Арктической зоне Российской Федерации.

Для решение поставленных задач Программа были сформированы 29 Мероприятий, выполняемых 12 организациями-участниками Консорциума «Российский научный центр на архипелаге Шпицберген»:

Организации Росгидромета

ФГБУ «ААНИИ» - Мероприятие 1. Метеорологические исследования параметров приземной атмосферы. Мероприятие 2. Гидрологические исследования. Определение стоковой составляющей речных водосборов. Мероприятие 3. Океанографические исследования в прибрежных водах арх. Шпицберген. Мероприятие 4. Гляциологические исследования. Мероприятие 5. Палеогеографические исследования и изучение вечной мерзлоты. Мероприятие 6. Изучение формирования изотопного состава атмосферных осадков, вод суши и природных льдов района залива Грёнфьорд. Мероприятие 7. Сейсмические исследования динамики ледников архипелага Шпицберген. Мероприятие 8. Геофизические исследования состояния магнитного поля Земли на архипелаге Шпицберген. Мероприятие 9. Спутниковый мониторинг акватории и побережья Северного ледовитого океана и арктических морей. Мероприятие 10. Экологические исследования. Мероприятие 11. Проведение учебной практики (школы-семинара) для студентов-географов на базе РНЦШ. Мероприятие 12. Работы по линии международного сотрудничества на арх. Шпицберген. Мероприятие 13. Логистическое обеспечение и развитие научного консорциума «Российский научный центр на архипелаге Шпицберген».

ФГБУ «Мурманское УГМС - Мероприятие 14. Проведение регулярных наблюдений на базе гидрометеорологической обсерватории «Баренцбург».

ФГБУ «НПО «Тайфун» - Мероприятие 15. Мониторинг состояния загрязнения окружающей среды, в том числе на территории действующих и законсервированных производственных объектов, и оценка вклада атмосферного переноса из средних широт в уровни загрязнения природной среды архипелага.

Организации ФАНО

ФГБУН «ИГ РАН» - Мероприятие 16. Комплексные гляциологические исследования на архипелаге Шпицберген. Мероприятие 17. Исследования динамики углерода в системе «почва-атмосфера» для почв архипелага Шпицберген в условиях меняющегося климата. Мероприятие 18. Изменчивость снежного покрова и оценка его влияния на устойчивость многолетней мерзлоты на архипелаге Шпицберген.

ФГБУН «КНЦ РАН» - Мероприятие 19. Создание в пос. Баренцбург медико-биологической станции для мониторинга психического и физиологического состояния жителей российских населенных пунктов на арх. Шпицберген.

ФГБУН «ММБИ» - Мероприятие 20. Комплексные исследования экосистем фьордов и заливов архипелага Шпицберген. (Фундаментальные экосистемные исследования. Исследование перспектив развития аквакультуры водорослей в заливе Грёнфьорд).

ФГБУН «ПАБСИ КНЦ РАН» - Мероприятие 21. Растительно-почвенные ресурсы и оптимизация среды обитания человека на архипелаге Шпицберген. Мероприятие 22. Совершенствование методов управления охраняемыми природными территориями Западного Шпицбергена в условиях глобальных климатических изменений и антропогенного воздействия. Мероприятие 23. Изучение изменения разнообразия мохообразных и лишайников на градиенте тундровая зона – полярные пустыни в западноевропейском секторе Арктики и Кольской Субарктике. Мероприятие 24. Анализ видового состава и экологических особенностей цианопрокариот полярных пустынь европейской Арктики.

ФГБУН «КоФ ФИЦ ЕГС РАН» - Мероприятие 25. Мониторинг опасных геодинамических явлений на архипелаге Шпицберген и прилегающем районе Западного арктического сектора РФ, Мероприятие 26. Развитие методов и аппаратных средств сейсмо-инфразвукового мониторинга процессов динамики арктической криосферы.

ФГБНУ «ПГИ» - Мероприятие 27. Проведение стационарных наблюдений за магнитными и оптическими явлениями на архипелаге Шпицберген, исследование геофизических процессов в высокоширотной атмосфере Земли.

ФГБУН «ИА РАН» - Мероприятие 28. Сохранение и исследование памятников российского культурно-исторического наследия на архипелаге Шпицберген.

Организации Роснедр

ФГБУ «ВНИИОкеангеология» и АО «ПМГРЭ» - Мероприятие 29. Региональные геолого-геофизические исследования с целью изучения геологического строения и минерально-сырьевого потенциала территории архипелага Шпицберген.

Краткий отчет по каждому из мероприятий приводится в данном отчете. Полные отчеты о выполнении каждого из мероприятий Программы хранятся в фондах соответсвующих организаций.

Мероприятия Росгидромета

ФГБУ «ААНИИ»

Мероприятие 1. Метеорологические исследования параметров приземной атмосферы.

Изучение оптических, микрофизических характеристик и химического состава атмосферного аэрозоля проводилось в период с октября 2016 г. по сентябрь 2017 г. в пос. Баренцбург с целью:

а) получения экспериментальных данных, необходимых для оценки радиационно-климатического влияния аэрозоля в высокоширотном регионе;

б) определения вклада региональных источников аэрозоля (местных и морских) и переносов аэрозоля со стороны Европы.

В ходе экспедиций измерялись интегральные (по всей толще атмосферы) характеристики – аэрозольная оптическая толщина (АОТ) τ_λ^a и общее влагосодержание атмосферы W [г*см$^{-2}$] (ОВС), а в приземном слое атмосферы – счетная концентрация частиц аэрозоля N_A [см$^{-3}$] и распределение объема частиц по размерам dV/dr [мкм^{2}см$^{-3}$], где r – радиус частиц; массовая концентрация аэрозоля M_A [мкг*м$^{-3}$] и поглощающего вещества (″сажи″, Black Carbon) M_{BC} [мкг*м$^{-3}$]. Кроме того, осуществлялся забор проб аэрозоля на фильтры для последующего химического анализа.

1. *Измерения аэрозольной оптической толщины (АОТ) и общего влагосодержания (ОВ) атмосферы:*

Измерения АОТ осуществлялись с помощью солнечных фотометров SP-9 и SPM [1]в диапазоне спектра 0,34-2,14 мкм (SP-9 – 15 спектральных участков, SPM – 12). Влагосодержание атмосферы рассчитывалось по данным измерений прямой солнечной радиации в полосе поглощения водяного пара 0,94 мкм и соседнем окне прозрачности атмосферы – 0,87 мкм. Измерения АОТ и влагосодержания атмосферы фотометром SP-9 осуществлялись автоматически в дневное время с периодичностью 1 раз в минуту, в ситуациях, когда Солнце не было закрыто облаками. Измерения фотометром SPM выполнялись оператором (табл. 1.1).

После обработки данных и фильтрации замеров, искаженных облачностью, были сформированы массивы среднечасовых и среднедневных значений АОТ и ОВС (для каждого из фотометров). Далее, массивы данных двух фотометров были объединены следующим образом: в качестве основы был взят массив SP-9 и дополнен результатами SPM в дни, когда измерений SP-9 не проводилось.

Таблица 1.1. Количество измерений АОТ атмосферы в районе п. Баренцбург 2017 г.

Фотометр	Количество		
	Единичные замеры (сроки)	Среднечасовые значения	Измерительные дни
SP-9	19452 (18/04 ÷ 16/09)	368	67
SPM	859 (27/05 ÷ 15/09)	83	24
Общий массив	(20/04 ÷ 16/09)	402	76

Характеристики изменчивости АОТ и влагосодержания атмосферы

Временная изменчивость среднедневных значений спектральных составляющих аэрозольной оптической толщи τaλ, параметра Ангстрема α (τa(λ)=β·λ-α), АОТ мелко- и грубодисперсного аэрозоля (τf0.5 , τc), а также влагосодержания атмосферы в районе Баренцбурга в период измерений иллюстрируется на рис. 1.2.

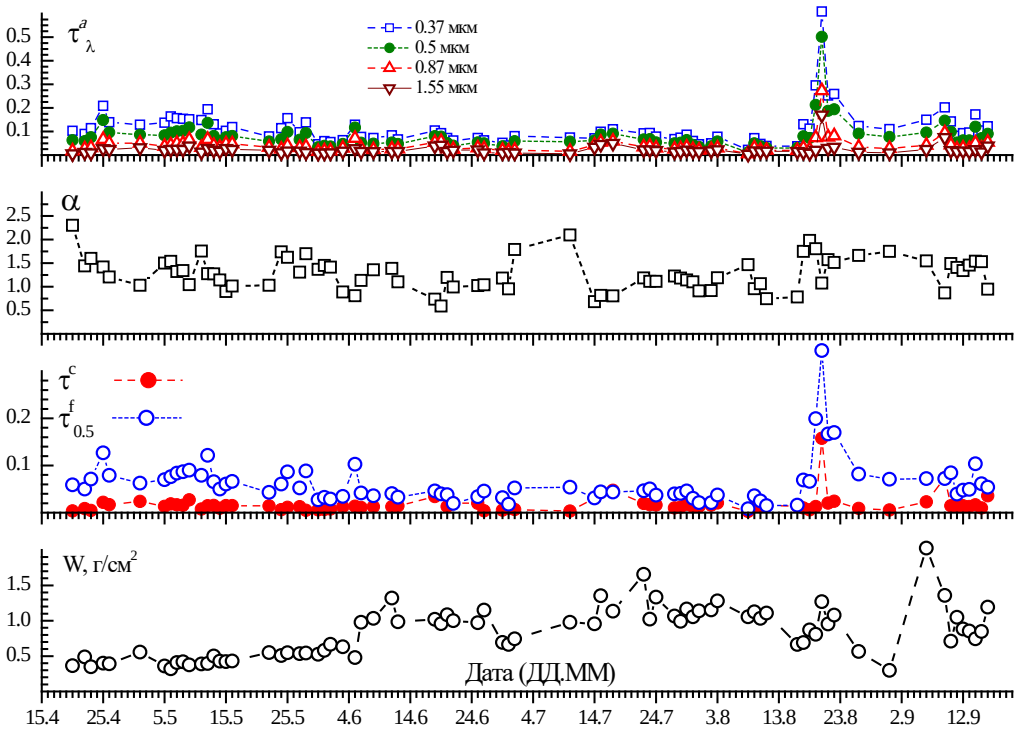


Рисунок 1.2 – Вариации АОТ (0,37, 0,50, 0,87 и 2,14 мкм), показателя Ангстрема α, $\tau^{f}_{0.5}$, τ^{c} и влагосодержания атмосферы W в районе Баренцбурга в 2016 г.

В качестве τ^{c} выбиралось минимальное значение АОТ в ИК-диапазоне спектра, а $\tau^{f}_{0.5} = \tau^{a}_{0.5} - \tau^{c}$. По средним значениям аэрозольное замутнение атмосферы в 2017 году достаточно хорошо согласуется с результатами, полученными в предыдущие годы. Среднее значение $\overline{\tau}^{a}_{0.5}$ по измерениям в 2017 г. составило 0,080±0,062, в то время как за период 2011-2016 гг. – 0,086±0,069. Для параметра Ангстрема: $\overline{\alpha}$ в 2017 г. равно 1,27±0,35, а за 2011-2016 гг. – 1,27±0,36.

Отмечаются ряд особенностей в сезонной изменчивости АОТ, проявившихся в наблюдениях 2017 г. Если средняя спектральная зависимость АОТ в весенний период близка к $\overline{\tau}^{a}(\lambda)$ за прошлые годы, то в летних данных есть отличие – значения $\overline{\tau}^{a}_{\lambda}$ и селективность спектрального хода АОТ меньше. Величина $\overline{\tau}^{f}_{0.5}$ в летний период 2017 г. минимальна с 2011г.

Еще одна особенность текущего года – достаточно сильное (по средним значениям) замутнение атмосферы в августе-сентябре, максимальное в сравнении с прошлыми годами. Основной всплеск АОТ (рис. 1.2) наблюдался с 19 по 22 августа (до $\tau^{a}_{0.5}$=0,5) и далее повышенные значения $\tau^{f}_{0.5}$ сохранялись до 10-го сентября. Резкое и значительное увеличение содержание мелкодисперсного аэрозоля в атмосфере было связано, скорее всего, с переносом в район измерений дымов от мощных лесных пожаров. Эта версия подтверждается данными траекторного анализа и картами пожаров в этот период. Из рис. 1.3 видно, что дымовой аэрозоль мог быть перенесен как из районов Сибири, так и из Северной Америки, где в этот период наблюдались достаточно мощные лесные пожары. Выявление роли каждого из этих источников в отмеченном увеличении АОТ в районе Баренцбурга требует дополнительного анализа. Однако, дымовая природа этого увеличения практически не вызывает сомнений.

В динамике влагосодержания (рис. 1.2), несмотря на межсуточные вариации, как и в предыдущие годы, диапазон изменчивости определяется в основном сезонным ходом: увеличение W от весны к лету и снижение к осени. Среднее значение влагосодержания в последней декаде апреля составило $\overline{W}$=0,40±0,06 г/см^2, в мае $\overline{W}$=0,46±0,08 г/см^2, в июле $\overline{W}$=1,12±0,23 г/см^2, а в августе и первой половине сентября $\overline{W}$=0,98±0,95 г/см^2.

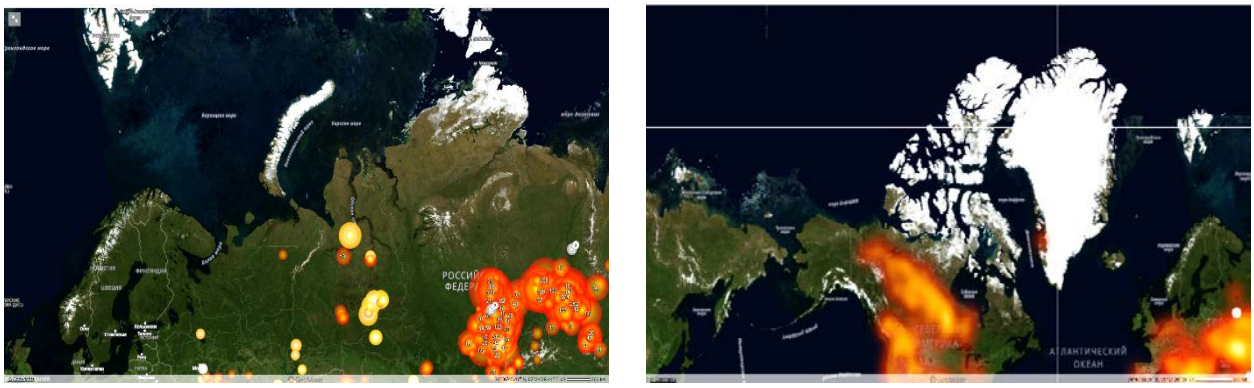


Рисунок 1.3 – Карты пожаров за период 12-19 августа (fires.kosmosnimki.ru/) в Европе (слева) и Северной Америке (справа)

2. *Измерения микрофизических параметров аэрозольных частиц в приземном слое воздуха (счетная концентрация субмикронного аэрозоля и массовая концентрация сажи)*

Измерения массовой концентрации «сажи» аэталометром МДА-02, а также замеры массовой и счетной концентраций аэрозоля счетчиками частиц AZ-10 проводились круглосуточно (в течение 20 минут и с периодичностью 1 раз в час), в файлы заносились значения измеряемых характеристик, усредненные за время забора пробы.

За время работы аэрозольного комплекса с 01 октября 2016 г. по 30 сентября 2017 г. получено: 9253 серии измерений массовой и счетной концентраций аэрозоля с помощью счетчика AZ-10 (413 измерительных дня); 8640 серий измерений массовой концентрации «сажи» с помощью аэталометра МДА-02 (360 измерительных дней).

Временная изменчивость массовой концентрации «сажи» M_{BC}, счетной N_A и массовой M_A концентраций аэрозоля показана на рис. 5. Массовая концентрация рассчитывалась по данным о дифференциальных значениях счетной концентрации ΔN, полученных счетчиком AZ-10, по формуле $M_A = \rho \cdot \sum_i \pi(4/3) * r_i^3 \Delta N_i$, где r_i – среднее значение радиуса для i-го интервала размеров, ΔN_i – счетная концентрация частиц в i- м интервале, ρ=1,5 г/см^3 – плотность аэрозольного вещества.

Диапазон вариаций массовой концентрации «сажи» за полный период измерений составил 0,002÷3,09 мкг*м$^{-3}$ при среднем значении 0,095 мкг*м$^{-3}$.

В зимний период фиксировались минимальные значения концентраций, затем с февраля по апрель наблюдалось повышение M_{BC} до максимальных регистрируемых величин, что связано с влиянием «арктической дымки». Далее, после некоторого уменьшения средних значений M_{BC} в мае, начинается их рост в летний период. Аналогичная тенденция неоднократно отмечалась в Баренцбурге.

Поскольку ранее (в 2011-2016 гг.) измерения в Баренцбурге проводились только в периоды полярного дня (с апреля по сентябрь), отдельно было оценено среднее значение массовой концентрации «сажи» за аналогичный период в 2017 году. Полученное среднее значение – 0,099±0,194 мкг*м$^{-3}$, близкое к значению M_{BC} в 2016 году (0,103±0,181 мкг*м$^{-3}$), являются минимальными за период измерений с 2011 года.

Диапазон вариаций массовой и счетной концентраций аэрозоля с октября 2016 по сентябрь 2017 составил: M_A = 0,013÷17,0 мкг*м$^{-3}$ при среднем значении 1,52 мкг*м$^{-3}$; N_A = 0,135÷116,3 см$^{-3}$ (среднее 7,68 см$^{-3}$). На рисунке 1.4б видно, что максимальные значения счетной и массовой концентраций аэрозоля, как и концентрации «сажи», наблюдались в весенний период (февраль - март), что в целом обусловлено проявлением условий «арктической дымки». Устойчивое снижение средних значений N_A в летний и осенний периоды согласуется с данными за предыдущие годы.

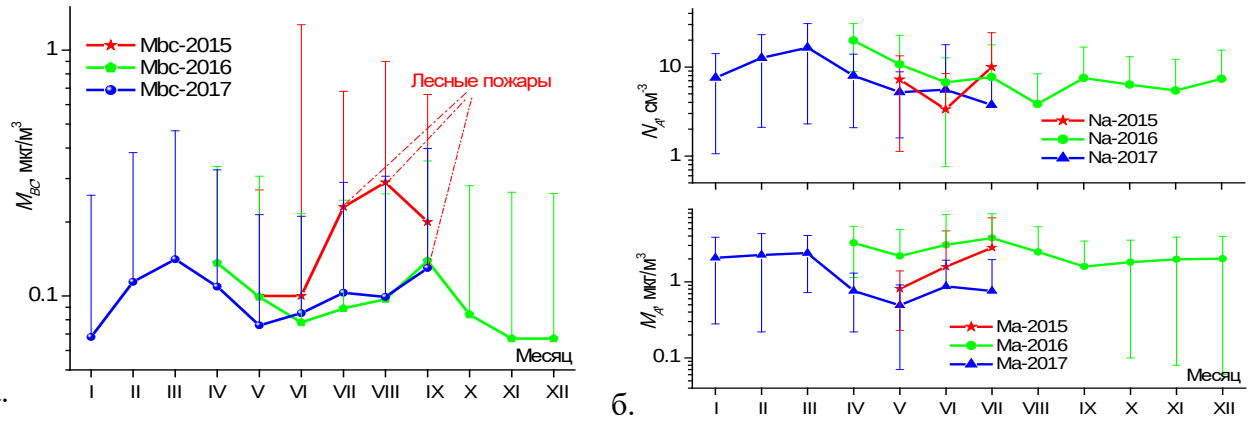


Рисунок 1.4. Среднемесячные значения (а) массовых концентраций сажи и (б) счетной (вверху) и массовой (внизу) концентраций аэрозоля в 2015 – 2017 годах в пос. Баренцбург.

На рисунке 1.5 приведены среднемесячные объемные распределения частиц по размерам в 2016 году (слева), и в 2017 году (до июля, справа). Их сравнение показывает, что концентрации субмикронных частиц в апреле-июле 2016 г. превышают соответствующие концентрации в 2017 г. в 1,3÷2,75 раза (максимальное различие наблюдается в апреле). Для грубодисперсной фракции аэрозоля, наоборот, значения 2017 г. в 1,2÷1,4 раза выше соответствующих данных 2016 г.

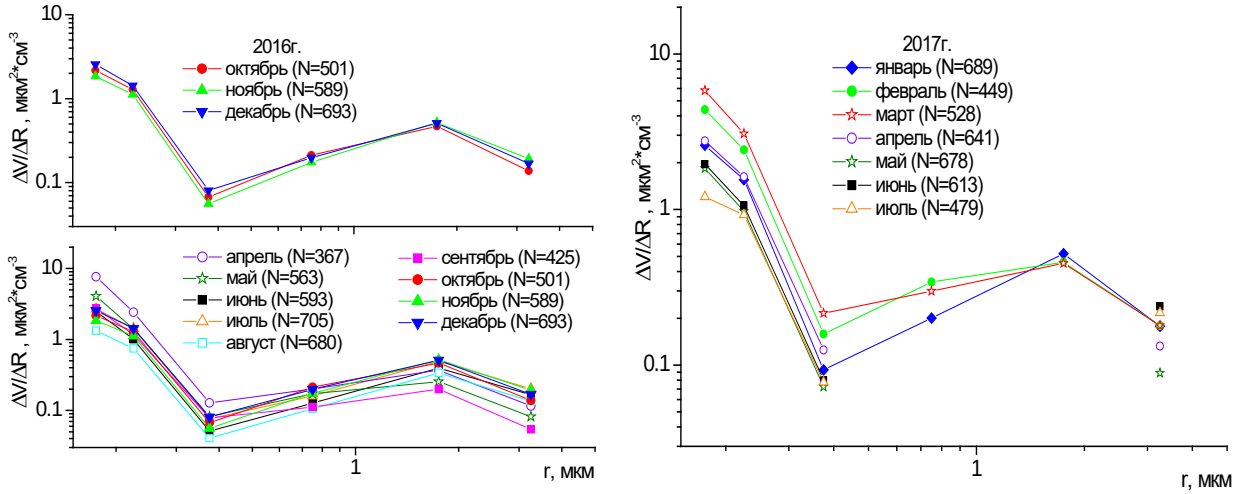


Рисунок 1.5 – Распределения частиц по размерам в Баренцбурге в 2016-2017 гг.

3. Отбор проб аэрозоля для химического анализа

Для определения ионного химического состава аэрозоля производился забор проб воздуха на фильтры при помощи аспиратора. Отбор проб обычно производился в дневное время в течение примерно 12-14 часов при скорости прокачки воздуха – 11-13 л·мин$^{-1}$. Заборы проб аэрозоля проводились с 7.10.2016 г. по 27.09.2017 г. Было экспонировано 57 серий фильтров (каждая серия измерений включает в себя комплект из 4-х фильтров).

Химический анализ аэрозоля и газовых соединений в собранных пробах воздуха будет осуществляться в лабораторных условиях. В водных вытяжках аэрозольных фильтров определяются массовые концентрации ионов Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, NH_4^+, Cl^-, NO_3^-, HCO_3^-, SO_4^{2}. Концентрации газообразных соединений SO_2, HCl, HNO_3, NH_3 определятся расчетным методом, исходя из анализа соответствующих им ионов.

Заключение (предварительные выводы)

– По средним значениям за весь период наблюдений в 2017 г. ($\overline{\tau}^{a}_{0.5}$=0,080±0,062, $\overline{\alpha}$=1,27±0,35) характеристики АОТ хорошо согласуются с результатами измерений в 2011-2016 гг.

- Особенность изменчивости АОТ в 2017 г. проявилась в его сезонных различиях: максимальные значения наблюдались в августе-сентябре, минимальные в июне-июле, в апреле-мае средние характеристики были близки с данными 2011-2016 гг.
- Повышенные замутнения атмосферы в осенний период были обусловлены выносом дымового аэрозоля с континентов. Максимальное значение $\tau^{a}_{0.5}$=0,5 наблюдалось 20 августа.
- Динамика влагосодержания, несмотря на межсуточные вариации, в основном обусловлена сезонным ходом: увеличение W от весны к лету и уменьшением к осени.
- Впервые за период с 2011 г. проведены в 2016-2017 гг. круглогодичные измерения оптико-микрофизических характеристик приземного аэрозоля, включая условия “полярной ночи” и “полярного дня”.
- В годовом ходе максимальные значения счетной концентрации аэрозоля, массовых концентраций аэрозоля и «сажи» достигаются в период весенней “арктической дымки”, минимальные значения массовой концентрации «сажи» наблюдаются в условиях полярной ночи в декабре 2016 г. – январе 2017 г., в годовом ходе массовых концентраций аэрозоля и сажи в мае обнаруживается весенний минимум с достаточно частым проявлением последующего летнего роста концентраций. Среднемесячные значения счетной концентрации аэрозоля характеризуются устойчивым уменьшением концентрации при переходе от весны к лету и затем к осени.
- В весенне-летний период 2017 г. по сравнению с аналогичным периодом 2016 г. происходит существенное снижения уровня как массовой, так и счетной концентраций аэрозоля за счет уменьшения вклада субмикронного аэрозоля (в 1,3-2,75 раза).

Публикации:

Сакерин С.М., Кабанов Д.М., Радионов В.Ф., Чернов Д.Г., Турчинович Ю.С., Лубо-Лесниченко К.Е., Прахов А.Н. Обобщение результатов измерений аэрозольной оптической толщины атмосферы на арх. Шпицберген в 2011–2016 гг. // Оптика атмосферы и океана. 2017. Т. 30. № 11. С. 948–955.

4. *Исследования режима осадков. Проверка и уточнение методик коррекции инструментальных измерений твердых осадков с использование российских и норвежских средств измерений*

По данным весеннего этапа экспедиции, был определен суммарный водный эквивалент слоя снега в районе метеорологической площадки ГМО «Баренцбург» (тестовый полигон, на котором проводятся аналогичные, но не регулярные измерения, начиная с 2007 г.). Он составил 377 мм, что практически в два раза превышает данные 2016 г. (177 мм), но меньше чем полученные при аналогичных наблюдениях в 2013 г., когда водный эквивалент составил 557 мм. Таким образом можно сделать вывод, что снегонакопление в сезоне 2016-2017 гг. было выше, чем в сезоне 2015-2016 гг., но не превысило средних значений.

При сравнительном анализе данных снегомерных съемок 2008-2010, 2016, 2017 гг. выявлено нерегулярное чередование знака поправок при использовании корректирующих методик ААНИИ (Брязгин Н.Н.), ГГО (Богданова Э.Г.) и Норвежского Метеорологического института (E. J. Forland). Сделано заключение о необходимости проведения данных методических исследований на протяжении ряда лет на регулярной основе (в одно и тоже время) в период с апреля по май. Результаты будут использоваться для уточнения указанных методик коррекции количества выпадающих осадков и разработки новых, сравнения климатических рядов, полученных с помощью различных средств измерений, заполнения пропусков, интерполяции и экстраполяции рядов, выявления тенденций.

5. *Исследование отражательных характеристик снежно-ледникового покрова*

Альбедо снежного покрова на леднике Альдегонда измерялось в весенний экспедиционный период в апреле 2017 г. Альбедо снежного покрова ледника Альдегонда изменялось в пределах от 77% до 85% для диапазона 300-3000 нм и от 82 до 92 % для

диапазона ФАР. В среднем, общее количество взвешенного вещества в пробах, собранных на леднике в 2017 г. оказалось сравнимым с результатами, полученными в 2016 г., но несколько ниже, чем было получено в 2013 г. (табл. 1.2)

Таблица 1.2. Общее количество взвешенного вещества в пробах, мг/л

Год	2013	2016	2017
Концентрация	4,269	3,936	3,566

В период проведения работ продолжалось снегонакопление по всей площади ледника, поэтому пространственное распределение альбедо определялось толщиной слоя свежевыпавшего снега (ветровым перераспределением последнего), а не количеством загрязняющих веществ в верхнем 10 см слое снега. Полученные результаты полностью подтвердили выводы, сделанные для аналогичного периода 2016 г.

Параллельно проводились измерения альбедо снежной поверхности в пос. Баренцбург. Оценки загрязнения поверхности снежного покрова на территории поселка Баренцбург и его окрестностей подтвердили выводы сделанные на основе данных, полученных в предыдущие года. Основные источники загрязнения в поселке – склад открытого хранения угля, расположенный в центре поселка, отвалы пустой породы и ТЭЦ. Здесь концентрация взвешенного вещества достигает 140-180 мг/л. На остальной территории поселка эти оценки значительно ниже (10-30 мг/л), что на несколько порядков превышает средний уровень загрязнения, зафиксированный на леднике Альдегонда. Сравнительные оценки за период 2013-2017 представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Сравнительные оценки концентрации загрязняющих частиц

Год	2013	2016	2017
Среднее	23 мг/л	72 мг/л	35 мг/л
Максимум	-	900-1000 мг/л	178 мг/л

Прямой зависимости альбедо от концентрации взвеси (загрязняющие частицы) в поверхностном слое снега не обнаружено, так как до и в период измерений наблюдались осадки и выпавшие ранее загрязняющие частицы находились под слоем свежего снега различной толщины. Дополнительную неопределенность вносили ветра переменных направлений. Альбедо находилось в диапазоне 72-86 % (75-90 % для ФАР). Выявлена связь между коэффициентом ослабления солнечной радиации, проникающий в поверхностный слой снежного покрова (0-5, 5-10, 0-10 см) с его плотностью и концентрацией загрязняющих частиц. Максимальное ослабление (в % от поступающей на поверхность радиации) составило 100% в слое 0-10 см при концентрации загрязняющих частиц 180 мг/л и 80% при плотности снега 0,5 кг/м^3 и загрязнении равном 40 мг/л.

Весной 2017 г. на леднике Альдегонда впервые проведена тестовая серия непрерывных измерений всех составляющих радиационного баланса поверхности, радиации, проникающей вглубь снежного покрова и кондуктивных потоков тепла в толще снега. Измерения, выполненные в середине апреля, показали, что прогрев поверхностного слоя снега еще не начался и потоки тепла, обусловленные молекулярной теплопроводностью, направлены от нижележащих слоев снега к поверхности. Максимальный по величине поток тепла был зафиксирован в ночной период на глубине 10 см и составил 7,5 Вт/м^2.

Аналогичная тестовая серия непрерывных измерений (6 суток) была проведена в непосредственной близости от метеорологической площадки ГМО «Баренцбург». Дополнительно к параметрам, измеренным на леднике, проводились измерения вертикального распределения температуры снежного покрова в слое 10-100 см (разрешение по вертикале 5 см) и в слое 7-44 см (разрешение по вертикале 2,5 см). Определена глубина радиационно-активного слоя снежного покрова. Так суточные колебания температуры зафиксированы в верхнем 30 см слое, в более глубоких слоях (40 см и глубже) суточный ход отсутствует. Максимальный размах суточных колебаний в поверхностном 10-ти см слое

составил 2,1 градуса. При этом во всей снежной толще наблюдалось общее повышение температуры (прогрев).

Летние экспедиционные работы в августе-сентябре 2017 г. включали площадные измерения суммарной и отраженной радиации на поверхности ледника Альдегонда. Две последовательные съемки позволили оценить пространственное распределение альбедо поверхности в спектральном диапазоне 300-3000 нм. По результатам заметна существенная пространственная и временная изменчивость этой характеристики.

В период измерений (09.09.2017 и 16.09.2017) наблюдались различные погодные условия, что обусловило состояние ледниковой поверхности и отразилось на результатах измерений. В период первой съемки наблюдалось повсеместное таяние (присутствие жидкой фазы на поверхности), во время второй съемки, при резком понижении температуры и увеличении скорости ветра, зафиксировано «обсыхание» и обмерзание поверхности, что отразилось на абсолютных величинах альбедо. Результаты представлены на рисунке 1.6.

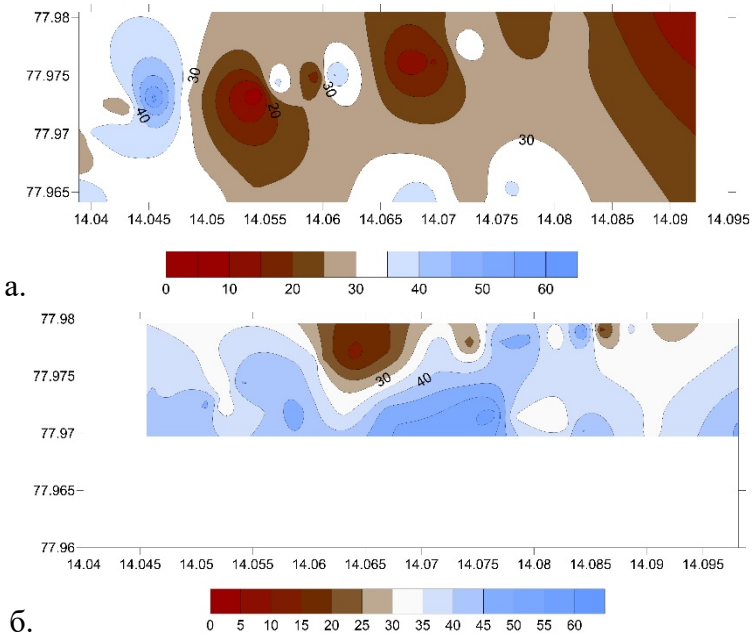


Рисунок 1.6 – Результаты измерений альбедо на леднике Альдегонда 09.09.2107 (верхний график) и 16.09.2017 (нижний график).

Пространственное распределение альбедо определяется рельефом поверхности ледника и азимутом склона, высотой окружающих ледник горных хребтов (как следствие, постоянное или временное затенение отдельных частей ледника), а также характером прихода солнечной радиации (изменение высоты солнца в течение суток).

Результаты, полученные в 2017 г. находятся в хорошем соответствии с аналогичными, полученными в предыдущие годы (2005, 2006, 2016 гг.). Однако погодные условия внесли определенные вариации, что отразилось в более высоких значениях альбедо в период второй съемки по сравнению с первой. Снежный покров на поверхности ледника отсутствовал, повсеместно наблюдался фирн или открытая ледниковая поверхность. Как видно из рисунка 1.6 минимальные величины альбедо наблюдаются в нижней части ледника, которая примыкает к конечной морене, где отмечается наибольшее загрязнение его поверхности обломочным материалом горных пород. Более низкие величины альбедо на северной периферии ледника, обусловлены присутствием значительного количества обломочного материала на поверхности льда, а также, но в меньшей степени, отражением солнечной радиации от боковых поверхностей горных хребтов.

Альбедо поверхности зависит от времени суток (высота солнца, затенение отдельных участков поверхности). Например, в около полуденное время альбедо открытых участков поверхности ледника меньше аналогичных величин, зафиксированных на затененных

участках поверхности. На этих участках снежный покров в меньшей степени подвержен деструктивному термическому метаморфизму, обусловленному таянием. В целом диапазон изменения альбедо суммарной солнечной радиации составил 10-60%, что хорошо соответствует предыдущим исследованиям.

В результате обработки данных по отдельным маршрутам удалось выявить количественную связь величин альбедо в вышеуказанных диапазонах с высотой поверхности ледника над уровнем моря. Результаты представлены на рисунке 1.7. В условиях таяния эта зависимость более выражена.

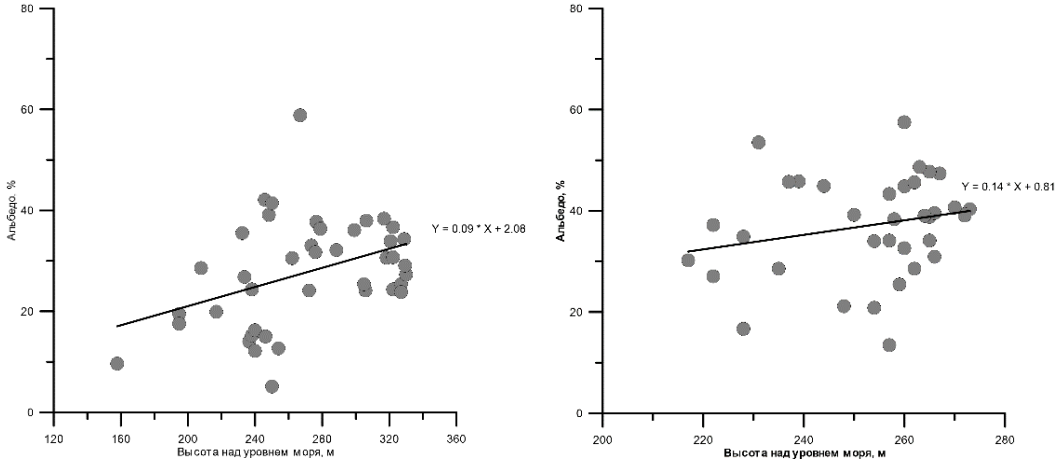


Рисунок 1.7 – Зависимость величины альбедо от высоты поверхности ледника над уровнем моря09.09.2017 (слева)и 16.09.2017 (справа)

При «обсыхании» поверхности и замерзании жидкой фазы, поверхность ледника становится более однородной, а зависимость от высоты выражена не значительно. Таким образом альбедо поверхности ледника испытывает значительную пространственную изменчивость в летний период и это обстоятельство имеет большое значение для корректного расчета радиационного баланса поверхности, доли энергии солнца затрачиваемой на нагрев и таяние поверхности, а также на внутрислойное таяние, что непременно должно учитываться в современных математических моделях различного уровня разрешения.

Также на леднике Альдегонда были впервые организованы непрерывные измерения всех четырех компонент радиационного баланса поверхности. Аналогичные, близкие по составу наблюдения, проводились здесь в 2005, 2006 гг. В обоих случаях проводились косвенные расчеты потерь массы с поверхности ледника (абляции). Верификация модельных расчетов осуществлялась с помощью прямых измерений абляции на реперной сети точек, организованной на леднике, начиная с 2002 г. Сравнения продемонстрировали удовлетворительное соответствие расчетов и прямых инструментальных измерений, в пределах точности последних и погрешностей измерения и расчета составляющих радиационного баланса поверхности ледника.

Ледник Альдегонда можно рассматривать в качестве базового (тестового) полигона, учитывая данные, полученные на нем в течение ряда лет специалистами ААНИИ, ИГ РАН, СПбГУ. Очевидно, что дальнейшую наблюдательскую программу необходимо расширить, концентрируя внимание на отдельных, характерных участках ледника (зона фирнового питания, максимальной абляции, различных условий затененности, естественного загрязнения и т.п.), синхронизируя наземные наблюдения с орбитами, периодичностью съемок, шириной полосы обзора (съемки) соответствующих ИСЗ (в первую очередь MODIS и Sintenel-II).

Микроклиматические наблюдения, выполненные (и продолжающиеся) на леднике Альдегонда с помощью автоматических метеорологических станций (АМС) позволили впервые оценить локальные различия метеорологических условий, обусловленные высотой

отдельных участков ледника над уровнем моря и сравнить эти результаты с данными реперной станции (метеоплощадка ГМО «Баренцбург»). Предварительные результаты представлены в виде линейных регрессионных зависимостей, позволяющих оценивать метеорологические условия на различных высотах над уровнем моря (в первую очередь температуру воздуха) по данным регулярных наблюдений на референтной станции:

$T(АМС_в) = - 1,0202\ T(ГМО) – 2,0449\ (R^2 = 0,9795)$,

$T(АМС_н) = - 1,0261\ T(ГМО) – 0,9397\ (R2 = 0,9679)$,

где $T(АМС_в)$ – температура на вершине ледника (высота над уровнем моря 320 м), $T(АМС_н)$ – температура у подножья ледника (высота над уровнем моря 145 м), T(ГМО) – температура воздуха на метеорологической площадке ГМО «Баренцбург» (высота над уровнем моря 74 м). Оба тренда статистически значимы.

Необходимо оснастить $АМС_в$ дополнительным датчиком, измеряющим скорость ветра, чтобы рассчитать аналогичные температуре воздуха регрессионные зависимости. Такие зависимости позволят косвенно оценивать турбулентный теплообмен над ледниковой поверхностью и в совокупности с радиационными наблюдениями и расчетами оценивать возможную эволюцию ледниковых покровов Шпицбергена в условиях наблюдаемых изменениях климата.

Публикации:

Прохорова У.В., П.Н. Священников, Б.В. Иванов. Исследование временной изменчивости характеристик атмосферной циркуляции в районе арх. Шпицберген. Проблемы Арктики и Антарктики. 2017. №4(114).

Vesman A.V., Ivanov B.V., Volkov V.A. Changes in thermohaline system on the west Spitsbergen shelf since 1950 to present time. Czech Polar Reports, 2017, № 7(1), 62-73 pp. DOI: 10.5817/CPR2017-1-7.

Urazgildeeva, A. V., Sviashchennikov, P. N., Ivanov, B. V., Isaksen, K., Førland, E. J., Brækkan, R. Comparative analysis of Russian and Norwegian precipitation gauges measurements in Barentsburg, Western Spitsbergen. Czech Polar Reports, 2017, № 7(1), 45-51 pp. DOI: 10.5817/CPR2017-1-5

Ivanov B.V. Relative transparency of sea water in the Green-fjord Bay, Spitsbergen Czech Polar Reports, 2017, №7(2).

Мероприятие 2. Гидрологические исследования. Определение стоковой составляющей речных водосборов.

Изучение особенностей снегонакопления на водосборах рек и ледниках залива Гренфьорд

В апреле-мае 2017 г. сотрудниками ААНИИ были проведены полевые гидрологические исследования на водосборах рек Шпицбергена с целью определения пространственных закономерностей распределения снегозапасов и основных физических и гидрохимических характеристик источников питания рек (снежного покрова, вод озера) в зимний период. Районами работ являлись бассейны рек вблизи пос. Баренцбург: Грён, Бретьерна (из озера Бретьерна), Альдегонда, Брюде, Конгресс. На водосборах с большой степенью оледенения отдельное внимание уделялось находящимся на них ледникам: Восточный и Западный Грёнфьорд, Альдегонда (рис. 2.1).

Выполняются следующие виды наблюдений: измерения высоты снежного покрова, измерения плотности снежного покрова, описание структуры и текстуры снега (наличие прослоек льда, воды и насыщенного водой снега, вид снега), определение характера залегание снежного покрова на маршруте, определение степени покрытия снегом маршрута, определение состояния поверхности почвы под снегом (мерзлая, талая); отбор проб снега на дальнейшее определение гидрохимических показателей.

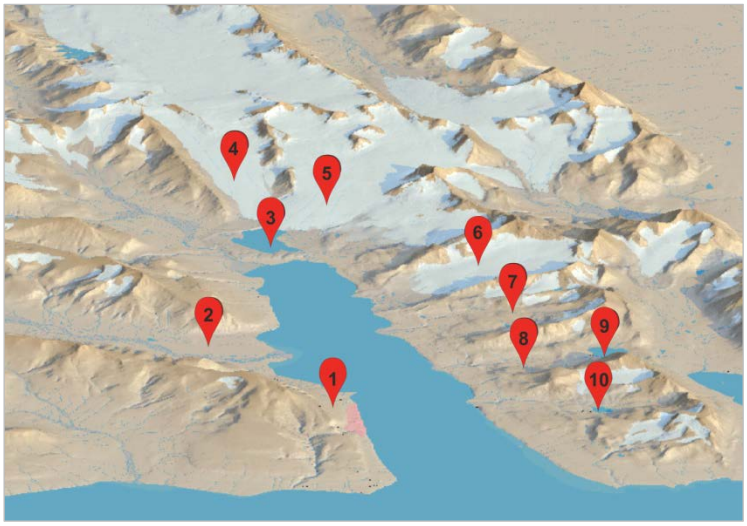
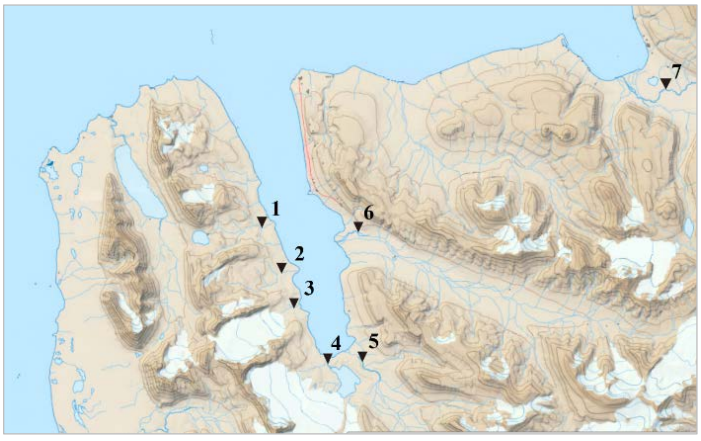


Рисунок 2.1 – Районы проведения гидрологических работ весной 2017 г. 1-метеостанция п.Баренцбург, 2-водосбор р.Грен, 3-озеро Бретьерна, 4-ледник Восточный Гренфьорд,5-ледник Западный Гренфьорд, 6- ледник Альдегонда, 7-водосбор р.Брюде, 8-водосбор р.Конгресс,9-озеро Конгресс,10-озеро Стемме

Всего было сделано 402 измерения высоты снежного покрова,64 измерения плотности снежного покров, структуры и анализов на гидрохимические показатели. По результатам наблюдений были рассчитаны запасы воды. На ледниках Альдегонда, Западный Грёнфьорд, Восточный Гренфьорд они равны 592 мм в.э., 603 мм.в.э. и 527 мм.в.э соответственно. В долинах рек водозапасы значительно меньше и составляют для рек Конгресс, Брюде 168 мм.в.э. и 348 мм.в.э., для долины реки Грён 268 мм.в.э. Полученные значения являются средними за весь период наблюдений (15 лет).

Воднобалансовые наблюдения реках водосборного бассейна Гренфьорд и Билефьорд

Летние гидрологические измерения производились на 6 реках залива Грёнфьорд: Грён, Грёнфьорд, Бретьерна, Альдегонда, Брюде и Конгресс, а также на реках Эльза и Мимер (пос. Пирамида) и реке Колес (пос. Колес) в период с 15.05.2017 по 25.10.2017. Гидрометрические створы и уровнемерные посты организовывались по возможности вблизи или на закрепленных в предыдущие годы гидростворах, карта-схема расположения гидрологических постов приведена на Рисунке 2.2.

а. 

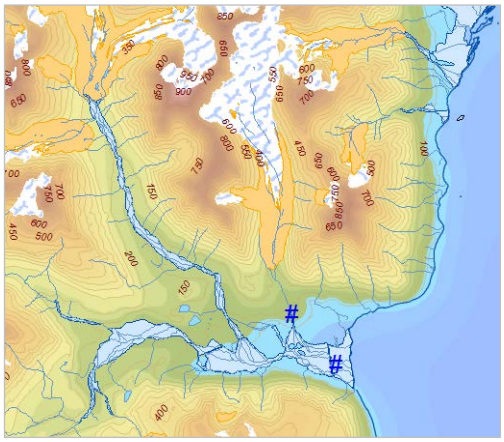
б. 

Рисунок 2. 2 – Районы проведения работ (а) в бассейне Грёнфьорда и на реке Колес (бухта Колес) и (б) р. Эльза (пос. Пирамида)

Выполнена разбивка 12 автоматических уровнемерных постов с датчиками уровня и температуры воды, а также атмосферного давления. Осуществлена привязка реперов на 3 гидрологических постах. Произведено 285 измерений расходов воды, отобрано 395 проб воды включая 146 проб воды на мутность, отобранных с помощью автоматического пробоотборного комплекса, из которых для 211 подвергались полному гидрохимическому анализу. Кроме того, выполнена морфометрическая съемка 4 гидрометрических створов и 1 морфометрического участка реки.

Результаты наблюдений за расходом воды и взвешенных наносов

В начале периода измерений практически на всех реках наблюдаются высокая водность и соответствующие значения мутности, обусловленные сходом снегонакопления. После прохода основной волны снеготаяния и по причине низких температур воздуха и небольшого количества осадков, сток рек плавно снижался. Максимум температуры воздуха и последующая серия выпадения повышенного количества осадков нашли отражение на измеренных гидрографах всех исследуемых водотоков. Паводковые расходы в этот период на реках Грён, Альдегонда, Бретьерна и Эльза близки к сезонному максимуму. Минимум стока фиксировался в октябре, небольшие понижения и увеличения водности рек здесь полностью зависели от локальных колебаний температуры. Мутность в это время минимальна и трудно поддается измерениям.

В 2017 г. впервые были выполнены наблюдения за полным гидрологическим циклом реки Альдегонда и в какой-то степени рек Брюде и Конгресс. Прохождение пиковых расходов воды весеннего половодья на реке Альдегонда ледникового питания сдвинуто до середины июля относительно измерений прошлых лет, где максимум стока наблюдался в начале месяца. Однако, невозможно удостовериться в точности определения дат прохождения максимальных расходов половодья за прошлые годы, так как измерения производились в различные промежутки времени не совпадающими с датами начала водного цикла рек. Сдвиг максимума стока вероятно связан со слабо нарастающей температурой воздуха в летний период и, как следствие, достаточно медленным снеготаянием.

Максимум стока остальных рек различен: для рек Грён, Конгресс и Брюде это середина июня, во то время как наибольший зафиксированный расход на реках Брехьерна и Грёнфьорд проходит в 3 декаде июля. Минимальный измеренные расходы воды совпадают практически на всех реках и датируются 10.10.17. К этому времени заметно снижается водность, и, как следствие, глубины, ширина и площадь водного сечения рек. За период наблюдений на реке Грен площадь водного сечения сократилась более чем в 6 раз, ширина реки уменьшилась на 35 м, а максимальная глубина упала в 2 раза, максимальные скорости при минимуме расхода ниже средней скорости потока в начале измерений. Заметные падения площади водного сечения и ширины реки наблюдаются также на реке Грёнфьорд, разница между экстремальными значениями составила 6,5 и 9 $м^2$ соответственно. Значения наибольшей и средней глубин снизились в 2 раза. Скорости течения на всех реках изменяются в течении сезона в 5-9 раз. Ширина водотоков Бретьерна и Конгресс, истоками которых являются одноименные озера, практически постоянна.

Стоит отметить значительное снижение мутности реки Бретьерна по сравнению с измерениями прошлого года. Среднее значение за сезон измерений 2017 г. составляет всего 32 $г/м^3$, в 2016 году мутность реки редко опускалась ниже 100 $г/м^3$ и в среднем составила порядка 300 $г/м^3$.

Результаты работы пробоотборного комплекса

На реке Альдегонда произведено несколько серий наблюдений за мутностью реки при помощи автоматического пробоотборного комплекса HACH SIGMA SD900. Запуск комплекса был произведен 6 раз за сезон с июля по сентябрь с различным интервалом времени. Время работы комплекса каждой серии измерений составляло порядка трех суток.

Мутность реки возрастает с начала первой серии измерений от 100-150 г/м3 до 2500 г/м3 в третьей декаде июля. К концу месяца масса взвешенных наносов в потоке уменьшается до 50-450 г/м^3 и снова возрастает к 20-ым числам августа до 1300 г/м^3. Повторное увеличение взвеси в реке обусловлено обильными осадками, выпадающими в это время в районе залива Гренфьорд. Максимальное количество наносов в потоке наблюдаются в разное время, в основном во второй половине дня с увеличением водности реки. Так, во время первой и второй серий, пиковые величины фиксируются в 18:00-20:00, во время третьей и четвертой – около 14:00, пятой и шестой – около 16:00.

Результаты химического анализа проб воды

Согласно программе исследований определялись следующие гидрохимические показатели: водородный показатель pH, УЭП, содержание общего кремния, содержание общего углерода TC, содержание неорганического углерода IC, содержание общего азота TN, содержание органического углерода NPOC, содержание ионов гидрокарбонатов, содержание катионов (Ca, Mg, K, NH_4) и анионов (F, Cl, NO_2, Br, NO_3, PO_4, SO_4).

В целом можно сказать, что измерения сезона подтвердили результаты прошлых лет. Реки залива Гренфьорд делятся на два класса: гидрокарбонатных и сульфатных вод. К классу сульфатных относятся реки Грён, Грёнфьорд и Конгресс. Наибольшее содержание ионов сульфата зафиксировано в реке Конгресс, имеющей преимущественно подземное питание, концентрация увеличивается в течение сезона открытого русла и колеблется от 150 до 550 мг/л. Минимальное содержание среди своего класса в реке Грен – до 350 мг/л. Концентрации гидрокарбонатов не столь высоки, наибольшее измеренное значение составило 84 мг/л в воде реки Конгресс. Реки поселка Пирамида Эльза и Мимер относятся к классу гидрокарбонатных, группы кальция, второго типа. Воды реки Колес можно классифицировать как сульфатные.

На реках с ледниковым питаем отмечается хорошая связь между стоком реки и доминирующими ионами. С уменьшением водности рек возрастет концентрация химических веществ. На реках Бретьёрна и Конгресс, вытекающих из одноименных озер, подобная связь практически отсутствует.

Гидрологические исследования озер

На озерах Конгресс, Бретьерна и Стемме проводились наблюдения за уровнем воды, также было выполнено CTD зондирование от поверхности до дна зондом RBR и произведен отбор проб воды батометром Паталасса (всего 68 проб) для дальнейшего определения физических и гидрохимических характеристик через каждые 10 м по вертикали. Также было выполнено CTD зондирование на озере Стемме через каждые 5 м. CTD зондирование проводилось в 2 этапа, в первом весеннем этапе было проведено на озерах Стемме и Бретьерна, в летнем-осеннем этапе – на озере Конгресс.

Анализ CTD зондирования на озере Бретьорна показал, что температура во всех точках изменяется по принципу обратной стратификации, т.е увеличение температуры с глубиной. Только в одной точке в слое эпилимниома происходит небольшое уменьшение температуры на 0,2°C. Удельная электропроводность распределяется равномерно по глубине, к дну ее значение незначительно возрастает. Воды озера имеют нейтральную реакцию, однако общая минерализация воды, выраженная в удельной электропроводности, не высока и обусловлена в основном сульфат-ионами (169,8 мг/л) и кальцием (36,4 мг/л), также значительная доля приходится на ионы магния (25,8 мг/л).

На озере Стемме температура во всех точках изменяется по принципу обратной стратификации, но слой, в котором происходит температурный скачок (металимнием) менее выражен, причиной этого является малая глуина озера. Удельная электропроводность изменяется неравномерно в точках отбора проб. В точке, расположенной в юго-восточной части озера она практически не изменяется по глубине, в остальных происходит небольшое

увеличение удельной электропроводности ко дну водоема. По содержанию основных ионов воды озера можно отнести к гидрокарбонатным натриевым водам первого типа.

На озере Конгресс наибольшие глубины озера отмечены в центральной и северо-западной части озера. CTD зондирование проведенное 28.08.17 показало прямую стратификация воды – уменьшение температуры с глубиной. В профиле четко выражено разделение термических зон в период летнего нагревания воды. Верхняя зона - эпилимнион, глубина до 20 м, нижняя –гиполимнион, вторая металимнион или температурный скачок, является естественным барьером, который затрудняет смешение вод верхней и нижней зоны. Значение удельной электропроводности, напротив, увеличивается с глубиной. На глубине порядка 50 метров УЭП имеет значения 0,48-0,49 мСм/см. Озеро Конгресс характеризуется малым содержанием биогенных элементов, таких как нитритов, нитратов, фосфатов и аммония, которые находятся ниже предела обнаружения метода измерений.

Мероприятие 3. Океанографические исследования в прибрежных водах арх. Шпицберген.

Целью проведенных исследований было получение новых данных о распределении океанографических характеристик в акваториях заливов о-ва Западный Шпицберген, о флуктуациях Западно-Шпицбергенской ветви Норвежского течения, как индикатора изменчивости поступления тепла в Северный Ледовитый океан на основе исследования вариации затока атлантических вод в заливы архипелага, совершенствование существующих представлений о механизмах формирования и развития мезомасштабных океанологических процессов в прибрежных водах архипелага Шпицберген.

Наблюдения выполнялись в три этапа:

– В заливах Гренфьорд и Исфьорд 25.03.2017 на катере «Баренцбург» ФГУП «ГТ «Арктикуголь» используя профилограф RBRconcerto C.T.D|fast 200m. Выполнено вертикальное термохалинное профилирование водной толщи до дна на 16 океанографических станциях (рис. 3.1).

Рисунок 3.1 – Положение океанографических станций, выполненных в заливах Исфьорд, Биллефьорд и Грёнфьорд с борта НИС «Дальние Зеленцы»

– В заливе Гренфьорд 02.08.2017 на лодке с мотором «PolarCirkel» 660 Work с помощью профилографа RBRconcerto C.T.D|fast 200m. Выполнено вертикальное термохалинное профилирование водной толщи до дна на 32 океанографических станциях;
– В заливах Исфьорд и Биллефьорд 21.07.2017 – 05.08.2017 на судне НИС «Дальние Зеленцы» ММБИ выполнено вертикальное термохалинное профилирование водной толщи до дна на 27 океанографических станциях с помощью CTD-зондов SBE-19plus SeaCat и RBRconcerto C.T.D|fast 500m, зондирование до придонного горизонта при помощи профилограф микроструктуры ISW Wassermesstechnik MSS60.

По результатам вертикального термохалинного профилирования в Исфьорде, Биллефьорде и Грёнфьорде в июле 2017 г. были восстановлены пространственные распределения температуры и солёности на вертикальных разрезах, а также построены TS-диаграммы, позволяющие определить наличие водных масс различного происхождения. На рисунке 3.2 представлена TS-диаграмма, построенная по данным

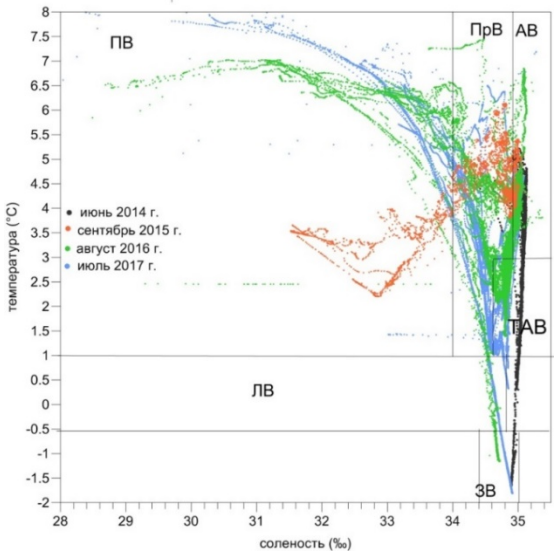


Рисунок 3.2 – TS-диаграмма по данным измерений в Исфьорде в летние месяцы 2014-2017 гг.

океанографических наблюдений в Исфьорде и Биллефьорде, выполненных в летних экспедициях 2014-2017 годов. По результатам океанографической съёмки, выполненной в июле 2017 г., в Исфьорде и Биллефьорде было выявлено присутствие Атлантической водной массы (АВ); трансформированной атлантической водной массы (ТАВ), образующейся в результате смешения АВ и арктической водной массы; поверхностной водной массы (ПВ), образующейся поздней весной и летом под влиянием увеличения объёма речного стока, таяния морского льда и радиационного прогрева; промежуточной водной массы (ПрВ), формирующейся в результате смешения ПВ и АВ. В Исфьорде АВ вклинивается на глубинах 40 - 240 м только в самой западной части продольного разреза (температура 3-4°С), положение границы АВ совпадает с положением изотермы 3°С. В остальных же районах фьорда под ПрВ залегает ТАВ. В горле Исфьорда значения температуры в слое АВ, располагающемся на горизонтах от 140-160 м до 220-260 м, достигают 4-4,5°С. ПВ наблюдается только в центральной и южной частях поперечного разреза, в северной части горловины ПВ практически отсутствует, почти сразу под поверхностью здесь фиксируется ПрВ. ТАВ залегает по всей длине поперечного разреза между слоями ПрВ и АВ, также ТАВ фиксируется под АВ в придонных горизонтах у южного побережья фьорда. В кутовой части Биллефьорда зафиксированы высокие значения температуры (до +9°С) в поверхностном слое.Соответствующие распределения температуры и солёности на вертикальных разрезах представлены на рисунке 3.3.

От глубины 40 м до дна Биллефьорд занят водными массами, формирующимися здесь в осенне-зимний период: локальной водной массой (ЛВ), формирующейся в осенне-зимний период в результате охлаждения ПВ или ПрВ, (40-50 м) и зимней охлажденной водной массой (ЗВ), формирующейся в результате выхолаживания воды до температуры замерзания при данной солёности и выделения рассола при формировании льда (50 – дно), что является следствием влияния топографического барьера, препятствующего свободному водообмену с Исфьордом.TS-диаграмма, построенная по данным океанографических наблюдений в Грёнфьорде, выполненных в летних экспедициях 2011-2017 годов, представлена на рисунке

3.4. Соответствующие распределения температуры и солёности на вертикальных разрезах представлены на рисунке 3.5.

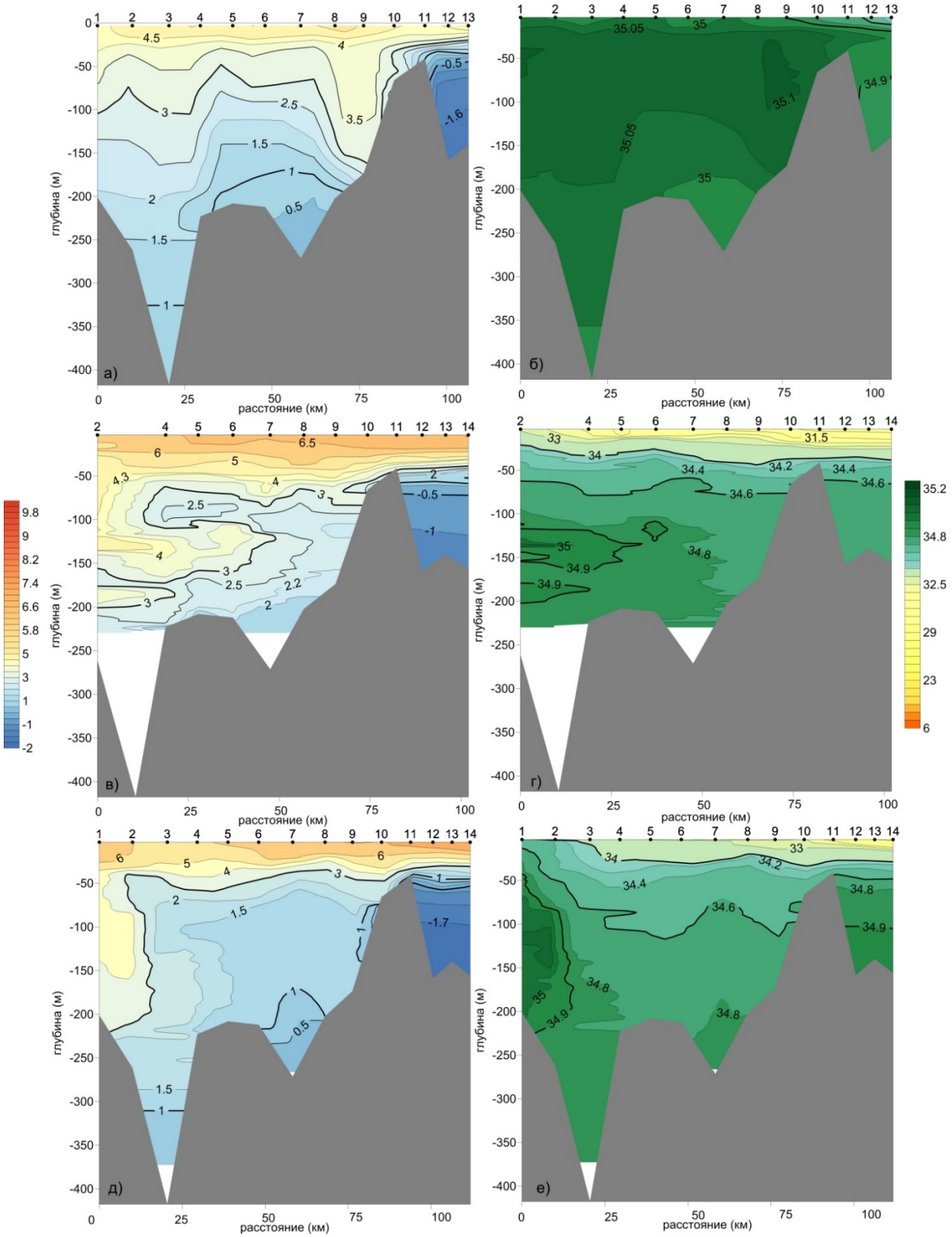


Рисунок 3.3 – Распределение температуры (а, в, д) и солёности (б, г, е) вдоль оси Исфьорда в июне 2014 г. (а, б), в августе 2016 г. (в, г), в июле 2017 г. (д, е), все разрезы ориентированы с запада на восток.

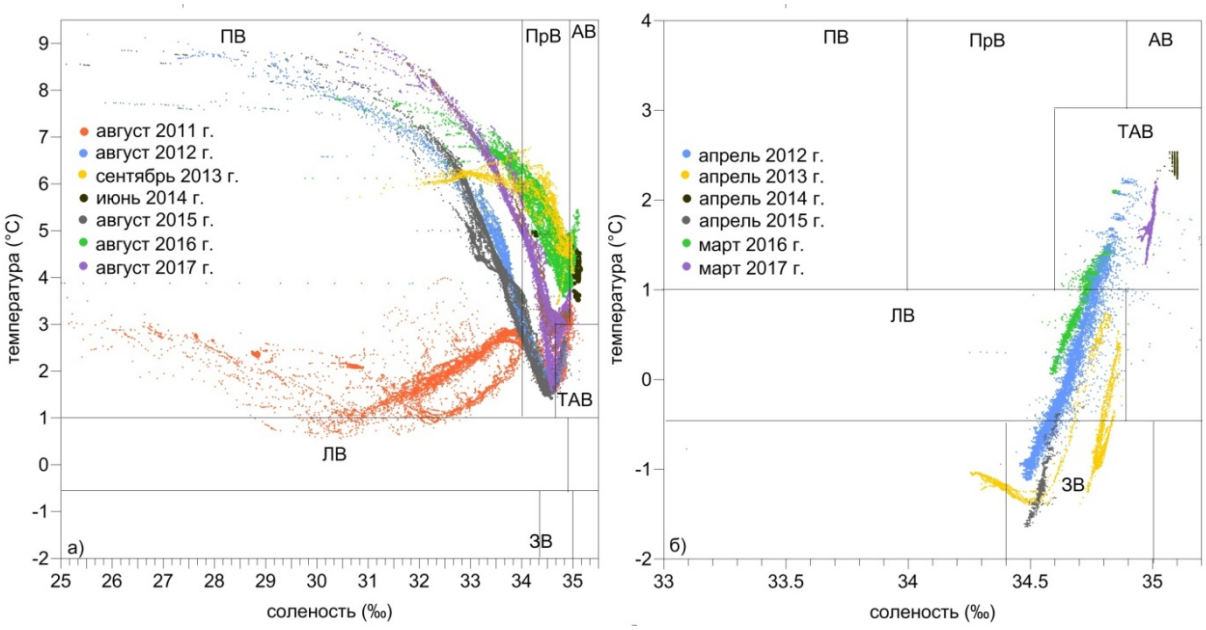


Рисунок 3.4 – TS-диаграмма по данным измерений в Грёнфьорде (а) в летние месяцы 2011-2017 гг. и (б) в весенние месяцы 2012-2017 гг.

По результатам океанографической съёмки августа 2017 года в Грёнфьорде можно выделить следующие водные массы: ПВ, ПрВ, ТАВ и АВ. Поверхностная водная масса с минимальными значениями солёности до 28‰ наблюдается от поверхности до глубин 20-30 м (рис. 3.5 а, д). При этом значения температуры поверхностного слоя варьируются от 5 до 9 °С. Под ПВ залегает ПрВ от глубин 20-30 м до 50-80 м, нижняя граница ПрВ постепенно заглубляется в направлении от кута к горлу фьорда. Под ПрВ залегает ТАВ на горизонтах от 50-80 м до 120 м в северной части фьорда и до дна в южной части фьорда. В северных районах фьорда под ТАВ локализуется АВ со значениями температуры до 3,5°С и солёностью до 35,1‰ (рис. 3.5 д, е).

Как видно, в слое 15 – 40 м на всех станциях наблюдается увеличение скорости диссипации турбулентной энергии, что может быть обусловлено особенностями трансформации энергии баротропного прилива при прохождении через мелководный орографический барьер.

Автономный уровнемерный комплекс, развёрнутый на уровенном посту ГМО «Баренцбург» в течении нескольких месяцев устойчиво передаёт данные об уровне и температуре воды. Зарегистрированные временные ряды представлены на рисунке 7.2.26. Поступающие в режиме реального времени данные об уровне могут быть использованы для оперативного анализа и расчёта гармонических постоянных прилива в пункте наблюдений.

Наблюдения за уровнем моря в пос. Баренцбург

Ранее установленная система непрерывной передачи данных об уровне моря с уровнемерного поста в посёлке Баренцбург была радикально реорганизована. Действующие регистратор уровня моря 3001 LT Levelogger Edge M10/F30 и регистратор атмосферного давления 3001 LT Barologger Edge M1.5/F5 были скоммутированы с логгером Campbell Scientific CR1000 и спутниковым трансмиттером Iridium SBD 9602. Это позволило получать данные через спутник непосредственно в ААНИИ в режиме реального времени, что существенно расширило возможности института по наблюдению за колебаниями уровня моря на архипелаге Шпицберген и оперативному прогнозированию океанологического режима для обеспечения экспедиционных работ на архипелаге.

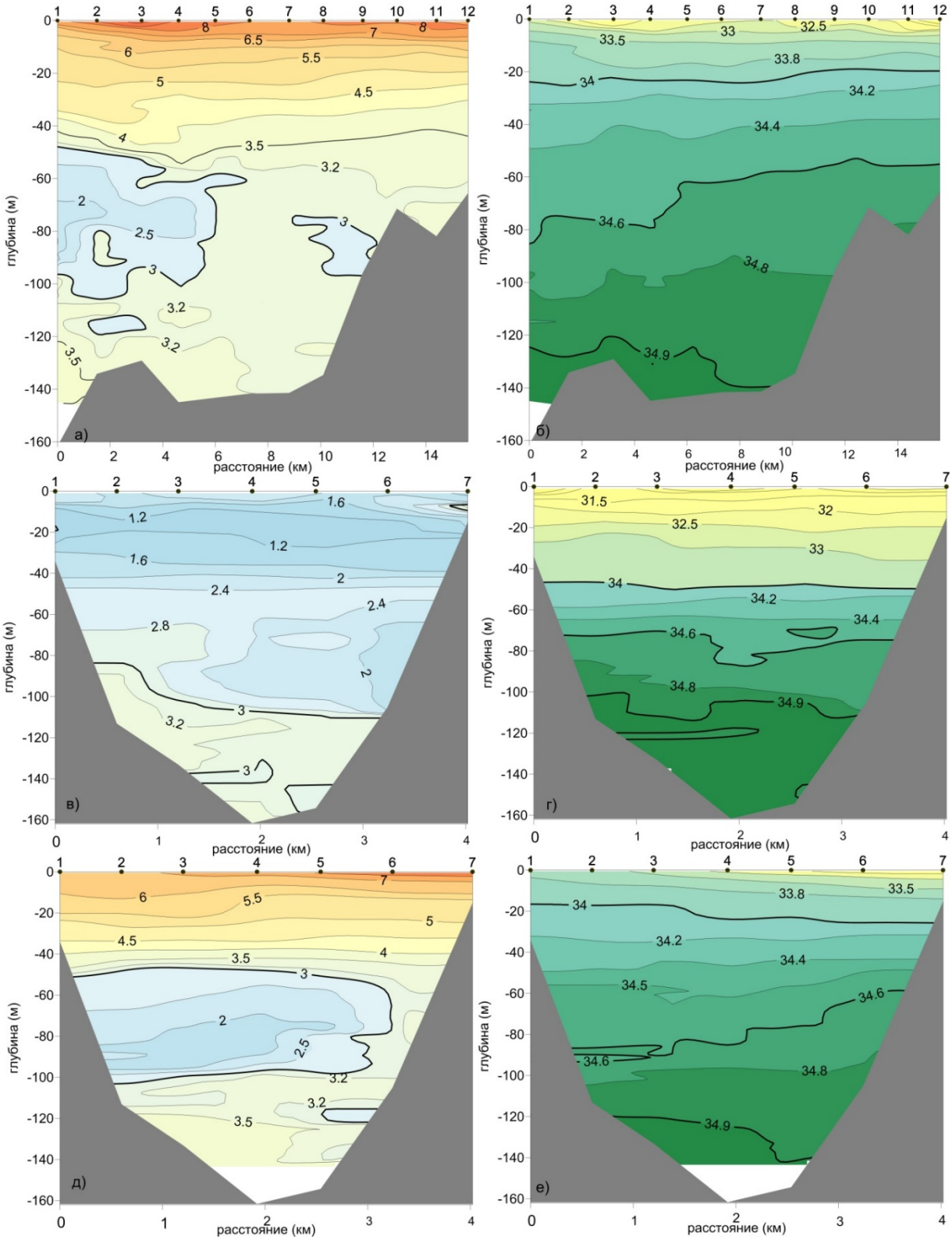


Рисунок 3.5 – Распределение температуры (а, в, д) и солёности (б, г, е) вдоль оси Грёньфорда в августе 2017 г. (а, б) и на разрезе поперёк горла фьорда в августе 2011 г. (в, г) и августе 2017 г. (д, е), разрезы вдоль оси ориентированы с севера на юг, поперечный разрез ориентирован с запада на восток

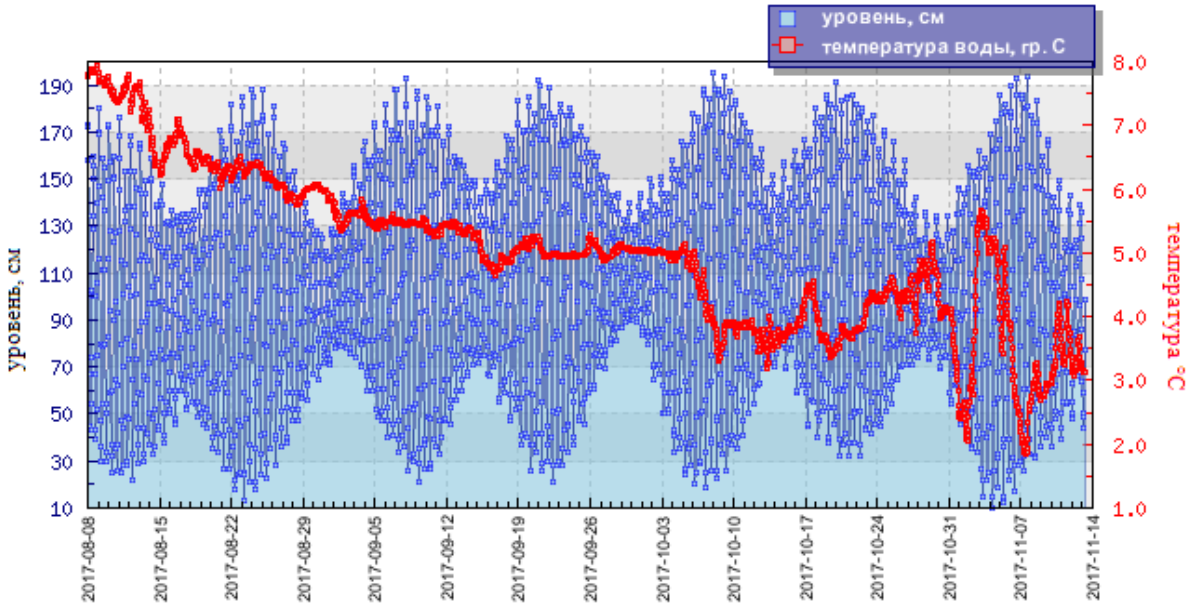


Рисунок 3.6 – Временные ряды уровня моря и температуры воды, зарегистрированные автономным уровнемерным комплексом

Мероприятие 4. Гляциологические исследования

В 2017 году научно-исследовательские проводились работы на ледниках Альдегонда и Западный Грёнфьорд (рис. 4.1) для определении расходной составляющей бюджета массы и измененения высоты сезонной снеговой линии. Полевые работы велись с июля по сентябрь, на каждом леднике , было сделано два маршрута.

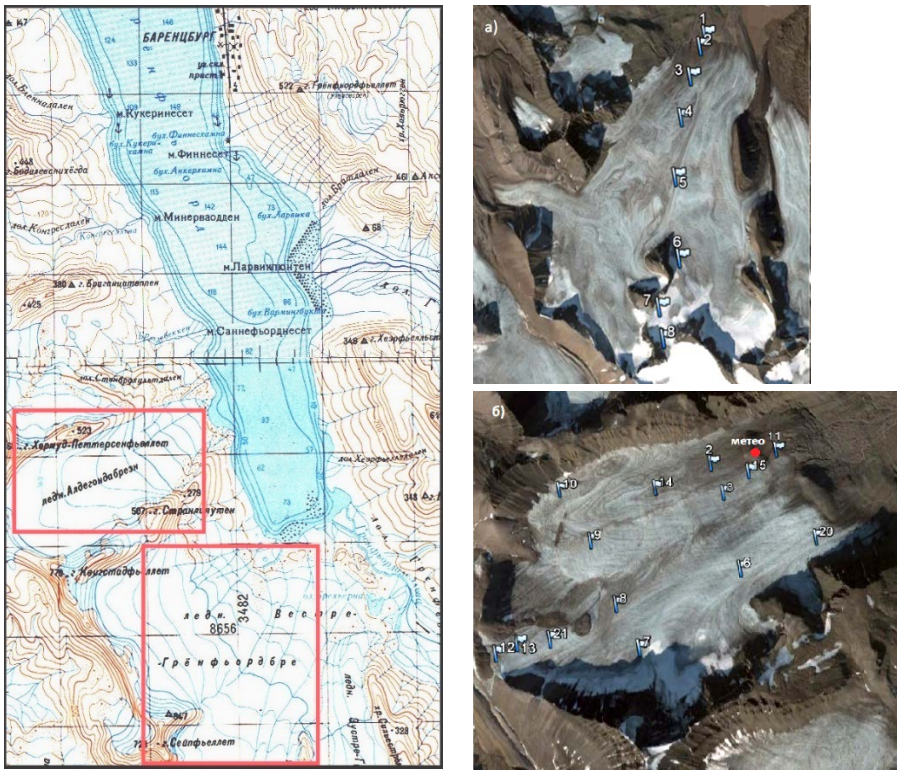


Рисунок 4.1 – Карта района проведения гляциологических наблюдений, ледники Западный Грёнфьорд и Альдегонда (справа); расположение уровнемерных реек на леднике Западный Грёнфьёрд (а) и (б) расположение уровнемерных реек и метеостанции на леднике Альдегонда.

В течение сезона абляции на ледниках забуривались новые рейки, параллельные тем, которые практически вытаяли. Всвязи с ярко выраженнам отступанием языков, на леднике Альдегонда была исключена рейка №11, на леднике Западный Грёнфьёрд рейка №1, находившиеся на высотах 157 м и 36 м соответственно (рис. 4.1). Высота снеговой линии на ледниках измерялась с помощью навигатора GarminGPSmap 62SC и фиксировалась на фотографиях.

Летний баланс массы ледника, уменьшение массы от максимума снегонакопления, приходящееся на зимний период, до конца сезона таяния на арх. Шпицберген считается с июня и по конец сентября – начало октября. За этот период формируется новая летняя поверхность. Величина абляции, расход поверхностной ледниковой массы путем таяния и испарения, в основном под влиянием солнечной радиации, тепла атмосферного воздуха и выпадающих осадков, рассчитывается путем измерения толщины стаявшего льда с учетом его плотности.

Расходная составляющая бюджета массы ледников Альдегонда

Для оценки метеорологических условий, влияющих на таяние ледника Альдегонда, был о проанализировано соотношение среднесуточной поступающей радиации, температуры и осадков (рис. 4.2). Температура и солнечная радиация измерялись автоматической метеостанцией HOBO U30, расположенной на морене вблизи языка ледника. Данные по осадкам, выпавшим за период абляции, были получены от ГМО «Баренцбург» (http://rp5.ru/). Хотя максимум температур приходился на середину сезона с июля по август, максимум осадков пришелся, как и в предыдущие годы наблюдений, на конец августа – начало сентября, это не повлияло существенно на величину абляции в данные месяцы. В начале сезона отмечались высокие значения приходящей радиации и невысокие температуры воздухапри отсутсвии облачности в июне и июле. Именно эти условия внесли существенный вклад в образование коры таяния с последующей интенсивной абляцией в данный период наблюдений. В конце июле преобладала высокая облачность, снижающая уровень приходящей радиации и способствующая общему повышению температуры и соответсвенно увеличению абляции.

Рисунок 4.2 – Распределение среднесуточных осадков, температуры и солнечной радиации за период 10 июня – 04 сентября 2017 г.

В результате интенсивного таяния поверхности ледника Альдегонда, уже на первом маршруте в начале сезона было перебурено 8 реек, установленных в конце сезона 2016 г. На рисунке 4.3 приведены величины абляции, рассчитанной с учетом плотности льда для каждой рейки.

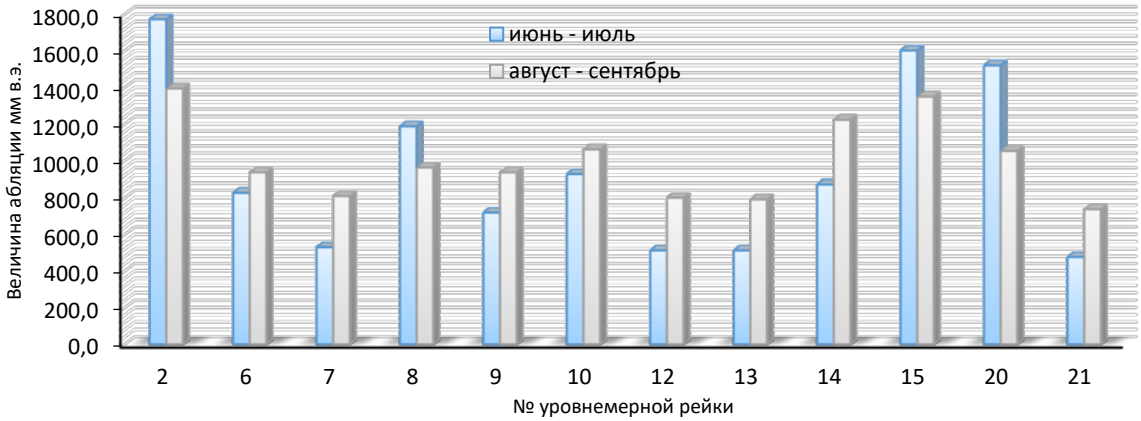


Рисунок 4.3 – Величины абляции леднике Альдегонда в мм в.э.

При сравнении полученных в 2017 г. данных с данными предыдущих лет наблюдений были выявлены особенности хода абляции и значительные межгодовые изменения величины убыли массы ледника Альдегонда. Результаты наблюдений свидетельствуют о неравномерном таянии ледниковой поверхности при соблюдении основной тенденции уменьшения абляции с увеличением высоты (коэффициент линейной корреляции 0,69), а также зависимостью от орографии (теневая сторона). Ход абляции был неравномерен и зависел, прежде всего, от температуры воздуха и осадков в виде дождя. Незначительное повышение температуры воздуха, совпадающее с выпадением дождевых осадков, может инициировать активное таяние на леднике даже в сентябре. В целом, максимальное таяние на леднике приходится на конец июля – август.

Таким образом важным фактором, определяющим ход таяния и годовые потери льда, является межгодовая изменчивость климатических условий, которая объясняет существенные различия в величинах суммарных потерь массы ледников за годы наблюдений.

Расходная составляющая бюджета массы ледника Западный Грёнфьорд.

Измерения поверхностной абляции на леднике Западный Гренфьёрд осуществлялись по сети уровнемерных реек, установленных в сентябре 2016 года, за сезон наблюдений было выполнено 2 маршрута на ледник. На леднике З. Грёнфьорд шло активное таяние составляющей льда, поэтому рейки забуривались параллельно действующим в каждый маршрут. В конце сезона все рейки были подготовлены для следующего года. Так какледник З. Гренфьорд простирается с юга на север, борта долины оказывают небольшое влияние на распределение солнечной радиации по поверхности, поэтому абляционные рейки на леднике расположены по одной центральной оси. Данные расчетов величины поверхностной абляции представлены на рисунке 4.4.

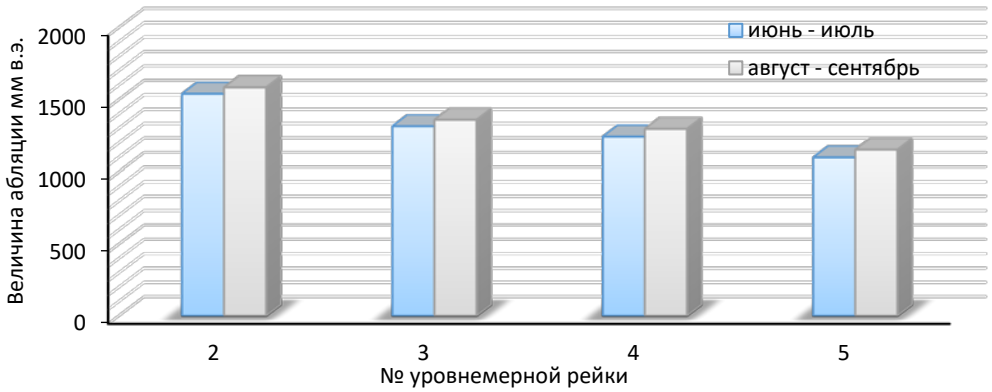


Рисунок 4.4 – Величины абляции на л. Западный Грёнфьёрд в мм в.э.

На леднике Западный Грёнфьорд активное таяние наблюдалось в первый интервал наблюдений с июня по август, максимум абляции пришелся на второй период наблюдений – июль-август. В первый интервал наблюдений активное таяние шло не по всей поверхности ледника, а только до высоты примерно 290 м. В следующий период было отмечено активная потеря баланса массы по всей поверхности ледника – снеговая линия отступила достаточно высоко и практически все рейки были перебурены, что стало характерным для данного периода наблюдений. В 2017 г. ледник сохранил общую многолетнюю тенденцию равномерного таяния по всей поверхности, с максимумом на языке и минимумом на вершине (коэффициент линейной зависимости абляции от высоты 0,94).

По сравнению с 2016 годом, абляция 2017 года на обоих ледниках характеризуется равномерным таянием с максимумом, приходящимся на июль-август. Ледник Альдегонда выраженно деградирует по всей поверхности, ледник З. Гренфьорд существенно отступает.

Мощность и распределение снежного покрова на леднике Альдегонда зависят, кроме метеорологических условий снегонакопления, от абсолютной высоты поверхности и определяются ветровым переносом, экспозицией склонов и рельефа поверхности, и имеют межгодовую изменчивость. В разные года регистрировались плавное распределение мощности снега по леднику и взаимосвязь роста толщины снежного покрова с увеличением высоты поверхности, приуроченность наибольших мощностей снежного покрова к бортам ледника. Наблюдения на леднике Западный Грёнфьорд выявили, в целом, более плавное распределение по их поверхности высоты снежного покрова и значений его плотности (с увеличением снизу вверх с нарастанием абсолютных отметок) по сравнению с ледником Альдегонда.

Мероприятие 5. Палеогеографические исследования и изучение вечной мерзлоты

Палеогеографические исследования:

Целью палеогеографических исследований являлось выполнения реконструкции хронологии, параметров и механизмов изменений климата и природной среды архипелага Шпицберген за последние столетия и тысячелетия. Районы исследования в 2017 г. были Земля Карла Ярлсберга (совместно с ПМГРЭ), окрестности пос. Баренцбург и побережье зал. Гренфьорд (мыс. Финнесет, Холлендербухта, долина реки Грён, район ледника Восточный Гренфьорд), долина р. Колес (рис. 5.1). Полевые работы проводились в июле-сентябре 2017 г. сотрудниками ААНИИ и СПбГУ и включали пешие маршруты с изучением особенностей рельефа и наземных четвертичных отложений, а также ботаническое описание и отбор поверхностных проб почв, грунтов и растительности для определения современного спорово-пыльцевого комплекса в районе.

Исследования в северо-западной части Земли Веделя Ярлсберга

В ходе маршрутных съемок были выделены основные закономерности распределения форм рельефа в районе исследования (рис. 5.2). В долине Калипсостранда выделены несколько уровней террас: 2–6 м (первая морская терраса с хорошо выраженным уступом); 17–30 м (морская терраса, отложения которой вскрываются многочисленными руслами водотоков); 35–45 м; 50–60 м и 70–75 м. Наиболее четко в рельефе выражены уровни 17–30 м и 50–60 м, остальные отображаются в виде полого наклоненных в сторону моря площадок. Верхний морской уровень на равнине Калипсостранда установлен на высоте 75 м. Уровни выше имеют структурно-денудационное происхождение, моделированное криогенными процессами.

Исследован разрез в бухте Скилвика, где предыдущими исследователями установлены четвертичные отложения возрастом от позднего неоплейстоцена до голоцена включительно. Здесь были отобраны образцы для определения абсолютного возраста радиоуглеродным и уран-ториевым (ранее здесь не применялся) методами, а также пробы на микрофаунистический и диатомовый анализы, что позволит уточнить палеогеографические

обстановки и условия осадконакопления. Описание отложений разреза было произведено как в расчистках, так и в естественных обнажениях (рис.5.2).

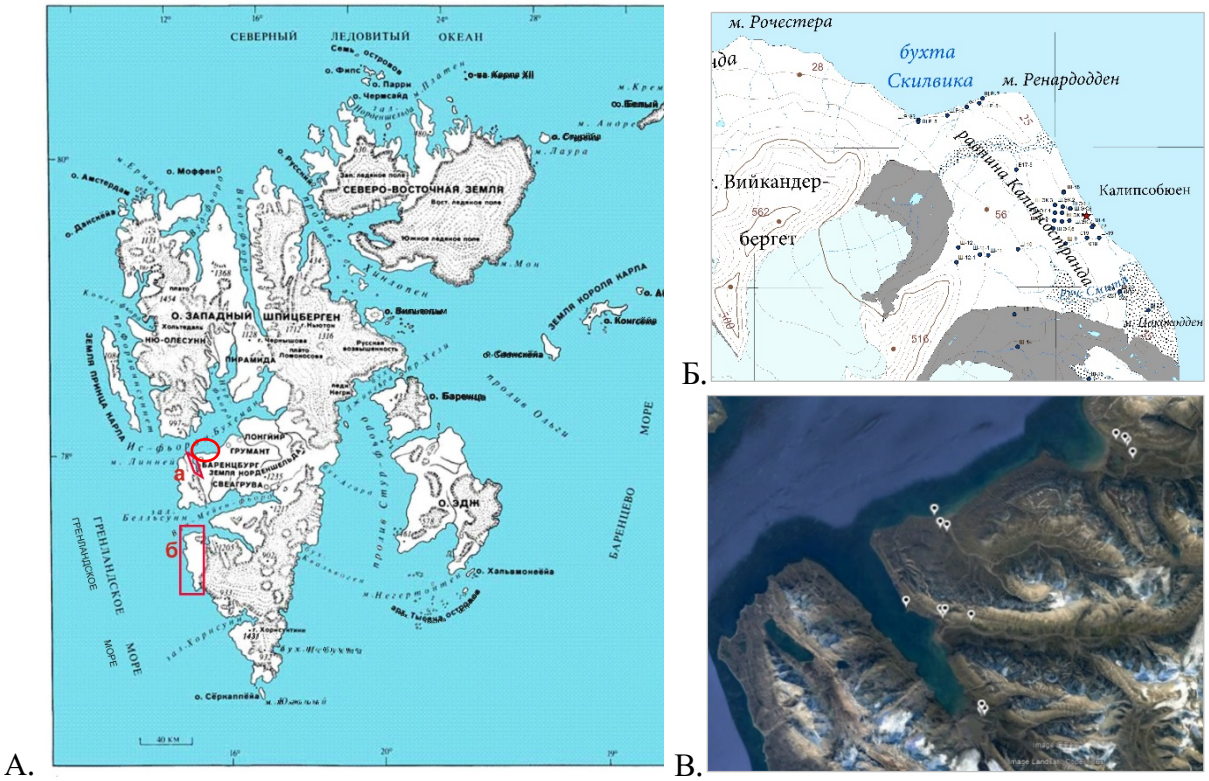


Рисунок 5.1 – (А) Места палеогеографических исследований: а – район пос. Баренцбург; б – Земля Веделя Ярлсберга; в – долина реки Колес, (Б) схема фактического материала полевых работ в районе Земли Веделя Ярлсберга и (В) положение точек наблюдений в районе поселка Баренцбург

Исследования в районе поселка Баренцбург

В районе Баренцбурга было проведено 6 маршрутов (на мыс Финнисет, Колесбухту, Холлендербухту, район ледника Восточный Грёнфьорд и Грёндален), в ходе которых было выполнено 14 точек наблюдений (рис. 5.1).

Наиболее продолжительные и детальные исследования проводились на мысе Финнесет, где был изучен сложно построенный, информативный разрез четвертичных отложений (рис. 5.2). С учетом наклонной слоистости последовательное описание фаций происходило на протяжении всего разреза и с помощью перенесения по маркирующему горизонту. В местах наиболее динамичной смены условий проводилось подробное описание и частый отбор образцов. Наибольшее количество образцов было отобрано в точках БА-29 – БА-31, где чередуются горизонты морских алевритовых песков, линз раковин моллюсков, прослоев песчано-гравийных отложений и горизонтов органических остатков средней степени разложения. Всего было отобрано 48 образцов – на геохимический анализ, 33 – на диатомовый анализ, 40 – на спорово-пыльцевой анализ, 9 – на радиоуглеродное датирование, 7 – на ботанический анализ, 15 – на малако-фаунистический анализ.

В ходе маршрутов в Колесбухту, Холлендербухту, район ледника Восточный Грёнфьорд и Грёндален было сделано 7 расчисток. Наибольший интерес для дальнейшего детального изучения представляют район Холлендербухты, где в стенке террасы вскрываются отложения предположительно морского генезиса мощностью более 10 м, а также район ледника Восточный Грёнфьорд, где под ледниковыми отложениями обнажаются несколько десятков метров дислоцированных слоистых отложений, а на поверхности встречены обломки раковин моллюсков.

В качестве референтной точки для палеогеографических реконструкций изучались современные спорово-пыльцевых спектры с помощью отбора и анализа поверхностных проб: проводилось геоботаническое описание нескольких площадок с однородным растительным покровом, устанавливались пыльцевые ловушки на разных высотных уровнях.

Диатомовый анализ проб, отобранных в 2016 г., и свежих проб с помощью оптического микроскопа, микроскопирование и фотографирование створок современной пыльцы, а также химическая подготовка проб для спорово-пыльцевого анализа (рис. 5.4) велись в лаборатории РАЭ-Ш.

Таким образом в 2017 г. были выполнены геоморфологические наблюдения, детально изучены разрезы и отобрана богатая коллекция образцов четвертичных отложений, а также проб воды, льда, снега для их дальнейших аналитических исследований. В частности, изучение разреза отложений в бухте Скилвика с применением уран-ториевого метода датирования возраста осадков и диатомового анализа позволит уточнить представления о хронологии и условиях ледниковых и послеледниковых событий в районе архипелага Шпицберген.

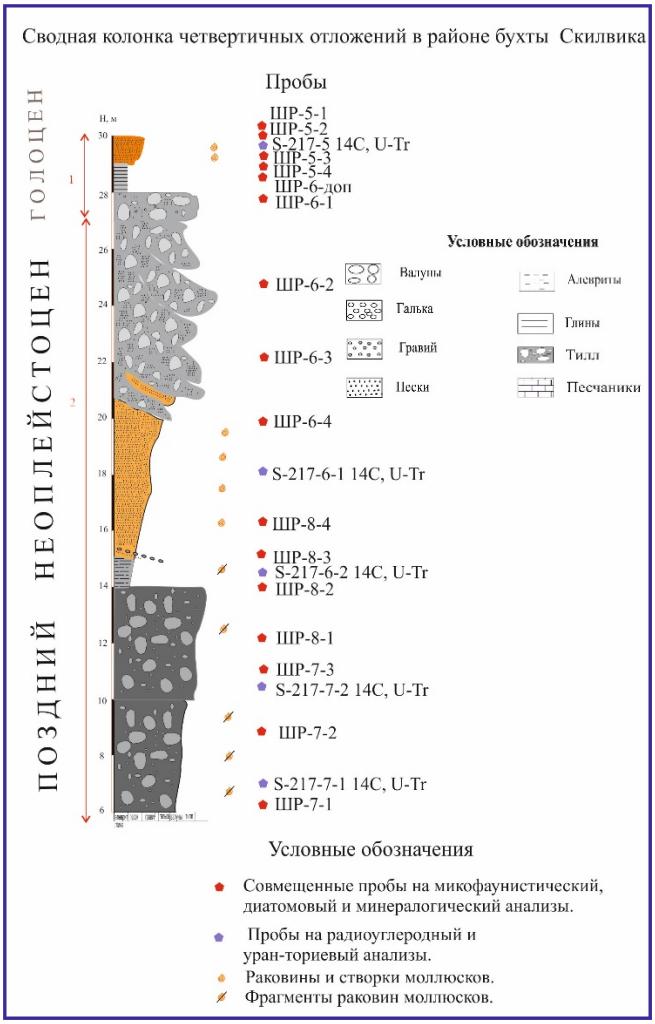


Рисунок 5.2 – Сводная колонка четвертичных отложений в районе бухты Скилвика

а. б. в. г.

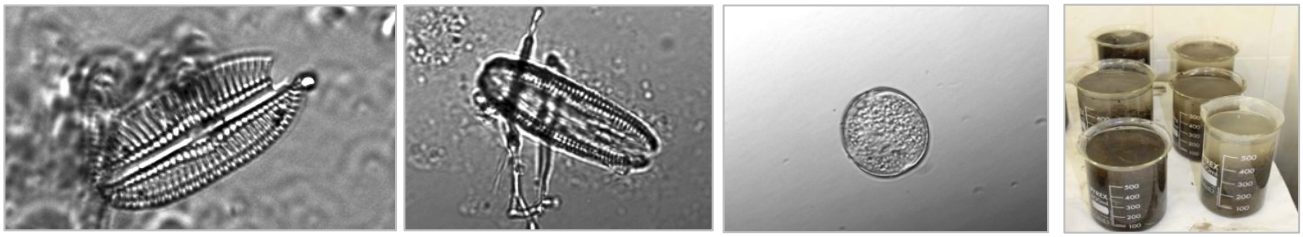


Рисунок 5.3 – Микрофотографии створок ископаемых морских диатомовых водорослей: (а) *Diploneis smithii;* (б) *Amphora copulata*;(в) микрофотография рецентного пыльцевого зерна *Ranunculus nivalis;*(г) один из этапов лабораторной обработки поверхностных проб

Важным результатом проведенных исследований являются палеогеографические схемы района равнины Калипсостранда, отображающие положение уровня моря в периоды 12,5–11 и 11–9 тысяч лет назад. Схемы основаны на ранее опубликованных материалах (район мыса Ренардодден) и полевых геолого-геоморфологических наблюдениях (рис. 5.4). Полученный результат на равнине Калипсостранда может быть ключом для построения подобных схем на всю территорию земли Веделя Ярлсберга в этот промежуток времени и более поздние отрезки голоцена после проведения аналитических работ.

Толща отложений на мысе Финнесет оказалась перспективна для получения новых данных по изменениям уровня моря, климатических условий и ландшафтов в послеледниковое время. Вместе с данными исследований предыдущих лет, результаты исследовательской работы 2017 г. и последующих лабораторных исследований позволят существенно уточнить и обновить представления об изменениях климата и окружающей среды архипелага Шпицберген в течение последних тысяч и сотен лет.

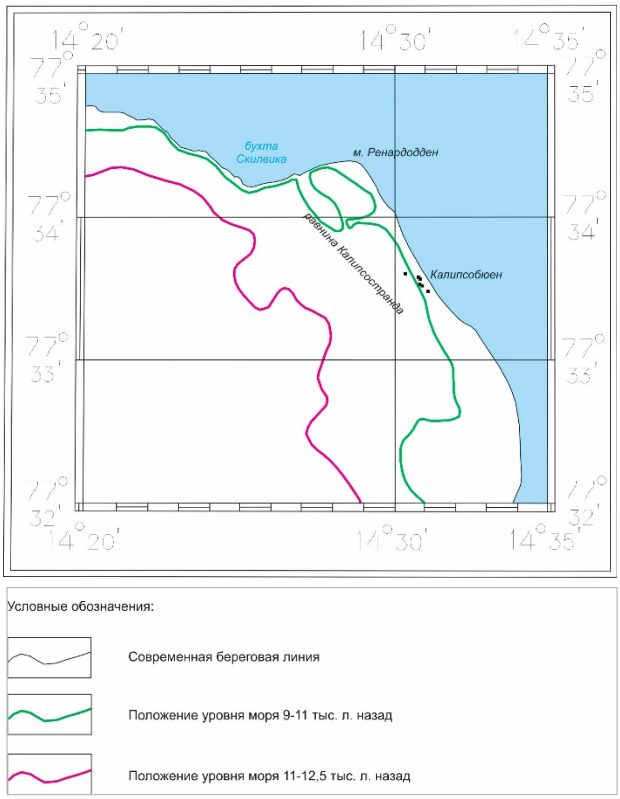


Рисунок 5.4 – Палеогеграфическая схема положения уровня моря на равнине Калипсостранда в периоды 9-11 и 11-12,5 тысяч лет назад

Исследования вечной мерзлоты на архипелаге Шпицберген

Выполнение исследований было направлено на продолжение, усовершенствование и расширение спектра режимных наблюдений за откликом вечной мерзлоты арх. Шпицберген на климатические изменения. Работы проходили в два этапа: весенний – бурение колонковым способом в долине Грёндален на участке береговой террасы (в 5 км от пос. Баренцбург) и на булгуняхе (в 22 км от пос. Баренцбург), летне-осенний - обустройство созданной мониторинговой сети на криосферном полигоне, снятие наблюдательных отсчетов согласно стандарту CALM в период максимального оттаивания деятельного слоя, а также рекогносцировка в районе пос. Пирамида (рис. 5.5).

При бурении скважин в долине реки Грён отбирались образцы на следующие виды анализов: геология, микробиология, влажность, изотопные анализы ледогрунта и льда (рис. 5.6.). После бурения обе скважины оборудовались под долговременный мониторинг температурного состояния мерзлоты, предположительно эти скважины будут использоваться для разовых ежегодных замеров температуры. Химический анализ водной вытяжки из мерзлых кернов и химический анализ льда ядра булгуняха в химико-аналитической лаборатории РАЭ-Ш, а также снегомерная съемка на полигоне мониторинга мощности сезонно-талого слоя выполнялись при участии специалистов-гидрологов по соответствующим общепринятым методикам.

В сентябре на криосферном полигоне проводились термометрические замеры и установка тепломера в скважину, измерения мощности сезонно-талого слоя, геодезические работы по привяке скважин к планово-высотной основе треста «Арктикуголь». Геодезическая съемка была сделана для точной привязки полигона и определения морфометрических параметров бугров пучения в долине Грендален. Площадка CALM, заложенная в пределах криосферного полигона, в 2016 г. была уменьшена до квадрата со стороной 50 м в соответствии с результатами наблюдений за мощностью СТС и снегонакопления, что обеспечивает более однородные условия. При этом шаг измерений был также уменьшен с 10 до 5 м (общее количество замеров 121), что позволило сохранить уровень статистической достоверности получаемых данных о мощности СТС.

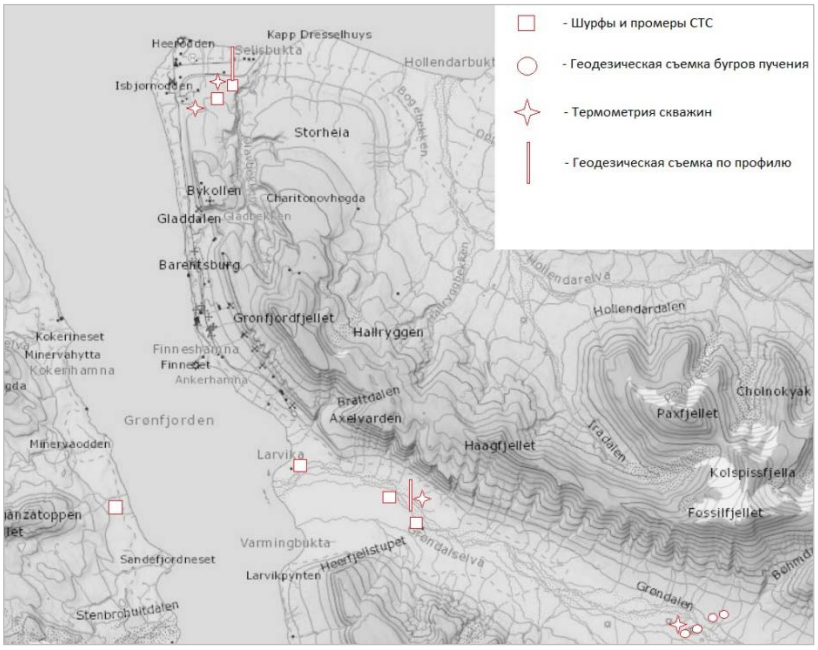


Рисунок 5.5 – Карта-схема районов проведения исследовательских работ

Исследования мерзлоты в долине Грёндален показали, что группа булгуняхов представляет собой геоморфологический и мерзлотный объект, генетически связанный с выходом долины из-под уровня моря и промерзанием морских отложений. Кроме того, булгунях интересен подверженностью к быстрой деградации в связи с потеплением климата. Полный цикл осадконакопления в долине р. Грён может быть изучен после углубления скважины №8 до скального ложа.

Рисунок 5.6 – Процесс колонкового бурения скважины 8 в долине Грендален установкой УКБ 12/25 (слева); фотодокументация мерзлых кернов из скв. 8 (справа)

Аналитические работы с кернами из данной скважины еще не проведены, но можно предположить следующий сценарий осадконакопления: В позднем голоцене относительный уровень моря был выше современного, и в долине в условиях фьорда отлагались относительно однородные глины и суглинки, свидетельствующие о спокойных условиях осадконакопления. Такие условия просуществовали до второй половины голоцена, когда началось обмеление фьорда. Верхняя песчано-гравелистая пачка была образована в пляжных условиях. После того, как верхняя часть долины, где расположены булгуняхи, вышла из-под уровня моря, началось промерзание морских отложений по сценарию так называемой открытой системы. В местах разгрузки подземных вод по тектоническим нарушениям началось образование инъекционных бугров пучения (булгуняхов). Данный сценарий их развития будет подтвержден или опровергнут после получения результатов проводимого в настоящее время изотопного анализа проб льда. Вопрос о сингенетическом или эпигенетическом типе промерзания слагающих террасу суглинков и глин с шлировой криотекстурой пока остается открытым. Следует отметить, что по результатам бурения

скважины №8 в районе расположения пос. Баренцбург впервые получены керны отложений, находящихся ниже уреза реки и моря, а, следовательно, ранее недоступные путем изучения береговых обнажений.

Мониторинг температуры многолетнемерзлых отложений

В пределах криосферного полигона оборудована скважина №12 глубиной 20 м для наблюдений за изменением температуры на глубине нулевых годовых амплитуд. В настоящее время в скважину установлена коса с температурными датчиками с шагом 0,75 м до глубины в 15 м. Среднегодовая температура на глубине 15 м по результатам измерений в течение года составила -2,31°С. Вторая термометрическая скважина (скв. № 2) пройдена в пределах полигона мониторинга мощности СТС. Глубина скважины 7,5 м, основная цель температурного мониторинга в данной скважине – наблюдение за проникновением в грунт изотермы 0 °С. Нулевая изотерма на момент проведения измерений находилась на глубине 140 см, что согласуется с результатами определения мощности СТС с помощью щупа; на глубине 7,5 м среднегодовая температура составила -2,25°С. Результаты разовых температурных замеров в скважинах № 8 и 9 показаны на рисунке 5.7.

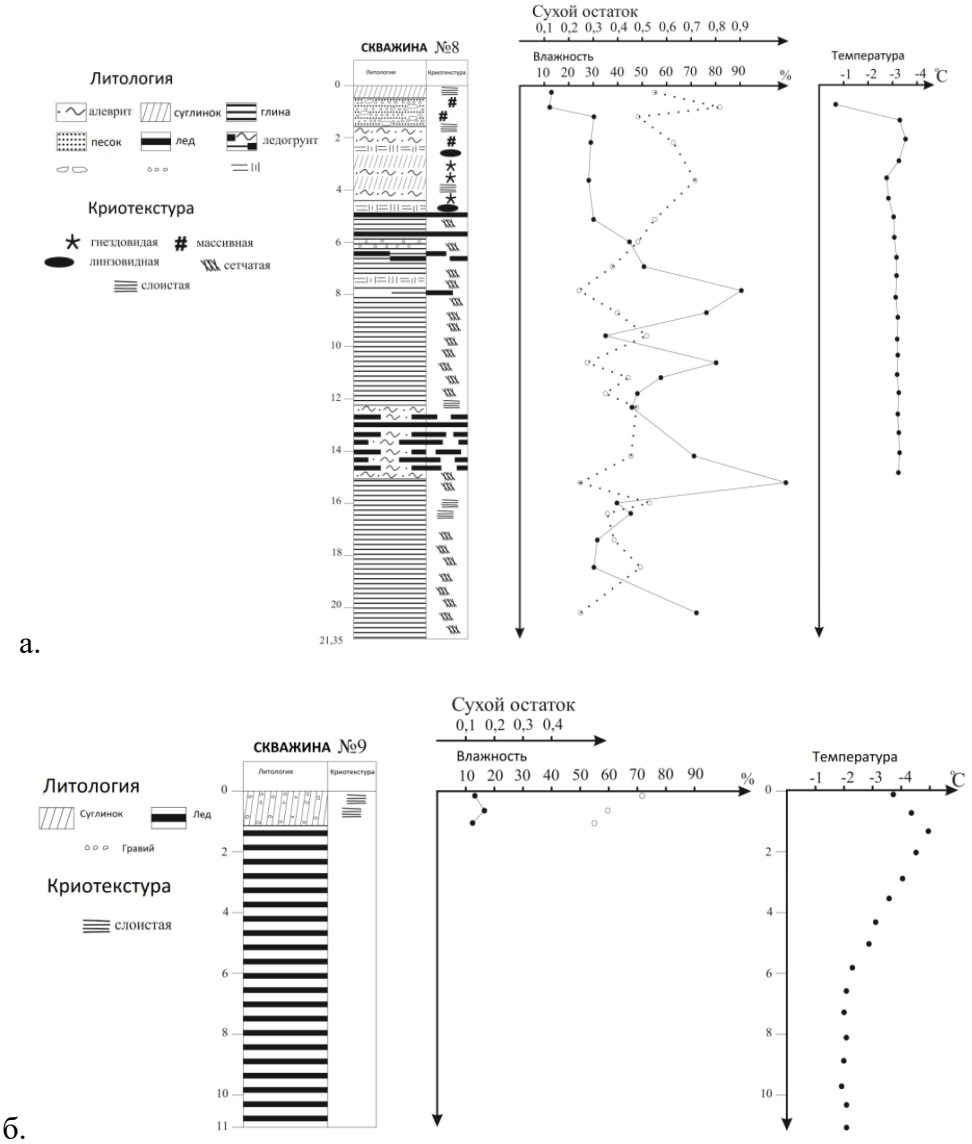


Рисунок 5.7 –криолитологическая колонка (а) скважины №8 и (б) скважины №9 с результатами определения сухого остатка, влажности и термометрии

Анализ водной вытяжки отложений скважины №8 показал значительную степенью засоления. Ни в одной из скважин, пробуренных в 2016 г., такая высокая степень засоления

не отмечалась. По характеру и степени засоления можно однозначно утверждать, что данные отложения сформировались в морских условиях. С момента накопления отложения не были распреснены талыми водами, а, следовательно, не выходили на земную поверхность в талом виде. Этот факт может в дальнейшем помочь диагностировать сценарий промерзания отложений. В настоящее время также проводятся минеральный и изотопные анализы данных ледяных кернов. В совокупности их результаты позволят проверить гипотезу об инъекционном генезисе ледяных бугров пучения.

Мощность СТС на мониторинговой площадке варьировалась от 115 до 159 см. Прямое сопоставление результатов измерений мощности СТС в 2016 и 2017 гг. невозможно, так как было изменено положение и шаг узлов сетки. Но можно отметить, что данные между двумя годами достаточно хорошо согласуются. Также следует отметить, что с изменением конфигурации площадки вариации мощности СТС, связанные с неоднородностью по площади рельефа, грунта, характеристик растительного покрова и других факторов значительно снизились, что делает ее более репрезентативной. Вблизи полигона CALM группой гидрометеорологов установлена градиентная метеомачта для отслеживания микроциркуляции приземного слоя атмосферы.

Рекогносцировочные работы в пос. Пирамида заключались в поиске и привязке термометрических скважин, пробуренных в советское время, с целью восстановления истории многолетних наблюдений за температурой мерзлых грунтов произведен Пирамида и его ближайших окрестностях. Часть скважин оказалась завалена при земляных работах, и единственная доступная для повторных измерений скважина на мостовом переходе через реку Мимер частично закупорена мусором и требует прочистки. В самом поселке сфотографированы и привязаны сохранившиеся скважины и трубки термостабилизаторов. Большая часть из них закупорена льдом и залита водой. Часть скважин заварена стальными заглушками с нанесенными номерами, и, возможно, такие скважины в будущем могут быть использованы для измерений температуры грунтов. Все они привязаны с помощью GPS и сфотографированы.

Мероприятие 6. Изучение формирования изотопного состава атмосферных осадков, вод суши и природных льдов района зал. Грёнфьорд.

Исследование концентрации тяжелых стабильных изотопов ($\delta^{18}O$ и δD) в природных водах в современном масштабе служит для изучения балансы массы ледников и для оценки доли талых ледниковых вод в речном стоке. Концентрация тяжелых стабильных изотопов в природных водых кроме того является комплексным климатическим параметром, характеризующим условия, при которых происходило формирование влаги. Изотопный метод поэтому широко применяется в палеоклиматологии, гидрологии и гляциологии для реконструкции прошлых изменений температуры, скорости снегонакопления, для выяснения происхождения природных вод и балансовых расчетов.

В 2017 г. отбор проб атмосферных осадков осуществлялся в поселке Баренцбург в течение года, во всех случаях их выпадения; выпавшие за сутки осадки переливались в герметичные пробирки и замораживались. Отбор остальных проб природной воды осуществлялся в маршрутах в июле – августе 2017 г. Маршруты по ледникам Альдегонда и Западный и Восточный Грёнфьорд строились таким образом, чтобы охватить как зону аккумуляции ледника, так и зону абляции. В зоне абляции пробы отбирались с равномерным шагом по линии тока для получения временной изменчивости, поскольку при движении по линии тока от зоны аккумуляции к языку ледника возраст поверхностного льда возрастает.

Маршруты по долинам рек Конгресс, Грёнфьорд, Бретьерна и Стемме строились так, чтобы охватить максимальное количество находящихся в долине озер и притоков основного русла. Пробы из притоков отбирались выше места их впадения в основное русло, пробы из основного русла – ниже впадения в него каждого из притоков. При возможности маршруты строились по разным бортам долин. Все пробы отбирались в герметичные пробирки,

которые в тот же день дополнительно обматывались герметизирующей пленкой типа PARAFILM и подвергались заморозке в морозильном ларе химико-аналитической лаборатории РАЭ-Ш. Всего отобрано 143 пробы воды и льда. Отобранные пробы доставлены в Санкт-Петербург и будут проанализированы в лаборатории ЛИКОС ФГБУ «ААНИИ».

В 2017 г. в лаборатории ЛИКОС были проанализированы пробы природной воды, отобранные в 2016 г. Анализ данных показал, что изотопный состав проб, отобранных на поверхности ледника Альдегонда однороден. Его значения близки к значениям изотопного состава атмосферных осадков. Для образцов, отобранных в озёрах характерны более высокие значения δ18O и δD при более низких значениях эксцесса дейтерия. Это свидетельствует о существенном вкладе испарения и/или подземных вод в водный баланс озёр. Это подтверждается и различными уравнениями зависимости между кислородом-18 и дейтерием (рис. 6.1) характерными для разных объектов на водосборе. Если уравнение линии метеорных вод на леднике близко к таковому для атмосферных осадков, то подобное уравнение для озёр существенно отличается.

а. б.

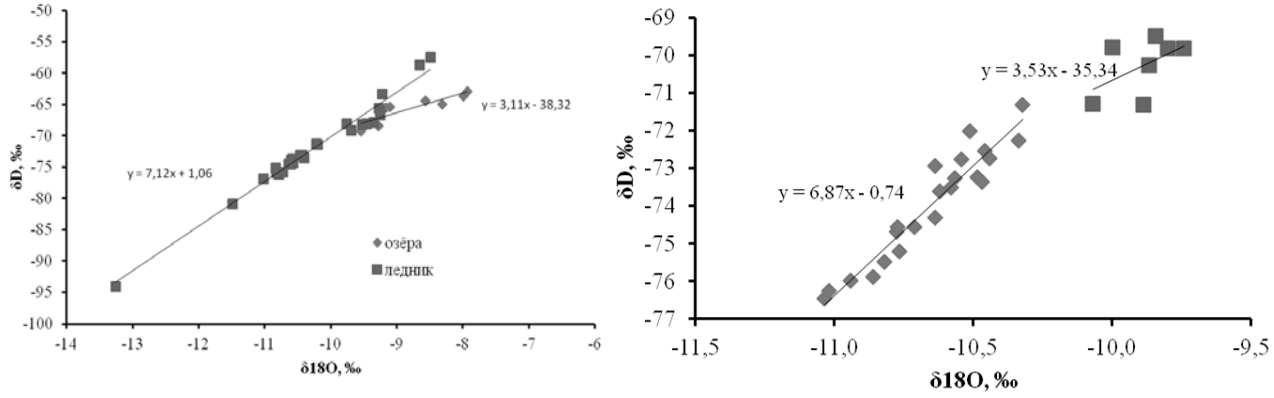


Рисунок 6.1 – Диаграммы зависимости δ18O и δD в пробах, отобранных (а) на леднике Альдегонда и в его долине и (б) в пробах из озера Конгресс и его притоков, где синими точками показаны притоки с атмосферным (ледник, осадки) питанием, а красными – притоки с подземным питанием

Наименьшие значения изотопного состава наблюдаются на снежнике на северном склоне, что объясняется низкой скоростью таяния в этом месте и, как следствие, сохранением зимних осадков. Изотопный состав проб, отобранных в гидрологическом створе Альдегонда близок к изотопному составу проб, отобранных на леднике, что подтверждает высокий вклад талой воды ледника в формирование стока, а также свидетельствует о правильном выборе точек пробоотбора на леднике.

Изотопный состав вод озера Конгресс и его притоков (рис. 6.2) показывает, что притоки разделяются на две группы с подземным и атмосферным питанием, что не совсем соответствует данным полевых наблюдений и требует дальнейшего исследования.

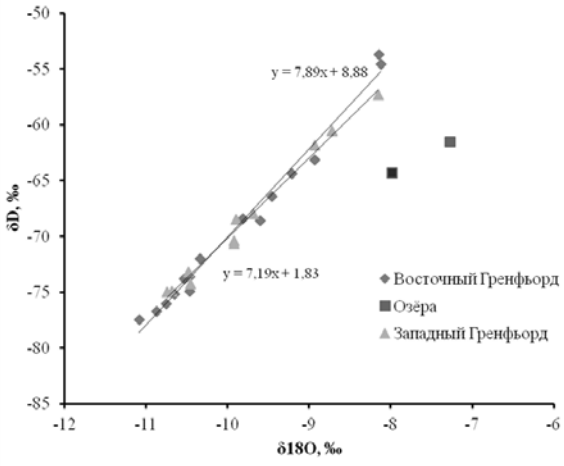


Рисунок 6.2 – Диаграмма зависимости δ18O и δD в пробах, отобранных на ледниках Восточный и Западный Грёнфьорд и в их долинах

Для ледников Западный и Восточный Грёнфьорд получен большой массив изотопных данных, который показывает, что изотопный состав проб в зоне абляции и в зоне аккумуляции отличается, при этом для зоны аккумуляции характерны более высокие значения, соответствующие летним осадкам. В зоне абляции изотопный состав более низкий, то есть талая вода содержит значительное количество осадков, выпавших в предыдущую зиму. На снежниках, в отличие от долины ледника Альдегонда наблюдается снег, выпавший в летний сезон. Погребённый лёд не отличается по изотопному составу от проб, полученных на леднике, что означает, что он имеет атмосферное происхождение. Озёра в долинах ледников отличаются по изотопному составу от атмосферных осадков (рис. 6.2), что может означать как высокий вклад испарения, так и подземных вод в водный баланс озера.

Пробы, отобранные на леднике Норденшельда (окрестности пос. Пирамида) отличаются по изотопному составу от всех проб, отобранных в окрестностях Баренцбурга. Это может объясняться как иными условиями формирования осадков, что влияет на их изотопный состав, так и лучшей сохранностью зимних осадков. Для уточнения причин этих различий необходим более детальный пробоотбор в окрестностях посёлка Пирамида.

Мероприятие 7. Сейсмические исследования динамики ледников архипелага Шпицберген

В августе-сентябре 2017 г на леднике Норденшельда (о-в Западный Шпицберген) были выполнены работы, которые являлись логичепским продолжением и развитием исследований ААНИИ предыдущих лет, и имели цели:

- изучение динамических характеристик ледника Норденшельда с помощью геофизических сейсмических методов измерения в сочетании с методом высокоточной спутниковой геодезии;
- получение новых данных о физико-механических процессах в системе «ледник-земля-океан»;
- совершенствование дистанционных методов мониторинга динамики ледника, включая удаленный мониторинг динамических характеристик ледника Норденшельда по организованному телеметрическому радиоканалу.

Для реализации перечисленных целей выполнялись следующие полевые исследования:

- Организация четырех точек наблюдений с установкой измерительных приборов (сейсмометра и инклинометра): двух точек на поверхности ледника Норденшельда, двух точек на скальных породах побережь, и установка автоматического волнографа на дне бухты Адольфа в непосредственной близости от ледника (рис. 7.1).
- Осуществление круглосуточных наблюдений параметров динамики ледника сейсмическим методом; синхронная регистрация вертикальных и горизонтальных колебаний блоков ледника и упругих колебаний в прибрежной скальной породе.
- Организация на леднике измерительного полигона из 10 точек, помеченных вехами. (рис. 7.2) для мониторинга горизонтального смещения ледника с помощью GNSS-приемника SOKIA GRX-1. Координаты базовой точки на морене и точек на леднике определялись с дискретностью 2-3 недели.
- Синхронная регистрация колебаний уровня акватории с помощью донного волнографа, выявление связи с колебаниями в леднике и в грунте.

Телеметрические данные, представляющие собой волновой профиль каналов Z, N, E, X, Y на частоте дискретизации 100 Гц, передавались на базу по радиоканалу в режиме реального времени.

Предварительный анализ данных наблюдений указывает на проявления механического взаимодействия блоков льда не только со скальными породами, но и между собой. В пунктах наблюдений Альфа, Бета и Гамма получены синхронные данные, указывающие на связь механических процессов как во льду, так и в скальном грунте вблизи фронта ледника. Все

процессы взаимодействия блоков обусловлены силами гравитации, явлениями упругости и ползучести льда на границах ледяных блоков и ложем.

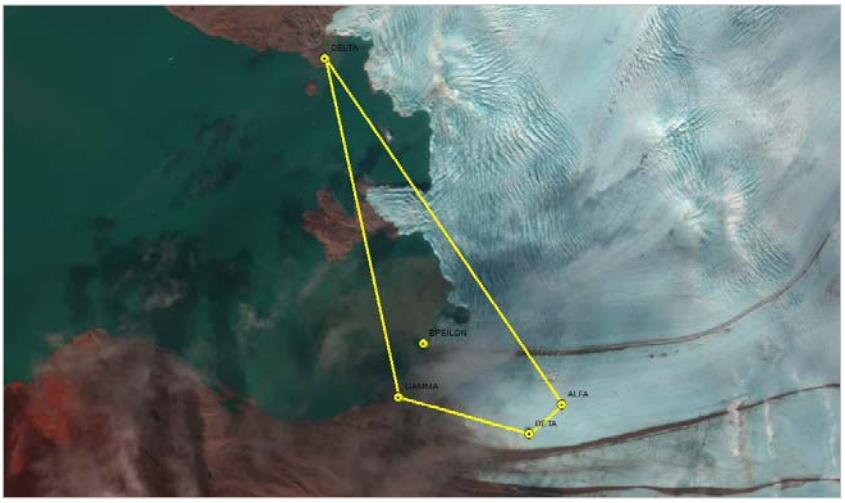


Рисунок 7.1 – Схема организации радиоканала для передачи данных в реальном времени

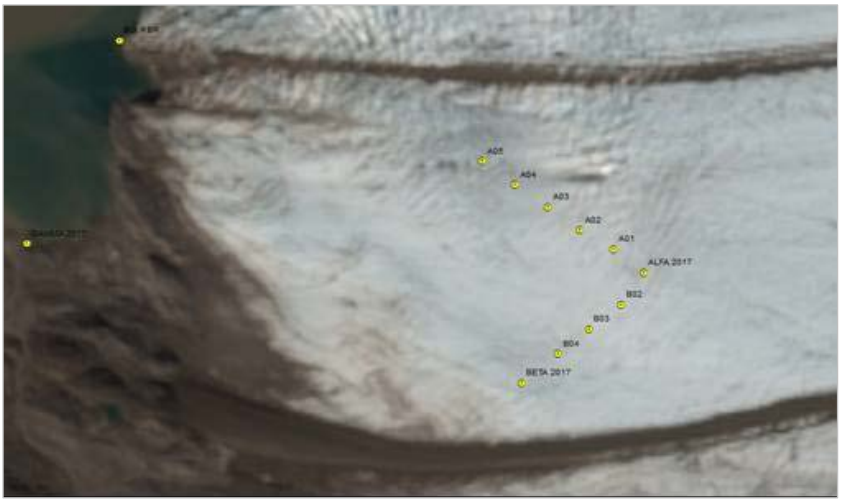


Рисунок 7.2 – Схема организации ледовых разрезов на леднике Норденшельда

Общее движение ледника обладает всеми признаками автоколебаний, которые являются внутренним свойством системы: ритм движения задается самой системой, а не периодическим внешним воздействием. Синхронное увеличение уровня колебаний берегового скального грунта и колебаний блоков указывает на геофизические масштабы процессов. Контакт льда и коренных пород – это одно из звеньев системы, генерирующей периодические подвижки ледника.

Под воздействием составляющей силы тяжести происходит рост напряжений на ледовых контактах, и при достижении предельных напряжений на срез/сдвиг происходит сдвиг/смещение массы ледника к берегу залива. Процесс повторяется, пока действует сила тяжести, а условия контакта удовлетворяют автоколебательной системе, обусловленной давлением и скоростью скольжения.

Отмечена связь колебаний скального грунта около фронта ледника с колебаниями блоков ледника. Обнаружены колебания прибрежного скального грунта около фронта ледника с периодом до 15 минут, природа которых пока не известна.

Анализ полученных видеоматериалов съемки фронта ледника показал, что на сегодняшний день фронт в южной части бухты Адольфа в своем основании по большей части лежит на скальном грунте, что делает невозможным образования айсбергов путем откола блоков от основного массива. Такая же картина наблюдалась и в северной части бухты Адольф. Разрушение стенок барьера ледника осуществляется, главным образом, за

счет откола небольших блоков льда с их дроблением во время падения от ударов об грунт или нижнюю часть барьера. В результате в воду попадают обломки льда не больше 2-3 м в диаметре. Обрушение блоков отколовшихся от ледника зафиксировать не удалось, из-за непродолжительного времени видеосъемки.

Получены новые данные о колебательных и волновых процессах уровня воды прилегающего фьорда. Волнографом зарегистрированы цуги свободных гравитационных волн в диапазоне периодов от 15 до 100 секунд (рис. 7.3). Амплитуда колебаний достигала 0,5 м. Высказана гипотеза, что данные колебания связаны с обрушением блоков ледника.

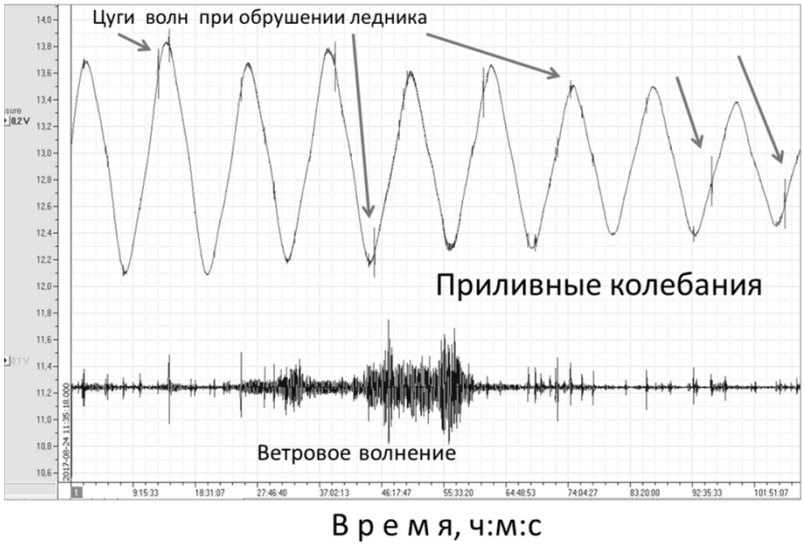


Рисунок 7.3 – Приливо-отливные колебания, ветровое волнение и цуги свободных гравитационных волн при обрушении блоков ледника. Запись 25 августа 2017 г.

Мероприятие 8. Геофизические исследования состояния магнитного поля Земли на архипелаге Шпицберген.

Геофизический полигон (ГП) является составной частью РНЦШ и предназначен для исследования естественных и искусственных мелкомасштабных ионосферных неоднородностей, создаваемых в полярной ионосфере, первичной обработки и анализа полученных данных, для передачи геофизической информации в базы данных РНЦШ в ФГБУ «ААНИИ» и создания на её основе информационных ресурсов о состоянии полярной ионосферы.

Комплекс геофизической аппаратуры в настоящее время включает магнитометрическую аппаратуру (запись вариаций магнитного поля в цифровом формате, индукционный магнитометр, деклинометр-инклинометр, система регистрации и накопления магнитовариационной информации), риометр (измерения вариаций космического радиоизлучения, обусловленных изменениями параметров нижней ионосферы) и комплекс определения электронной концентрации ионосферы с помощью навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS. Установленная аппаратура включена в постоянную работу и в настоящее время работает в режиме наблюдательской сети Росгидромета.

Данные с магнитометрической аппаратуры и риометра в режиме реального времени предаются в Полярный геофизический центр (ПГЦ) при ФГБУ «ААНИИ». Ежеминутно отправляются по протоколу UPD значения вариаций трех компонент E, H и Z магнитного поля Земли и значение риометрического поглощения. Каждые 10 минут передается дублирующая информация по протоколу SMTP на почтовый сервер. Трафик передачи суточной информации составляет 2 Мбайт/сутки. Таким образом обеспечивается объем передачи геофизической информации в 730 Мбайт в год.

В целях мониторинга естественных и искусственных возмущений полярной ионосферы (нагревный комплекс EISCAT, Норвегия) планируется (при обеспечении достаточного финансирования), оборудовать геофизический полигон аппаратурой прямой регистрации радиоизлучения от нагревного комплекса, четырехканальным КВ доплеровским комплексом «СПЕКТР», аппаратурой вертикального зондирования ионосферы «CADI», аппаратурой наклонного радиозондирования ионосферы сигналами с линейно-частотной модуляцией (НЗИ с ЛЧМ) и аппаратурой оптической диагностики верхней атмосферы.

Мероприятие 9. Спутниковый мониторинг акватории и побережья Северного ледовитого океана и арктических морей.

Важнейшим элементом инфраструктуры РАЭ-Ш ААНИИ является размещенный в пос. Баренцбург Выносной пункт приема-передачи спутниковой информации (ВППИ) (рис. 9.1). ВППИ представляют собой комплекс технических и программных средств приема, и первичной обработки спутниковой информации. Управление работой комплекса осуществляется из удаленного пункта управления и тематической обработки (УПУ), развернутого в здании ААНИИ в Санкт-Петербурге. Техническое обслуживание комплекса, первичная обработка и отправку информативных с точки зрения отображения ледяного покрова спутниковых данных.осуществляет инженер-оператор непосредственно в Баренцбурге.

Тем самым ВППИ обеспечил круглосуточный прием и передачу в ААНИИ плановой гидрометеорологической информации, которая использовалась в целях:

- мониторинга ледовых и гидрометеорологических условий на акваториях СЛО;
- обеспечения безопасности мореплавания на акваториях СМП, а также Баренцева, Белого и Балтийского морей;
- обеспечения безопасности деятельности по освоению месторождений углеводородного сырья на шельфе и побережье арктических морей.

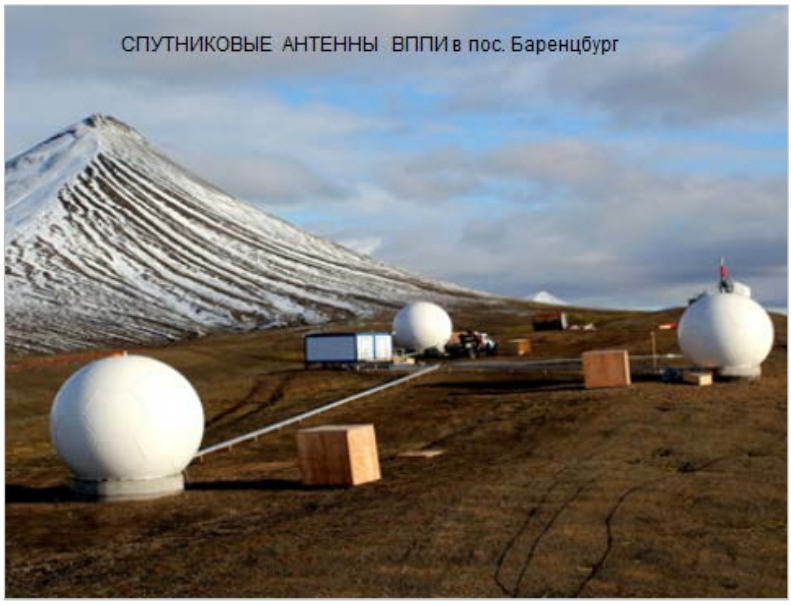


Рисунок 9.1 – Спутниковые антенны ВППИ в пос. Баренцбург

Выгодное географическое положение обеспечивает ВППИ на Шпицбергене ряд существенных преимуществ по сравнению с другими отечественными пунктами приема спутниковой информации (Санкт-Петербург, Обнинск, Новосибирск, Хабаровск). Во-первых, зона обзора ВППИ в Баренцбурге почти полностью охватывает акваторию Северного Ледовитого океана, во-вторых, над архипелагом находится точка схождения орбит спутников ДЗЗ, благодаря чему эти спутники попадают в зону видимости ВППИ. При

условии одновременной работы трех станций это обеспечивает прием максимально возможного количества информации.

Основу комплекса составляют три станции MEOS 3,8 м, изготовленные норвежской компанией Kongsberg Spacetec AS и установленные на горе Бюколлен (пос. Баренцбург):

– станция meos-bg1 – для приема данных L-диапазона со спутников системы NOAA, METOP, FY3;
– станция meos-bg2 – для приема данных X-диапазона со спутников TERRA, AQUA, SuomiNPP;
– станция meos-bg3 (резервная) – для приема данных L-диапазона и X-диапазона со спутников системы NOAA, METOP, TERRA, AQUA, FY3.

В течение 2017 г. зимовочным составом РАЭ-Ш обеспечивались прием, первичная обработка и передача в ААНИИ и систему ЕСИМО гидрометеорологической информации (табл.9.1). Для передачи использовался широкополосный интернет – канал, предоставляемый по контракту с ААНИИ норвежским оператором Telenor.

ВППИ работал круглосуточно, серьезных сбоев в его работе допущено не было, за исключением нескольких случаев, когда из-за сложных погодных условий у Telenor возникали технические проблемы с передачей трафика по радиорелейной линии. Тематическая обработка всей принимаемой спутниковой информации для картирования льда осуществлялась в ААНИИ.

Таблица 9.1. Объем переданной ВППИ гидрометеорологической информации в 2017 г.

	1 кв	2 кв	3 кв	4 кв (на 14.11.2017)	Всего за год
Кол-во сеансов приема информации с ИСЗ	11 172	8 513	7 410	2 640	29 735
Кол-во подготовленных и переданных в ААНИИ tif - файлов	4 656	5 447	4 378	1 545	16 026

В марте и октябре 2017 г. ВППИ инспектировала комиссия Губернатора Шпицбергена, в состав которой входили представители Государственного управления связи Норвегии и Норвежского института оборонных исследований. Такие проверки работы спутниковых станций предусмотрены норвежским законодательством. Результаты проверок положительные, замечаний нет, о чем засвидетельствовано в официальных Заключениях.

Мероприятие 10. Экологические исследования.

В 2017 г экологические исследования на базе химико-аналитической лаборатории проводились по нескольким направлениям: продолжилось изучение содержания ртути, а также других тяжелых металлов, в морской экосистеме, проводился мониторинг состояния приземного воздуха с помощью анализаторов станций контроля качества атмосферного воздуха (ККАВ), осуществлен проект по определению локальных источников полициклических ароматических углеводородов, а также велись поисковые исследования фторорганичсеких соединений в районе Баренцбурга.

1. *Изучение загрязненности атмосферного воздуха и объектов экосистемы ртутью и тяжелыми металлами*

Годовой и суточный цикл содержания ртути в приземном воздухе представляет особый интерес в условиях низких температур и многолетней мерзлоты. С начала года данные по концентрации ртути поступали ежедневно с дискретностью 10 минут с обоих анализаторов ртути РА-915М в составе станций ККАВ, установленных в поселке вблизи лабораторного корпуса и на горе.

В зимний период концентрации не имеют устойчивого суточного хода, однако в теплый период начинает отмечаться суточный цикл возрастания и снижения концентраций.

Очевидно, он связан как с испарением атомарной ртути с поверхности почвы, так и в большой степени с режимом местной электростанции, работающей на угле, содержащим ртуть наравне с другими элементами.

Годовой ход концентраций ртути от холодного к зимнему сезону не отмечается. Однако заметно, что содержание ртути в воздухе поселка постоянно выше, чем на горе над поселком (рис. 10.1).

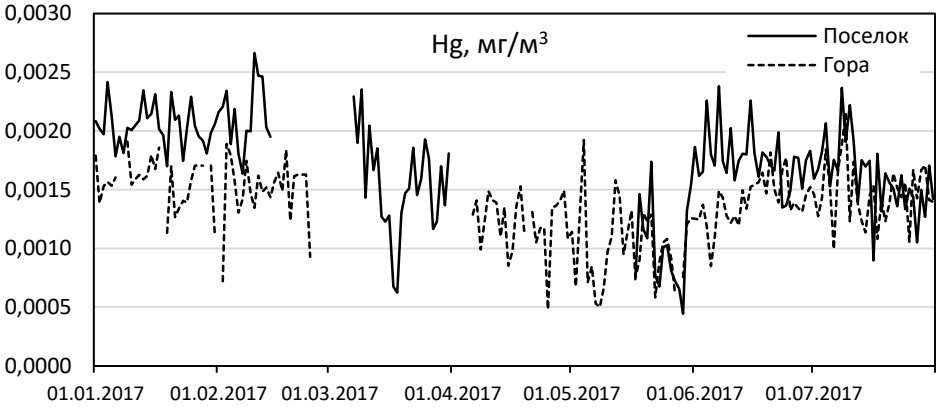


Рисунок 10.1 – Содержание ртути в воздухе на двух станциях с января по август 2017 г.

В 2017 г. продолжены совместные исследования Мурманского морского биологического института и ААНИИ по изучению миграции экологических токсикантов в экосистемах заливов Шпицбергена. Исследования по определению содержания тяжелых металлов (ТМ) в воде, донных отложениях и бентосе выполнены в заливах Биллифьорд, Исфьорд и Грёнфьорд. Отбор проб, а также определение видов бентосных организмов были выполнены 21–24 июля 2017 г. с борта научно-исследовательского судна «Дальние Зеленцы» специалистами ММБИ и ААНИИ: Е.А. Гарбулем и Н.Н. Фатеевым. Сетка станций представлена на рис. 10.2А.

Камеральные исследования выполнены во время полевых работ на арх. Шпицберген, аналитические работы в лаборатории РНЦШ активно проводились в октябре 2017 г. и будут продолжены зимой.

Пробы воды, были отобраны батометром с поверхностного и придонного горизонтов, а также по два образца и толщи воды на каждой станции, пробы донных отложений с поверхностного слоя дна (0–5 см) во время отбора бентоса с глубин от 86 (ст.67) до 240 м (ст.68), в среднем 166±2 м. Бентос пробы отбирали из дночерпателя Ван Вина. Для мелких организмов были составлены совокупные пробы (2–40 экземпляров); для крупных – проба была представлена одной особью. Определение бентосных организмов выполнено н.с. ММБИ О. Л. Зиминой. Полихеты определяли по И.А.Жиркову [1], моллюсков, иглокожих сипункулид и др. по Н.С. Гаевской [2].

Образцы воды, донных отложений и бентоса были отобраны на 13 станциях в акватории. Всего отобрано 37 проб морской воды, в которых проведены определения pH, силикаты и фосфаты, формы растворенного углерода и азота в лаборатории Баренцбурга. Отобрано и проанализировано на содержание ртути и тяжелых металлов 6 проб донных отложений. Всего проанализировано 28 образцов бентоса разного типа на содержание тяжелых металлов.

Определение содержания общей ртути выполнено на базе химико-аналитической лаборатории методом беспламенной атомной абсорбции на анализаторе ртути РА-915+ с приставкой ПИРО. Другие тяжёлые металлы, включая ванадий (V), хром (Cr), марганец (Mn), железо (Fe), кобальт (Co), никель (Ni), медь (Cu), цинк (Zn), мышьяк (As), кадмий (Cd), олово (Sn) и свинец (Pb) измерялись методом атомно-абсорбционной спектроскопии на Shimadzu AA7000. Все химические анализы выполнены Н.Н.Фатеевым.

Для выделения особенностей распределения металлов в донных осадках и бентосных организмах использовался многомерный анализ (метод главных компонент).

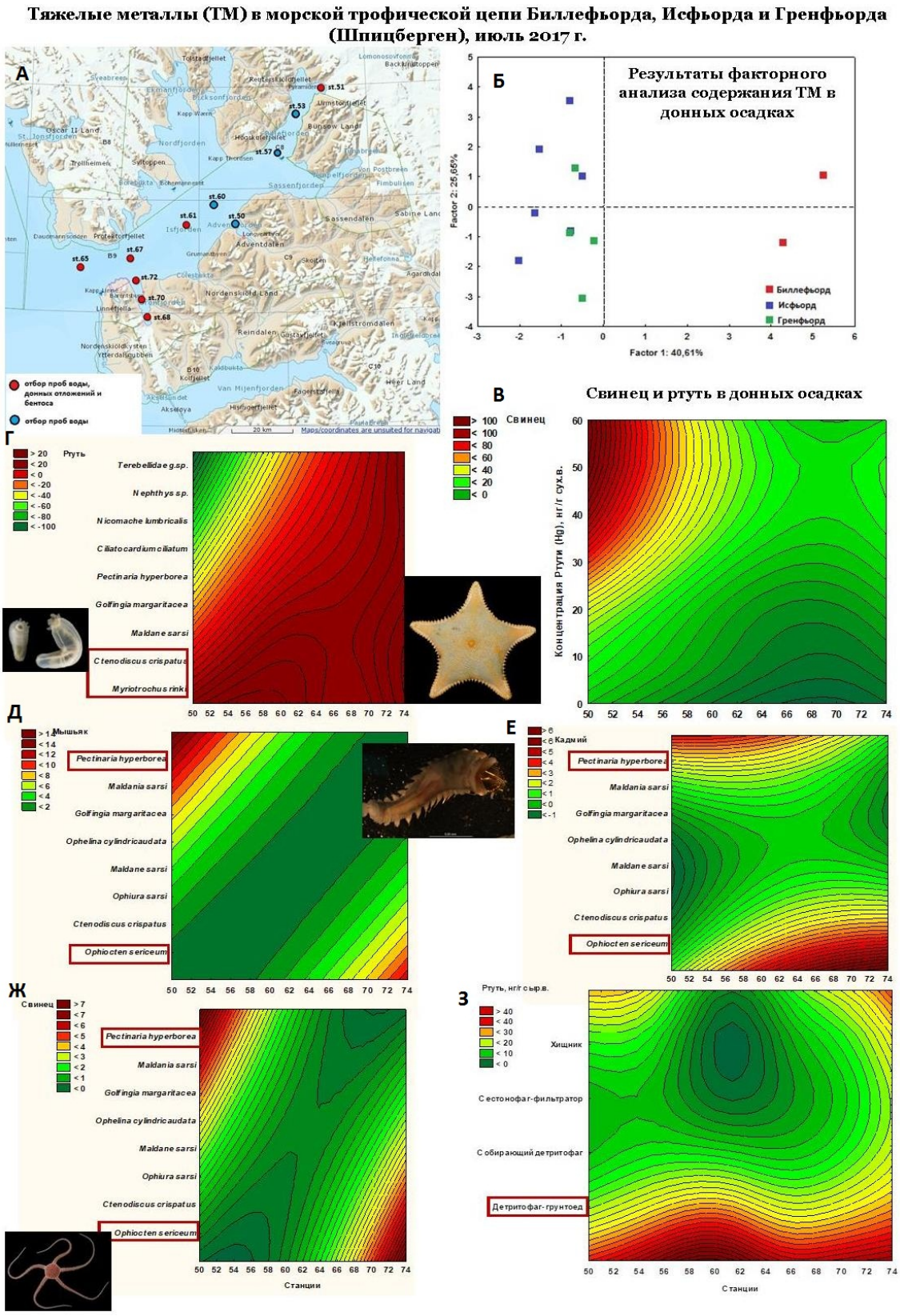


Рисунок 10.2 – Тяжелые металлы в морской трофической цепи Биллефьорда, Исфьорда и Гренфьорда (арх. Шпицберген) в июле 2017 г. А – сетка станций отбора проб; Б – результаты факторного анализа содержания ТМ в донных осадках в трех фьордах; сопряженное распределение Hg и Pb в донных осадках; Г – содержание Hg в бентосных организмах; Д – содержание As в бентосных организмах; Е – содержание Pb в бентосных организмах; З – содержание Hg в бентосных организмах с разной специализацией на разных станциях

Основные результаты исследований

Многомерный анализ особенностей распределения металлов в донных осадках заливов Исфьорда показывает, что варьирование корреляционной матрицы объясняется повышенными концентрациями ртути и недостатком хрома, марганца, кобальта и никеля (вклад в первый фактор), а наиболее специфичным является распределение металлов в Биллефьорде (рис. 10.2Б). Здесь наблюдаются самые высокие концентрации Cr, Mn, Co и Ni в донных осадках. Мы наблюдали умеренную положительную корреляцию V, Cr и Pb с глубиной. В донных осадках наблюдается сильная положительная взаимосвязь между содержанием Cr и Ni, Co и Ni, Pb и Ni. Высокие концентрации Pb и Hg отмечены в Биллефьорде (рис. 10.2В).

Ртуть в большей степени аккумулировалась видами детритофагами-грунтоедами на всех станциях (рис.10.2Г), свинец, кадмий и мышьяк (рис. 10.2Д, Е, Ж, З) у этой группы организмов аккумулировались преимущественно в Грёнфьорде; наименьшие концентрации отмечены у сестонофагов-фильтраторов (рис. 10.2З). Таким образом, по предварительным данным можно сделать вывод, что ТМ в большей степени аккумулировали бентосные организмы детритофаги-грунтоеды в менее глубоководных фьордах. Исследования будут продолжены в 2018 г.

В 2018 году готовиться к выходу статья: Лебедева Н. В., Зимина О. Л., Фатеев Н. Н., Никулина А. Л., Берченко И. В., Мещеряков Н. И. (2018) Ртуть в гидробионтах и среде обитания Грен-фьорда (Западный Шпицберген) ранней весной// Геохимия. № 4. (Geochemistry International, ISI, SCOPUS, РИНЦ). Выйдет в апреле 2018

Список использованных источников:

[1] Жирков И.А. Полихеты Северного Ледовитого океана. М.: Янус-К, 2001.– 632 с.

[2] Гаевская Н.С. (ред.) Моллюски, иглокожие, сипункулиды и др. Определитель фауны и флоры северных морей СССР. – М.: Советская наука, 1948. – 736 с.

2. *Мониторинг состояния приземного воздуха*

В декабре 2016 г. были полностью запущены анализаторы станций контроля качества атмосферного воздуха, установленных в поселке и на горе над пос. Баренцург (рис. 10.3а).

Станции оснащены измерительными приборами Environement S.A. и «Люмэкс» и анализируют воздух в режиме реального времени на оксиды азота, оксид серы и сероводород, озон, углекислый и угарный газ, газообразную ртуть и пыль (рис. 10.3б). Параллельно производятся измерения метеорологических параметров станциями Vaisala. В 2017 г. станции работают в тестовом режиме: выясняется необходимая частота технического обслуживания (смены шлангов, фильтров, очистки детекторов, проверки/смены насосов и др.), оптимальный температурный режим в помещениях, необходимой для бесперебойной

а.

б.

Рисунок 10.3 – (а) Расположение станций контроля качества атмосферного воздуха в пос. Баренцбург и (б) внутренний вид станции на горе

работы газоанализаторов, состояние интернет-сети для передачи данных в лабораторию, проводится закупка необходимого для калибровки оборудования и поверочных газовых смесей.

Анализ непрерывных рядов концентраций проводится по мере поступления данных, однако выводы по анализу одного года сделать сложно. Сезонная динамика относительно хорошо выражена у консервативных газов (диоксид углерода, озон) (рис. 10.4), в то время как оксиды серы и азота поступают от локальных источников загрязнения (транспорт, ТЭЦ) и при сильном влиянии метеорологических факторов на распространение примесей, практически не имеют выраженного сезонного хода. Так концентрации диоксида серы, фиксируемые станцией Гора, часто оказываются выше концентраций непосредственно в поселке и в целом не коррелируют, что очевидно определяется частой температурной инверсией и преобладающими ветрами южных направлений (рис. 10.5). Концентрации в воздухе мелкодисперсной пыли также зависит от выбросов ТЭЦ, влажности воздуха и направления ветра.

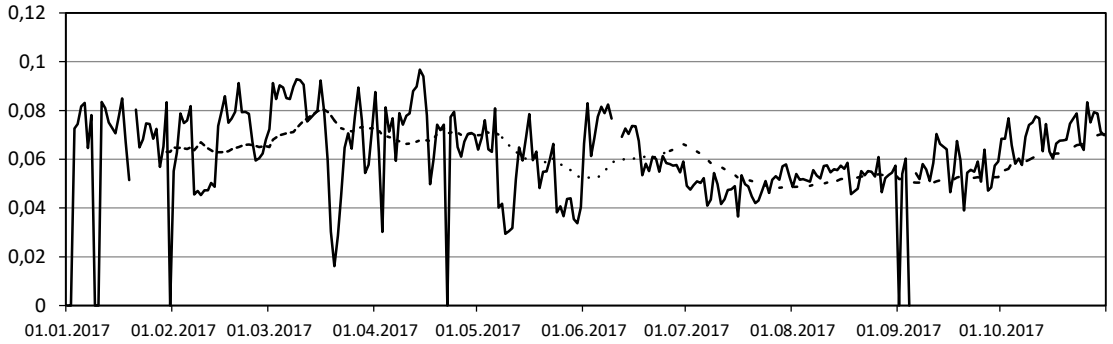


Рисунок 10.4 – Содержание озона (мг/м^3) в приземном воздухе с января по ноябрь 2017 г. на станции Гора, пунктир – аппроксимирующая кривая

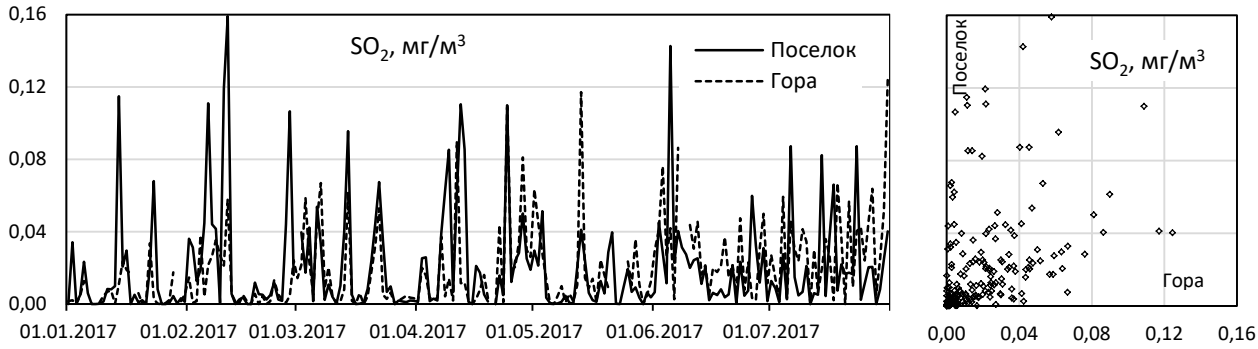


Рисунок 10.5 – Распределение концентрации диоксида серы в приземном воздухе с января по август 2017 г. на двух станциях (слева) и отношение концентраций диоксида серы, в поселке и на горе (справа)

Распределение и соотношение оксидов азота требует детального рассмотрения. Вероятно, содержание оксидов азота в воздухе Баренцбурга отчасти повышается в летний период с возрастанием движения кораблей, а также в результате жизнедеятельности микроорганизмов, но во многом определяется и приходящей радиацией, сменой полярного дня и ночи.

Сбор данных со станций ККАВ будет продолжаться в 2018 г., данные необходимо анализировать совместно с метеорологическими характеристиками, приходящей ультрафиолетовой радиацией, аэрозольными характеристиками атмосферы, сроками вегетативной активности, а также режимом работы ТЭЦ и движения судов, так как в пос. Баренцбург велико влияние локальных факторов на качество воздуха.

3. *Мониторинг загрязнения снежного покрова полициклическими ароматическими углеводородами*

Пос. Баренцбург располагается в районе, удаленном от влияния массовых источников ПАУ, что представляет особый интерес для исследования вклада локальных источников загрязнения, таких как ТЭЦ, работающей на сжигании угля, непосредственные места хранения добываемого в поселке угля, а также ПАУ, поступающие в окружающую среду за счет сгорания топлива в двигателях грузового и снегоходного транспорта. Основной целью работы было определение концентраций 16 основных ПАУ в поверхностном снежном покрове в местах более всего подверженных влиянию местных воздействий, и таким образом получить «мгновенный снимок» загрязнения, источников и возможных путей трансформации загрязняющих веществ. Одновременно концентрации тех же 16 веществ определялись в снеге девяти фоновых областей, расположенных хоть и в удаленных от посёлка районах, но возможно подверженных влиянию трансграничного переноса загрязняющих веществ из Европы.

Полевые и аналитические работы проводились в течение одного месяца с 26 апреля по 26 мая 2017 года. В ходе полевых работ было проведено 4 серии отбора образцов снега в областях, наиболее подверженных влиянию локальных источников. Серии образцов отбирались на снегоходной трассе в долине реки Грён; вдоль трассы грузового транспорта от вертолетной площадки в направлении рудника; из района порта; с угольного склада; подфакельным методом по направлению преобладающего ветра от ТЭЦ; радиально вокруг ТЭЦ на расстоянии примерно 100 метров от источника выбросов (рис. 10.6). На 35 точках в пос. Баренцбург и в окрестностях было отобрано 82 пробы (в двух и трех повторностях на одной точке). В химико-аналитической лаборатории был выполнен анализ 82 образцов фильтрата и 51 образец взвешенного вещества с фильтра (рис. 10.7). Пробоподготовительные и аналитические работы велись сотрудниками РАЭ-Ш – аналитиком А.А. Козловой и стажером Е.В. Михеевой.

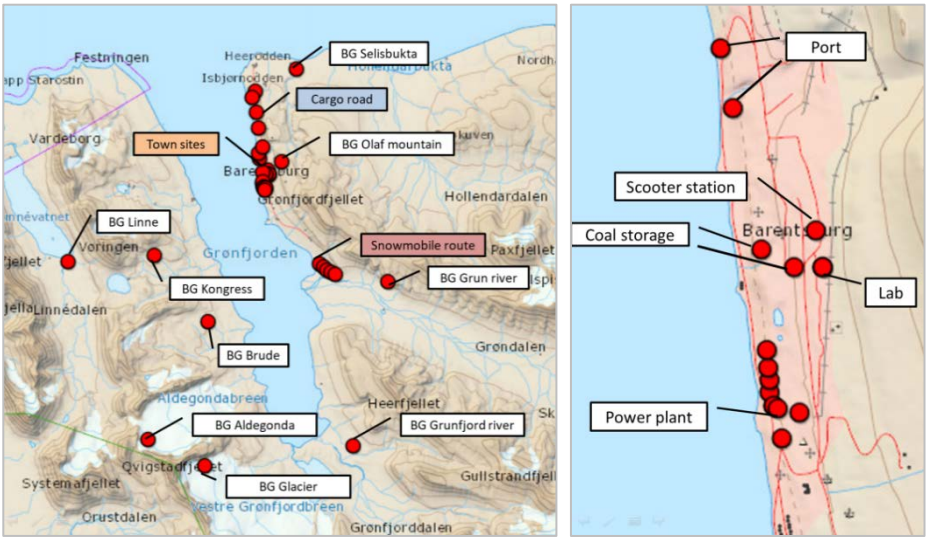


Рисунок 10.6 – Карта-схема точек отбора проб для определения ПАУ, BG- фоновая точка

Количественный химический анализ осуществлялся методом жидкостной хроматографии на Shimadzu LC-20AD Prominence с флуоресцентным и диодно-матричным детекторами. Результаты измерений, полученные жидкостным хроматографом, пересчитывались с учетом объема взятой пробы и степени извлечения компонентов, определенной после проведения экстракции образцов с известной концентрацией перед началом измерений. В качестве стандартов при калибровке хроматографа использовалась аттестованная смесь ПАУ 16 с массовой концентрацией компонентов 500 мкг/мл (PAH Mixture PM-831-1, 500 µg/ml, Ultra Scientific).

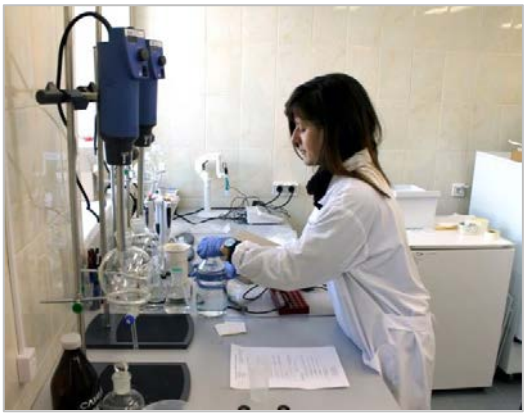
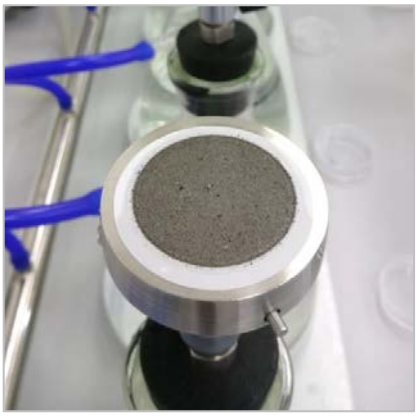
а.  б. 

Рисунок 10.7 – (а) Подготовка образцов талой воды для анализа; (б) Взвешенное вещество после фильтрации образцов талого снега, отобранного вблизи ТЭЦ

По результатам повторных измерений была рассчитана средняя концентрация каждого из определяемых соединений как в фильтрате, так и во взвеси на фильтре для каждого образца и для серий образцов (Табл. 10.1).

В снеге городской зоны были обнаружены ПАУ как пирогенного, так и петрогенного происхождения. В зависимости от места отбора проб, наблюдалось преобладание одного или другого типа загрязняющего вещества по происхождению (рис. 10.8). Общая концентрация ПАУ как в растворенных фракциях, так и связанных со взвешенным веществом, в городской области колебалась от 63,72 нг/л вдоль грузовой дороги до 578,51 нг/л талой воды вблизи электростанции, работающей от сжигания угля.

Таблица 10.1. Общее содержание 16 ПАУ для каждого района и его распределение между растворенной и сорбированной на частицах долях.

Район отбора проб	∑ ПАУ, нг/л	∑ ПАУ в фиильтрате, нг/л	Доля растворенных ПАУ, %	∑ ПАУ во взвеш. в-ве, нг/л	Доля ПАУ связанных со взвеш. в-вом, %
Снегоходная трасса	87,84	67,82	77	20,02	23
Вблизи лаборатории	123,73	46,34	37	77,39	63
Грузовая дорога	63,72	39,79	62	23,92	38
ТЭЦ	578,51	13,93	2	564,58	98
Порт	126,00	47,58	38	78,42	62
Углехранилище	940,29	108,62	12	831,68	88
Фоновый район 1[1]	26,94	26,94	100	0,00	0
Фоновый район 2[2]	21,77	21,77	100	0,00	0

[1] среднее значение концентрации ПАУ в районе р. Грёнфьорд;
[2] среднее значение концентрации ПАУ для района оз. Линне. В образцах снега, отобранных на других фоновых территориях, концентрации ПАУ не превышали пределов обнаружения.

Фенантрен в смеси ПАУ доминирует как в растворенной форме, так и в связанном с взвесью состоянии. Это соединение является довольно стабильным и выделяется не только при неполном сжигании угля, но и при сгорании дизельного и бензинового топлива в двигателях снегоходов и автомобилей. Фенантрен был обнаружен как в районах, подверженных влиянию снегоходного и грузового транспорта, так и в районе ТЭЦ (рис.10.9) и хранилища угля. В дни, когда отбирался и обрабатывался свежевыпавший снег, можно наблюдать небольшое увеличение концентрации фенантрена. Фенантрен также обнаружен в районах, выбранных как фоновые.

Более тяжелые соединения, такие как дибензо(a,h)антрацен и бензо(а)антрацен, были обнаружены в концентрациях 15,83-43,43 нг/л и 12,97-90,51 нг/л в соединении с твердыми частицами и в талой воде соответственно. Эти соединения были обнаружены вблизи хранилища угля и в районе электростанции.

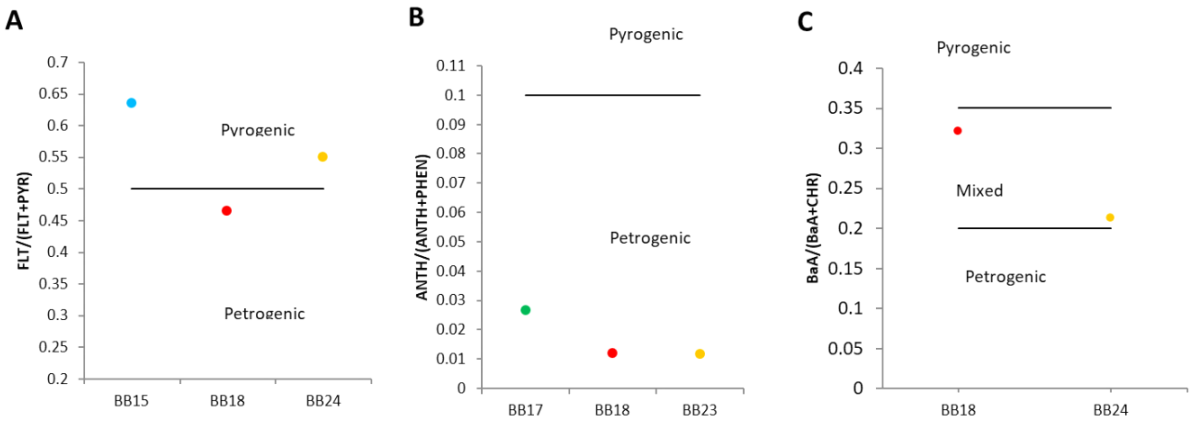


Рисунок 10.8 – Диагностические соотношения компонентов смеси ПАУ во взвешенном веществе снега, отобранного зеленая точка – порт; синяя – грузовая дорога; желтая – ТЭЦ; красная – углехранилище

Незначительные концентрации карценогенного бенз(а)пирена во взвешенном веществе были найдены в снежном покрове в городе в местах стоянки снегоходов и у ТЭЦ. Другие загрязняющие вещества, такие как аценафтилен, обладают высокой фотохимической активностью, и, по-видимому, за короткое время деградируют в другие соединения, вследствие чего в смеси не обнаруживаются. Для районов, в которых воздействие загрязняющих веществ ограничено (фоновые области), концентрации определяемых ПАУ не достигают пределов количественного определения.

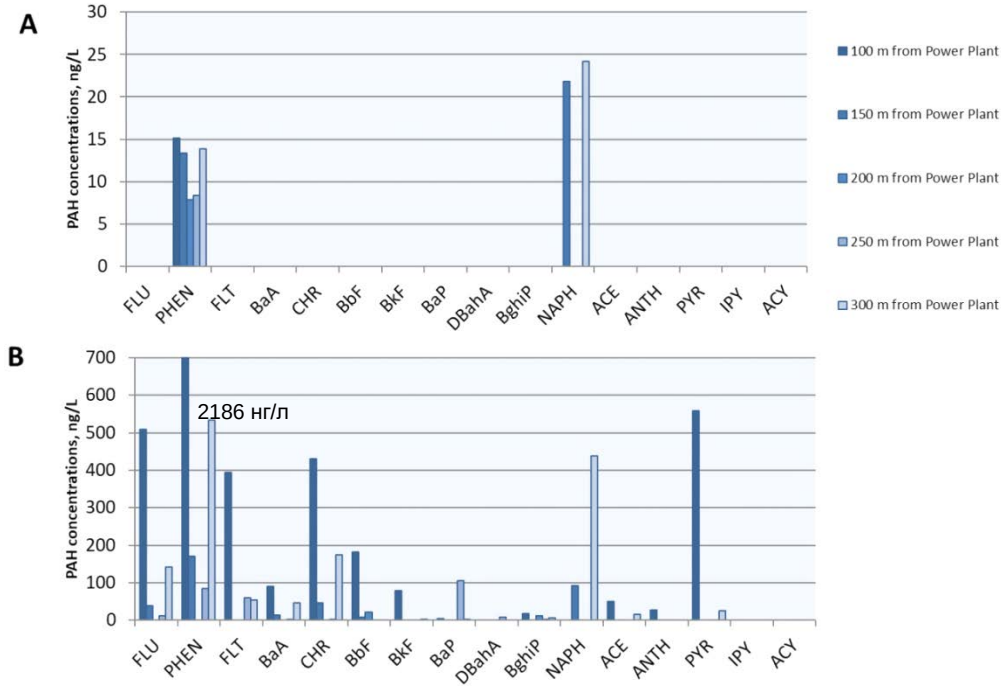


Рисунок 10.4 – Содержание ПАУ (нг/л) в фильтрате (А) и в связанной со взвешенным веществом форме (В) в поверхностных образцах снега, отобранного подфакельно на расстоянии от ТЭЦ 100, 150, 200, 250 и 300 м

Нафталин встречается в пробах из различных районов, однако распределение содержания нафталина указывают на то, что его основным источником является транспорт. На снегоходной трассе нафталин найден в значимых концентрациях, однако на грузовой дороге концентрации этого соединения ещё выше. В районе ТЭЦ в оба дня исследования концентрации нафталина практически не превышают нижний предел обнаружения.

Во взвешенном веществе, собранном на фильтры, в значимых количествах наблюдаются все выбранные для анализа ПАУ кроме индено[1,2,3-cd]пирена и аценафтена. Однако однозначно интерпретировать эти данные и оценивать по ним количество ПАУ, привносимых в окружающую среду в результате сгорания топлива, нельзя, так как большинство этих соединений содержится в самом каменном угле. Тем не менее, помимо загрязняющего агента, уголь может также играть роль сорбента, накапливая на своей поверхности некоторые ПАУ, в зависимости от пористости частиц угля и свойств и размеров молекул отдельных ПАУ.

К основным выводам по результатам исследования текущего содержания («мгновенного снимка») ПАУ в верхнем слое снега пос. Баренбург и окрестностях можно отнести следующие:

- В то время как содержание ПАУ в снежной толще представляет собой результат накопления за весь сезон от разных источников, исследование верхнего снежного слоя позволяет определить факторы, в данный момент влияющие на распределение загрязняющих веществ, а также оценить процессы их трансформации в среде
- Основными источниками поступления ПАУ в снежный покров в Баренцбурге являются транспортные средства (грузовой транспорт, снегоходы, в меньше степени пассажирские автомобили), неполное сгорание угля на ТЭЦ и необработанный уголь, хранящийся в поселке. На фоновых территориях не кумулятивные концентрации ПАУ находятся ниже предела обнаружения используемой методики и оборудования.
- ПАУ, связанные со взвешенным веществом, имеют значительно большую концентрацию, чем растворенные формы во всех районах исследования, находящихся под воздействием человека.
- Основные компоненты смеси ПАУ, найденные в растворенной форме, фенантрен, нафталин и флуорен. Флуорен и нафтелен поступают в среду в результате неполного сгорания дизельного и бензинового топлива, фенантрен же может поступать в снег и в результате неполного сгорания угля.
- Распространение ПАУ, поступающих в атмосферу в результате работы ТЭЦ, определяется не только расстоянием от источника, но во многом атмосферными условиями – турбулентностью, скоростью и направлением ветра. Физико-химические свойства, такие как растворимость, молярная масса и фотохимическая реактивность в условиях полярного дня также значительно влияют на содержание ПАУ.
- Несмотря на то, что наблюдается различие у ровней ПАУ внутри посёлка и вблизи него в зависимости от преобладающего источника, уникальность места – добыча и хранение угля, и сжигание добытого угля на ТЭЦ не позволяет достоверно разделить влияние источников используя диагностические соотношения отдельных ПАУ.
- Туризм начинает оказывать всё более заметное воздействие на окружающую среду, что подтверждается повышенными уровнями ПАУ в снежном покрове вдоль снегоходной трассы.
- Значительная роль в распределении ПАУ зимой в снежном покрове принадлежит метеорологическим условиям, по крайней мере в краткосрочном масштабе.

На основе результатов, полученных в химико-аналитической лаборатории Баренцбурга, Михеева Е.В., студентка магистерской программы Полярные и морские исследования СПбГУ, защитила магистерскую диссертацию по направлению 022000 «Экология и Природопользование» на тему «Local distribution and accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the Arctic snow cover, Barentsburg, Western Spitsbergen / Местное распределение и накопление ПАУ в арктическом снежном покрове, Баренцбург, Западный Шпицберген».

4. *Поиск новых загрязняющих веществ (contaminants of emerging concern, emerging contaminants) на о. Западный Шпицберген и в прилегающей акватории.*

Так называемые новые загрязняющие вещества хотя и не входят в стандартные списки мониторинга загрязняющих веществ, привлекают внимание экологов и химиков окружающей среды, что отражено в Стокгольмской конвенции и Рамочной директиве ЕС по водным ресурсам (2000/60/EC), а также вызывают интерес АМАР (Программа арктического мониторинга и оценки). К новым загрязняющим веществам относятся устойчивые продукты метаболизма лекарственных препаратов, силоксаны, продукты разложения средств личной гигиены, замедлители горения, добавляемые в полимерную продукцию и строительные материалы, механизмы накопления которых в средах, биодоступность и биоэффекты мало изучены. Распространение таких веществ происходит в основном через водную среду с глобальным переносом из густонаселённых районов Европы, так и от локальных источников – поселений на Шпицбергене.

Перфторкарбоновые кислоты применяются в производстве широко используемых полимеров. Они являются поверхностно-активными веществами, обладают высокой химической стабильностью, что делает их идеальными материалами для широкого применения (например, антипригарное покрытие для посуды, влаго- и пятностойкие покрытия для текстиля, смазки, упаковка пищевых продуктов, противопожарная пена и т. д.). Будучи крайне устойчивыми к биоразложению, перфторкарбоновые кислоты к настоящему времени обнаруживаются во многих объектах окружающей среды и живых организмах. Их влияние на организм проявляется в проникновении через мембраны и влияние на метоболизм клетки и орагнизма в целом, однако механизмы действия изучены слабо. Перфтороктановая кислота (PFOA) и перфтороктансульфонат (PFOS) являются наиболее часто детектируемыми загрязнителями этого класса. Конечным местом пребывания являются водоемы и почвы, именно они и были выбраны в качестве объектов для анализа.

Анализируемые почвы были отобраны специалистами СЗ отделения НПО «Тайфун» в окрестностях Баренцбурга и посёлка Пирамида в июле-августе 2017 г. (рис. 10.5). Всего было отобрано и проанализировано 17 проб почвы. Все методические по настройке и калибровке оборудования и аналитические работы проводились в химико-аналитической лаборатории в пос. Баренцбург в сентябре-ноябре 2017 г.

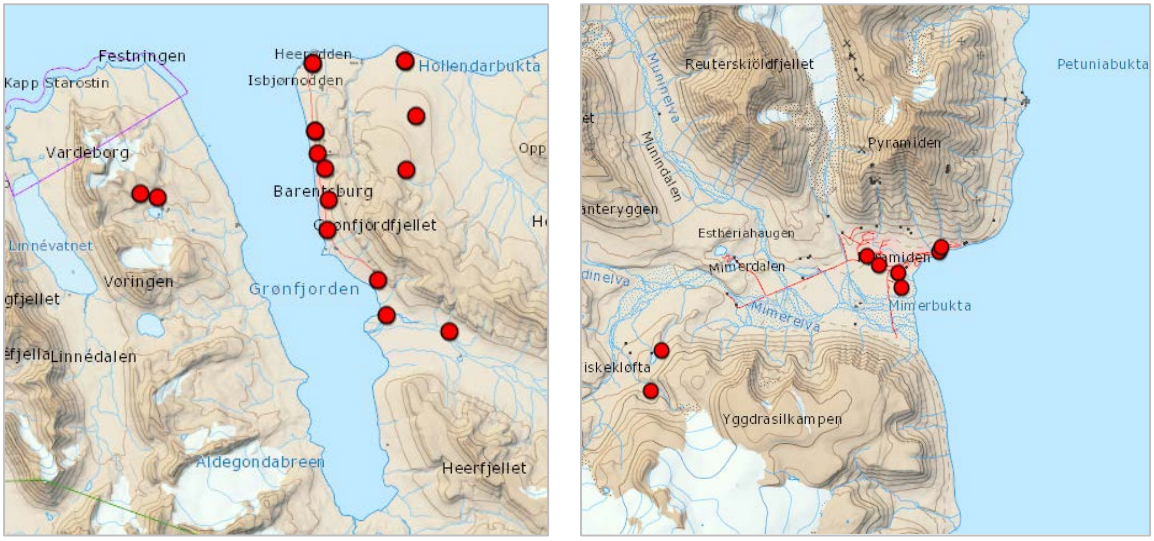


Рисунок 10.5 – Карта-схема расположения точек отбора проб почвы: окрестности пос. Баренцбург (слева) и окрестности пос. Пирамида (справа).

В июле 2017 г. ведущий инженер химик А.А. Козлова в течении недели стажировалась в Норвежском институте исследования воздуха (NILU), осваивая методики подготовки

образцов, подготовку прибора к измерениям и проведение контроля качества, в рамках российско-норвежского проекта BareLab.

Пробы были подготовлены и проэкстрагированы в двух повторностях, согласно методике пробоподготовки, принятой в аналитической лаборатории Норвежского института исследования воздуха (NILU). Затем выполнялся анализ подготовленных образцов почвы на содержание перфторированных карбоновых и сульфокислот на жидкостном хромато-масс-спектрометре с тройным квадруполем Shimadzu LCMS-8040.

Для количественного определения были выбраны 6 перфторкислот:
- Перфтор-октановая кислота (PFOA);
- Перфтор-октансульфоновая кислота (PFOS);
- Перфтор-гексановая кислота (PFHxA);
- Перфтор-гексансульфоновая кислота (PFHxS);
- Перфтор-ундекановая кислота (PFUndA);
- Перфтор-нонановая кислота (PFNA).

Во время подготовки пробы к навеске пробы почвы добавлялся внутренний стандарт для контроля качества измерений, анализ проводился на хромато-масс-спектрометре LCMS-8040.

Содержание перфторированных кислот в почвах в большинстве образцов не превышает предел детектирования прибора (пг/мкл экстракта) за исключением трех районов, где было повышенное содержание перфтор-октановая кислоты (PFOA): севернее склада стройматериалов в пос. Баренцбург (0,066), в пос. Пирамида (0,053) и у складов в пос. Пирамида (0,052).

Изучение водных объектов на содержание перфторированных кислот отложено на следующий год, так как в лаборатории не хватает пробоподготовительного оборудования для обработки проб воды, а также требуется проведение дополнительных методических работ и закупка дополнительных реактивов.

Мероприятие 11. Проведение учебной практики (школы-семинара) для студентов-географов на базе РНЦШ.

За отчетный год ФГБУ «ААНИИ» обеспечил проведение научно-производственных практик на базе инфраструктуры РАЭ-Ш в пос. Баренцбург для 4 групп студентов (всего 20 чел).

Практика студентов и аспирантов Университеского центра на Свальбард

Лабораторно-полевая практика магистров и аспирантов Университетского центра на Свальбарде (UNIS) в рамках курса A324/A824 «Техники детектирования сложных органических загрязняющих веществ в арктической среде» проходила с 23 по 27 января 2017 г. на базе химико-аналитической лаборатории РАЭ-Ш в пос. Баренцбург. Группа состояла из 8 магистров и аспирантов, 2 преподавателей и руководителя практики – профессора Роланда Калленборна.

Программа практики включала отбор проб различных сред и их первичную обработку в лаборатории для последующего анализа на стойкие органические загрязняющие вещества (пестициды, полихлорированные бифенилы, замедлители горения), чтобы определить роль локальных источников и трансграничного переноса на Шпицбергене.

Во время практики студенты освоили методы отбора и методику обработки образцов снега, атмосферного воздуха, донных отложений и морской биоты. Пробы отбирались в окрестностях Баренцбурга и на берегу Грёнфьорда. Помимо полевых выездов и практических занятий в лаборатории, студенты прослушали лекции курса по методологии определения содержания стойких органических соединений и научные доклады по свойствам «новых» загрязнителей, новейшим методам пассивного пробоотбора, а также о новейших результатах исследований, ведущихся на архипелаге российскими учеными.

Практика студентов МГУ

Практика студентов 3 курса географического факультета МГУ проходила с 18.07. по 05.08.2017 г. в соответствии с соглашением о научном сотрудничестве между ФГБУ «ААНИИ» и географическим факультетом МГУ имени М.В. Ломоносова. Группа состояла из 4 студентов и руководителя - с.н.с. кафедры криолитологии и гляциологии А. И. Кизякова.

Основными задачами практики являлись:

- ознакомление с четвертичными отложениями, криогенными процессами и формами рельефа Шпицбергена,
- проведение полевых исследований с целью приобретения устойчивых навыков полевой работы в области мерзлотоведения, гляциологии, геоморфологии,
- выработка рекомендаций для разработки плана дальнейших исследований вечной мерзлоты и процессов, связанных с ней, в окрестностях посёлка Баренцбург.

Геоморфологические исследования включали выполнение геоморфологических профилей, выделение и описание форм рельефа, описание разрезов осадочного чехла, применение космических снимков сверхвысокого пространственного разрешения и мозаики аэрофотоснимков (с привязкой к местности по GPS). Выполнялись шурфы и зачистки для документирования строения чехла поверхностных отложений, определения литологического состава.

Криолитологические исследования включали выделение и документацию морфологических и морфометрических характеристик криогенных форм рельефа, документацию их строения с использованием зачисток или выполнения шурфов; определение мощности СТС на мониторинговой площадке криосферного полигона РАЭ-Ш, настройку, установку и снятие температурных данных с термокос Geo Precision с логгерами M-Log5W в термометрических скважинах.

Зимовочный состав РАЭ-Ш обеспечил логистическое сопровождение практики: обеспечение экспедиционным снаряжением, средствами связи, средствами защиты от белых медведей, доставка в районы работ на автомобиле и лодке с мотором.

Для студентов проведены ознакомительные экскурсии на выносной пункт приема-передачи спутниковой информации (ВППИ) в пос. Баренцбург, химико-аналитическую лабораторию РАЭ-Ш.

Практика студентов СПбГУ

В августе–сентябре 2017 г на базе РАЭ-Ш проводилась практика студентов СПбГУ, обучающихся по международной магистерской программе CORELIS (Комплексное изучение окружающей среды полярных регионов). Студенты были разбиты на 2 группы по 4 чел. с одним преподавателем, пребывание каждой группы на Шпицбергене длилось 2 недели.

Цели и задачи практики:

- проведение полевых работ с целью ознакомления и изучения особенностей методик полевых гидрологических, геоморфологических, геокриологических, геологических, почвоведческих наблюдений;
- применение на практике методов физико-географических исследований, которые в дальнейшем будут применяться в работе, научной деятельности;
- исследование ландшафтно-климатических особенностей региона, в том числе особенностей почвенного покрова в природной и антропогенной среде;
- изучение экологических проблем пос. Баренцбург;
- отбор проб поверхностных вод, почвы для дальнейшего анализа в химико-аналитической лаборатории.

В ходе проведения практики было студентами выполнено большое количество различных гидрологических, геоморфологических, геологических, геокриологических, почвоведческих наблюдений.

Гидрологические наблюдения выполнялись на реках: Грён, Грёнфьорд, Бретьерна, Альдегонда, Брюде, Конгресс, Олав, Холлендер и на озере Конгресс. В ходе полевых работ на водных объектах проводились измерения расходов воды, температуры воды, растворенного кислорода, pH и электропроводности, отбирались пробы воды для дальнейшего анализа в химико-аналитической лаборатории.

В ходе почвоведческих работ были разбиты 2 профиля в местах с различными ландшафтами (плоская тундровая площадка и склон морской террасы) и соответственно различной геохимией. Было выполнено подробное описание наблюдаемых почв в соответствии с современной классификацией почв в России и Всемирной справочной базой почвенных ресурсов (WRB). Это описание позволяет выявить основные тенденции почвообразования и выявить преобладающие типы почв.

Геокриологические наблюдения проводились в долине реки Грён. В ходе работ изучались формы вечной мерзлоты. Наблюдались и описывались: сортированные и неконсольные круги, полигональные основания, торфяные курганы, пинго. Описание сопровождалось морфометрическим анализом, в ходе которого выполнялось фотографирование объекта и измерение его геометрических параметров.

Гляциологические работы выполнялись на леднике Альдегонда: были выполнены измерения абляции ледника, по установленным ранее рейкам. Проведены попутные актинометрические и метеорологические наблюдения на пешеходных маршрутах.

В химико-аналитической лаборатории выполнялась обработка проб воды с целью определения основных химических параметров, таких как ионный состав, содержание биогенов, общего и растворенного органического углерода.

По окончании практики студенты представили предварительные технические отчеты по проделанным работам.

РАЭ-Ш ФГБУ «ААНИИ» обеспечило логистическое сопровождение практик: предоставляло помещения для работы, лабораторное оборудование, приборы, экспедиционное снаряжение, средства связи и средства защиты от белых медведей, организовывало полевые выезды. Студенты включались в состав полевых групп, проводящих гидрологические, мерзлотные, гляциологические, палеогеографические и актинометрические наблюдения. Сотрудники ААНИИ читали лекции по своим направлениям исследований, проводили экскурсии по ВППИ, организовывали проведение лекций сотрудниками других институтов – партнеров по РНЦШ.

Для студентов МГУ и СПбГУ дополнительно организовывалась доставка по маршруту Лонгиир–Баренцбург–Лонгиир, размещение и питание.

Мероприятие 12. Работы по линии международного сотрудничества на арх. Шпицберген.

1. *Участие в работе международных форумов.*

–Участие во регулярном форуме SSF (Svalbard Science Forum) представителей научных организаций, работающих на Шпицбергене 26 апреля 2017 г. (Осло) и 2-4 сентября 2017 г. (Лонгиербюен);

–Участие в международной конференции «Неделя арктической науки 2017» (Arctic Science Summit Week 2017) (Международный арктический научного комитет, Центр полярной экологии Университета Южной Богемии, Прага) 2-9 апреля 2017 г., представление доклада в инфраструктуре РНЦШ, возможностях химико-аналитической лаборатории и обзор направлений научных исследований, ведущихся на базе РНЦШ в пос. Баренцбург;

–Доклад на Генеральной Ассамблее Европейского союза наук о Земле (EGU 23 – 28 апреля 2017 г., Вена, Австрия) на сессии OS1.4/CR6.8 «Changes in the Arctic Ocean, sea ice and subarctic seas systems: Observations, Models and Perspectives / Изменения в Арктическом океане, морских льдах и субарктических морских системах: наблюдения, модели и перспективы».

–Участие в Российско-норвежском семинаре по загрязнению морской среды пластиком 28 сентября 2017 г. (Norut, Институт экономических проблем, КНЦ РАН Мурманск,);

–Участие в «Научной конференции по Шпицбергену 2017» (Svalbard Science Conference 2017) (Свальбардский научный форум, Осло) 6-9 ноября 2017 г. с участием в открытой дискуссии, рабочих группах и представлением нескольких стендовых докладов:

Mass balance observation of Aldegonda Glacier and West Grønfjord Glacier, West Svalbard (id 62) Tarasov G. V., Sidorova O. R., Verkulich S. R., Anisimov;

Investigation of aerosol optical depth of the atmosphere and microphysical characteristics of near-ground aerosol in Barentsburg (Spitsbergen) in 2011-2016 (id 60) O.R. Sidorova, D.G. Chernov, D.M. Kabanov, V.S. Kozlov, M.V. Panchenko, V.F. Radionov, S.M. Sakerin;

The Russian Scientific Center on Spitsbergen, Laboratory for chemical analysis in Barentsburg: International cooperation in frame of the BARELAB project (id 81) Anna Nikulina, Vladimir Nikiforov, Roland Kallenborn, Sergey Vlasov, Yuri Ugryumov;

Sea ice conditions and regional climate in the Svalbard region during the “early” and “modern” warming periods (id 46) B. Ivanov, V. Smolyanitskiy, P. Sviashchennikov, A. Urazgildeeva, E. Forland, O. Nordli, K. Isaksen, H. Gjelten, Y. Prokhorova, A. Wesman;

The links between variations of oceanic heat flux trough the Fram Strait and the sea ice conditions to the north of Svalbard Archipelago (id 95) A.Vesman, I.Bashmachnikov, B. Ivanov;

Comparative analysis of different precipitation gauges, measurements in Barentsburg, Western Spitsbergen (id 51) Aleksandra V. Urazgildeeva, Pavel N. Sviashchennikov, Boris V. Ivanov, Ketil Isaksen, Eirik J. Førland, Ragnar Brækkan.

2. *Реализация российско-норвежского проекта «Интеграция новой химико-аналитической лаборатории в Баренцбурге в международное сотрудничество в Арктике» (BareLab).*

На базе химико-аналитической лаборатории Баренцбурга с 23 по 27 января 2017 г. была совместно организована лабораторно-полевая практика магистров и аспирантов Университетского центра на Свальбарде (UNIS) в рамках курса A324/A824 «Техники детектирования сложных органических загрязняющих веществ в арктических условиях». Группа состояла из 8 магистров и аспирантов, 2 преподавателей и руководителя практики – профессора Роланда Калленборна. (Мероприятие 11)

В целом в 2017 г. работа по проекту была посвящена освоению нового оборудования Shimadzu LC-MS 8040 с тройным квадруполем, установленном в лаборатории, постановке методик работы на приборе, правильной пробоподготовке образцов различных сред, мероприятиям по обеспечению контроля качества измерений.

С 17 по 23 июля 2017 г. состоялась рабочая поездка сотрудника РАЭ-Ш ведущего инженера химика Анны Козловой в г. Тромсё (Норвегия) для стажировки в аналитической лаборатории Норвежского института исследования воздуха (NILU) под руководством к.х.н. Владимира Никифорова (ответственного по проекту). Во время стажировки обсуждались возможности настройки и особенности пробоподготовки для жидкостного хроматографа с масс-спектрометрическим детектором LCMC 8040. Анна Козлова прошла практическое обучение по оптимизации прибора, методам пробоподготовки и количественного химического анализа, подготовила образцы сыворотки крови и почвы для проведения интеркалибрации между лабораториями NILU и РНЦШ.

На основе полученного опыта в лаборатории Баренцбурга был поставлен метод определения шести (с возможностью расширения до 24) перфторированных кислот в различных образцах в тесном сотрудничестве и телеконсультациях с NILU. Достигнута договоренность с больницей Баренцбурга об использовании малой центрифуги при

необходимости. Проведен полный цикл подготовки проб почвы, отобранных в районе Баренцбурга и Пирамиды, и их анализ на содержание перфторкислот. (см. Мероприятие 10)

Совместно с НПО «Тайфун» (партнером по проекту) проводились работы по мониторингу состояния окружающей среды в Баренцбурге, внедрялись и отрабатывались методики, используемые при анализе стойких органических загрязняющих веществ и решались интеркалибрационные задачи методом паралелльных измерений в двух лабораториях.

Доклад на тему развития лаборатории и ее возможностей для химического анализа «New chemical analytical laboratory in Barentsburg: Research at present, research in the future» был сделан на семинаре Норвежского полярного института (NPI) 27 сентября 2017 г.

3. *Исследования процессов энерго и массо-обмена, сопровождающих замерзании снежниц на припайном льду в рамках научного сотрудничества между ААНИИ и Университетским Центром на Шпицбергене (UNIS)*

На припайном льду залива Ван-Майенфьорд в районе посёлка Свеа был выполнен эксперимент для получения количественных оценок влияния меняющихся гидрометеорологических условий на характер и скорость эволюции термодинамических характеристик припайного льда и предоставить возможность проследить изменчивость его структуры в период перехода от замерзания к таянию.

В частности, были проведены наблюдения в замерзающем за счёт контакта с атмосферой слое пресной воды, заполняющей ледовый бассейн. Были подготовлены две искусственные снежницы (ледовых бассейна) размером 1,8 х 1,8 х 0,35 м, одна из которых была изолирована от воздействий ветра и атмосферных осадков установленной поверх палаткой. Толщина морского льда на участке проведения работ составляла 74 см. Перед наполнением бассейнов предварительно охлаждённой до температуры замерзания пресной водой в них было размещено измерительное оборудование – термокосы GEO Precision m-Log Thermistor string, обеспечивающие регистрацию значений температуры с шагом по вертикали 4 см. Таким образом, снежница, размещённая на открытой местности, постоянно подвергалась воздействию солнечной радиации и ветра, на её поверхности накапливался снежный покров. Снежница под палаткой находилась только под влиянием изменений температуры воздуха. После окончания эксперимента через 9 суток лёд был взломан, приборы извлечены на поверхность, а морфологические характеристики образовавшихся слоёв льда тщательно измерены.

Для воспроизведения наблюдающегося в природе явления истечения талой пресной воды с поверхности припайного льда сквозь дренажные отверстия естественного происхождения, возникающего при сквозном протаивании снежниц, а также, в значительно больших масштабах, при растекании речных паводковых вод по поверхности припая на мелководных морских акватория, граничащих с устьевыми участками, на озере Валлунден был проведён ряд экспериментов. В ходе каждого эксперимента искусственно созданный на припайном льду резервуар наполнялся пресной водой, после чего в дне резервуара выбуривалось отверстие, в которое начинала стекать пресная вода. Наблюдения последовательно были выполнены в бассейне, вырубленном в припае, в том же бассейне после опиливания по периметру и всплытия несущей ледяной пластины и в резервуаре, сложенном из ледяных блоков на поверхности припайного льда (рисунок 12.1). Количественные оценки параметров динамического состояния объёмов жидкости внутри резервуара и подо льдом в процессе дренирования были получены с использованием измерительной аппаратуры: скорость движения воды в бассейне регистрировалась акустическим измерителем скорости течения SonTek/YSI ADVField, в подлёдном слое – акустическим профилографом скоростей течений Teledyne RD Instruments Workhorse Sentinel 1200 КГц, достаточная продолжительность сессии измерений обеспечивалась непрерывным поступлением пресной воды в объёме 900 л из внешней ёмкости.

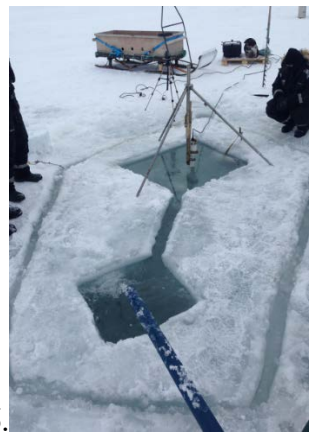
а. б.  в.

Рисунок 12.1 – Искусственные резервуары: (а) – на ненарушенном припае; (б) – на подвсплывшей льдине; (в) – на поверхности припая

Анализ изменений температурного поля замерзающей в искусственных снежницах воды показывает, что возмущения температуры на верхней поверхности, затухая по амплитуде с глубиной, распространяются вглубь жидкости. Подлёдный слой отчётливо выделяется по более однородной температуре, что обусловлено затуханием тепловых волн у дна бассейнов. Замерзание открытого водоёма происходило менее равномерно и медленнее, чем закрытого, что объясняется как снегонакоплением, так и радиационным прогревом. Как следствие, толщина образовавшегося льда в открытой снежнице оказалась на 5 см меньше, чем снежницы в палатке. Видно (рис. 12.2), что верхний 5 см слой открытой снежницы из-за контакта с холодным воздухом замёрз практически сразу. Из-за снижения скорости замерзания льда с ростом его толщины, замерзание нижележащих слоёв началось лишь спустя трое суток, и дальнейшее промерзание воды в снежнице происходило очень неравномерно. Положительная температура воды у дна бассейна свидетельствует как о её незначительном осолонении, так и оттоке воды через дно снежницы под лёд, что, однако, не исключает возможности появление трещин на поверхности льда открытого водоёма при более продолжительном замерзании.

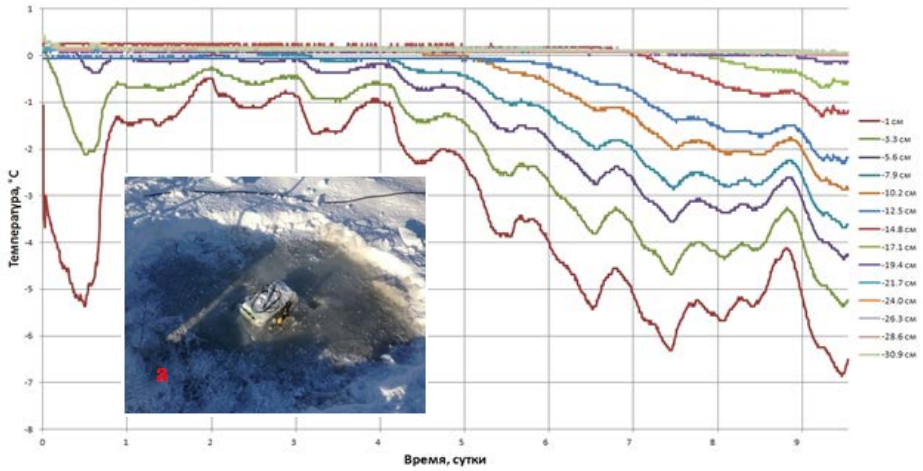


Рисунок 12.2 – Временной ход температуры воды (льда) на разных слоях в открытой снежнице и поверхность льда на 9 сутки после начала эксперимента на открытой снежнице

В закрытой снежнице замерзание первого слоя произошло лишь спустя 12 час. после начала эксперимента (рис. 12.3). При этом каждый последующий слой замерзал примерно через равные промежутки времени — примерно 20 час. В то же время из-за более интенсивного нарастания льда в закрытой снежнице сброс давления жидкости здесь

произошёл за счёт образования на поверхности трещин. Подобное трещинообразование, компенсирующее рост объема твёрдой фазы льда, сопровождаемое появлением характерных пиков в распределении давления жидкости, наблюдалось при резком понижении температуры воздуха в ходе лабораторного эксперимента 2009 г. в ледовом бассейне UNIS.

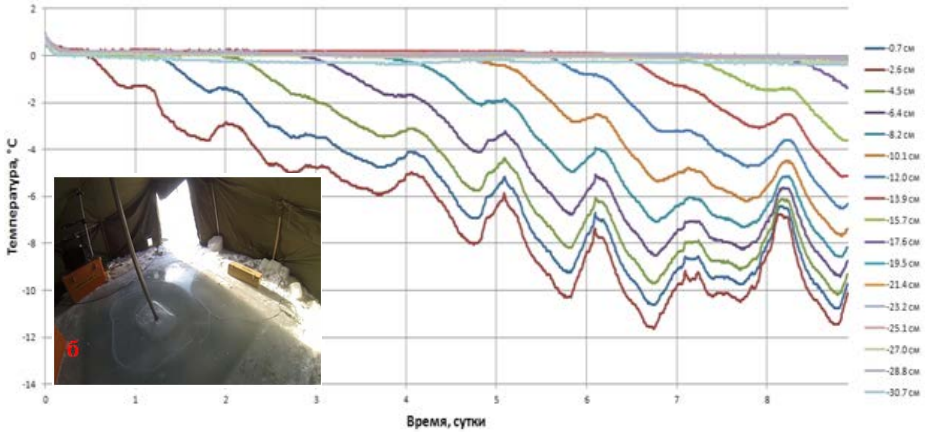


Рисунок 12.3 – Временной ход температуры воды (льда) на разных слоях в закрытой снежнице и поверхность льда на 9 сутки после начала эксперимента на закрытой снежнице

Замерзание слоя воды сопровождается вязко-пластическими деформациями льда, компенсирующими десятипроцентное увеличение объёма льда по сравнению с объёмом воды, из которой он образовался. Результаты экспериментов выявили отличия поверхности льда, образовавшегося в открытом и закрытом водоёме. В первом она имела несколько выпуклую форму и была сплошной (рис. 12.2 врезка), а во втором имела трещины (рис. 12.3 врезка). При этом на поверхности открытого водоёма начальной глубиной 26 см за 9 суток наросло 17 см льда, высота снежного покрова на его поверхности колебалась от 5 до 15 см. Толщина ледяной крышки в закрытом бассейне составила 22 см.

Полученные результаты существенно отличаются от результатов аналогичных экспериментов, выполненных в 2016 г. Обнаруженные расхождения, заключающиеся в отсутствии роста солёности, демонстрируют существенную роль миграции рассола в горизонтальном направлении через стенки бассейна в развитии термодинамических процессов в замерзающих снежницах. Основной причиной, ограничивающей рост давления замкнутого объема воды на льду, является вязко-пластическая деформация верхнего слоя льда. При резких понижениях температуры воздуха возможны нарушения его сплошности, сопровождаемые растрескиванием льда, временно компенсирующим рост объёма жидкой фазы. Эффективным механизмом компенсации гидростатического давления также может служить миграция рассола через морской лёд под влиянием вертикального градиента давления. Вопрос о существовании жидкой фазы в виде прослойки рассола в реальных условиях остается открытым и может быть прояснен при постановке длительного эксперимента.

На первых двух этапах эксперимента по воспроизведению явления истечения талой пресной воды сквозь дренажные отверстия естественного происхождения, возникающего при сквозном протаивании снежниц, образование водяной воронки зафиксировано не было: вода постепенно, за счёт перепада давления уходила в отверстие без образования каких либо завихрений. На третьем этапе, когда резервуар был собран из ледяных блоков прямо на поверхности льда, стекание воды происходило очень быстро и сопровождалось образованием вихря. Однако профилограф течений, установленный под сточным отверстием, не смог зафиксировать каких-либо заметных флуктуаций скорости движения воды в подлёдном слое. Полученные инструментальные оценки динамического состояния жидкости подо льдом не подтверждают предположения о возможности разрушающего воздействия образующихся в процессе дренажа вихрей на донный грунт, по крайней мере, в масштабах проведённых экспериментов.

Результаты экспериментальной работы 2016-2017 гг. в Ван-Майенфборде существенно отличаются от результатов предыдущих натурных и лабораторных измерений. Вопрос о механизмах компенсации избыточного давления и фильтрации расплава при замерзании замкнутого объёма жидкости остается открытым и может быть прояснен при постановке длительного эксперимента в полевых условиях.

По результатам работ представлены доклады на конференциях:

Генеральной ассамблеи наук о земле Европейского союза (EGU) Changes in the Arctic Ocean, sea ice and subarctic seas systems: Observations, Models and Perspectives / Изменения в Арктическом океане, морских льдах и субарктических морских системах: наблюдения, модели и перспективы (23 – 28 апреля 2017 г., Вена, Австрия);

Полярная механика – 2017 (14-15 сентября 2017 г., Санкт-Петербург, ААНИИ). Готовится статья в сборник трудов конференции.

Проект *SvalCon* «Загрязняющие вещества на Шпицбергене – Важность локальных источников на фоне дальнего переноса» подготовленный совместно с Akvaplan-niva, NIVA, NILU и НПО «Тайфун» не получил финансирования с Норвежском научном фонде.

Мероприятие 13. Логистическое обеспечение и развитие научного консорциума «Российский научный центр на архипелаге Шпицберген.

Логистическое обеспечение научно-исследовательской и экспедиционной деятельности ААНИИ и других участников научного консорциума на Шпицбергене, а также развитие инфраструктуры РНЦЩ осуществлялось Российской научной арктической экспедицией на архипелаге Шпицберген (РАЭ-Ш) ФГБУ “ААНИИ».

1. Материально-техническое снабжение, доставка грузов и личного состава.

В 2017 г было обеспечено необходимое материально-техническое снабжение научно-исследовательской базы ААНИИ в пос. Баренцбург.

Большая часть грузов доставлялась контейнерами по по маршруту Санкт-Петербург – Мурманск – Тромсе (автомобиль) – Баренцбург (судно).

Ротация сотрудников зимовочного состава РАЭ-Ш и участников сезонной экспедиции «Шпицберген–2017» осуществлялась чартерными рейсами ФГУП «ГТ «Арктикуголь» по маршруту Москва–Лонгиир–Баренцбуог–Лонгиир–Москва и регулярными пассажирскими авиарейсами по маршруту Санкт-Петербург–Лонгиир–Санкт-Петербург, и туристическими судами (либо вертолетом Ми-8 треста «Арктикуголь») по маршруту Лонгиир–Баренцбург–Лонгиир.

Зимовочный состав РАЭ-Ш в пос. Баренцбург включал до 10 сотрудников. В состав сезонный экспедиции было совершено 48 человеко-выездов:

Доставка работников в районы работ осуществлялась транспортными средствами РАЭ-Ш (см. п 13.2.), а также с помощью катера «Баренцбург» в соответствии с договором между ФГБУ «ААНИИ» и ФГУП «ГТ «Арктикуголь».

2. Обслуживание транспортных средств, приборов и оборудования

В 2017 году проведены работы по техническому обслуживанию транспортных средств, приборов и оборудования РАЭ-Ш.

Научное оборудование и приборы:

Работы включали профилактику, мелкий ремонт, замену сменных блоков, дефектацию, организацию сервисного обслуживания технически сложного оборудования (в первую очередь химико-аналитического и оборудования выносного пункта приема-передачи спутниковой информации (ВППИ), организацию проведения калибровок и поверок приборов в соответствии с регламентом организаций-производителей.

Транспортная техника:

Парк транспортных средств РНЦШ включает 10 снегоходов: Yamaha RSViking Professional - 5 шт, Yamaha RSViking Proffessional - 5 шт, автомобили легковые Toyota Hilux – 2 шт, квадроциклы Yamaha Grizzly 300 - 4 шт, лодка моторная Polarcirkel 660 Work с моторами - 1 шт, лодки резиновые Zodiac Classic - 3 шт, Zodiac Futura - 2 шт.

Автомобили и снегоходы были застрахованы в соответствии с законами Норвегии, действующими на арх. Шпицберген. Работы включали:

- полное регламентное техобслуживание всех имеющихся снегоходов;
- неоднократный ремонт полозьев снегоходных саней, ходовой части снегоходов (замена склиз, рулевых тяг);
- полное регламентное преднавигационное техобслуживание двигателя лодки моторной Polarcirkel 660 Work;
- замена датчика положения топливной заслонки ПЛМ Polarcirkel 660 Work с транспортировкой лодки в Лонгийрбьюен и обратно;
- ремонт корпуса (заклейка баллонов) лодки Zodiac;
- неоднократный ремонт колес (ремонт пробитых шин) квадроциклов;
- профилактику, замену изношенных деталей, техническое обслуживание в соответствии с регламентом организаций-производителей квадроциклов и автомобилей.

Горючее для моторных лодок и автомобилей приобреталось через ФГУП «ГТ «Арктикуголь» или закупалось в Лонгийрбюене и доставлялось в Баренцбург силами ЗС РАЭ-Ш.

3. Обслуживание зданий и сооружений

В декабре 2016 г Мурманское УГМС передало на баланс ФГБУ «ААНИИ» 6 зданий в пос. Баренцбург:

1. Лабораторный корпус № 1;
2. Лабораторный комплекс № 2 (химико-аналитическая лаборатория);
3. Общежитие;
4. Гараж (холодный);
5. ½ здания –склад (теплый);
6. Хранилище (холодное).

Помимо них, к ведению РАЭ-Ш относятся аппаратный балок ВППИ на антенном поле, ангар для транспорттной техники, контейнер с аппаратурой станции контроля воздуха атмосферы «Поселок».

В течение года выполнялись неотложные мероприятия по ремонту зданий и сооружений обеспечению их сохранности, улучшению условий труда сотрудников и условий функционирования приборов и оборудования. В том числе проведены:

- электромонтажные работы в аппаратном блоке ВППИ на антенном поле;
- работы по установке сплит-системы (кондиционирование воздуха) в помещение серверной ВППИ (Лабораторный корпус №1), в том числе прокладка кабельных и фреоновых трасс, устройство дренажа;
- тестирование и настройка АПС (автоматической пожарной сигнализации) Лабораторного корпуса №1, а также подключение ее к телефонной линии поселка для передачи сигналов на пульт дежурного по ГСВ рудника «Баренцбург»;
- настройка постоянной связи по wi-fi между станцией контроля воздуха атмосферы «Поселок» и компьютером в химико-аналитической лаборатории;
- создание общей схемы оборудования и подготовка инструкции по использованию пульта С 2000м в системе автоматической пожарной и охранной сигнализации, установленной в гараже, в технологическом контейнере ВППИ и в контейнере со станцией контроля воздуха атмосферы «Гора»;
- проверки приточной и вытяжной вентиляции лабораторных корпусов №1 и №2;

- устранение протечки настенного выхода вытяжной вентиляции лабораторного корпуса №2;
- переделка и оборудование дополнительной защитой выходов приточной и вытяжной вентиляции на крыше лабораторного корпуса №2 с целью устранения проникновения осадков и протечек потолков на втором этаже корпуса;
- капитальный ремонт (с водоотводом) верхней разрушенной части угловой сваи общежития.

Часть зданий, переданных на баланс ААНИИ, находится в неудовлетворительном состоянии. Готовится контракт на проведение их дефектации силами специализированной организации с целью подготовки обоснования и проектно-сметной документации для проведения капитального ремонта.

4. Развитие инфраструктуры РАЭ-Ш (РНЦШ)

В 2017 г проведены масштабные работы по введению в постоянную эксплуатацию нового высокотехнологичного аналитического оборудования химико-аналитической лаборатории РАЭ-Ш в пос. Баренцбург Совместно с сертифицированными сервис-инженерами фирм-производителей проведены следующие работы:

№	Наименование работ	Ожидаемый результат
1	Дооснощение действующего жидкостного хроматографа LC-20 Prominence Shimadzu дополнительным спектрофотометрическим детектором *Shimadzu* SPD-20A	Определение ионного состава морской воды
2	Дооснощение действующего жидкостного хроматографа LC-20 Prominence Shimadzu хромато масс спектрометром с тройным квадрупольным масс – детектором *Shimadzu* LC-MS-8040	Определение следовых количеств сложных органических соединений в различных матрицах
3	Введение в постоянную эксплуатацию атомно-абсорбционного спектрометра *Shimadzu* AA700 с пламенной и электротермической атомизацией.	Количественное определение содержания тяжелых металлов в различных природных средах

5. Логистическая поддержка участников научного консорциума «Российский научный центр на архипелаге Шпицберген» в проведении научных исследований и наблюдений

В соответствии с Концепцией РНЦШ и Положением о РАЭ-Ш, зимовочный состав РАЭ-Ш оказывал логистическую поддержку организациям-участникам Научного консорциума «РНЦШ» в проведении научных исследований и наблюдений. Помощь оказывалась на основании письменных заявок и в соответствии с временным регламентом, который был доведен до организаций-участников Консорциума.

При выдаче и возвращении приборов и снаряжения подписывались соответствующие акты. Виды и объем услуг, оказанных участника консорциума отражены в Таблице 13.1.

Таблица 13.1. Оказание услуг участникам научного консорциума «РНЦШ»

№ п/п	Дата	Организация	Вид услуги
1	05.07 – 02.09.	ПМГРЭ	Предоставлен мотор для лодки, 2 кофра.
2	11.07	ПМГРЭ	Транспортировка груза в порт автомобилем.
3	21.07 - 25.07	ММБИ	Предоставлено ружье и патроны.
4	21 .07. - 02.08	ПАБСИ	Доставка Кашулиной Г.М. на автомобиле Toyota для проведения полевых работ: Научный квартал - гора Бьюкколен - Научный квартал один раз в день.
5	22 .07. - 02.08	ПАБСИ	Предоставлен ноутбук.
6	30.07.2017; 01.08.2017	ПГИ	Подвозка пассажиров на автомобиле Toyota: Научный городок - стационар ПГИ.
7	~03.07	МУГМС	Доставка работников на оз. Стемме и обратно на лодке с мотором
8	02.08. - 15.08	ИГ РАН	Предоставлен газоанализатора LI COR.
9	02.08. - 15.08	ИГ РАН	Предоставлена метеостанция HOBO с одним датчиком (пиранометр).
10	02.08. - 15.08	ИГ РАН	Транспортировка по поселку и в точки начала маршрутов на машине; вертолетный рейс по маршруту Баренцбург-Лонгйир 3 чел.
11	26.07. - 14.08	НИЦ МБП КНЦ РАН	Предоставлена возможность пользоваться микроскопом в химико-аналитической лаборатории.
12	11.09	ММБИ	Предоставлены зонд-профилограф давления, температуры и электропроводности RBRconcerto C.T.D 200м; батометр Нискина, ружье.
13	05.09-25.09	ИГ РАН	Предоставлены ледобур ручной Kovacs 1шт; шнеки для бура 6шт; резцы для шнеков 3шт; генератор бензиновый Honda EU-20i; канистра, 40л бензина; транспортировка на л. Альдегонда и в обратную сторону, попутная транспортировка в пос. Пирамида и в обратную сторону, логистика по поселку.
14	август-сентябрь	ПГИ	Предоставлен квадроцикл для поездок на геофизический полигон.

ФГБУ «Мурманское УГМС»

Мероприятие 14. Проведение регулярных наблюдений на базе гидрометеорологической обсерватории «Баренцбург».

В целях реализации Стратегии российского присутствия на архипелаге Шпицберген до 2020 года в области фундаментальных и прикладных научных исследований в соответствии с Концепцией создания и развития Российского научного центра на архипелаге Шпицберген, одобренной распоряжением Правительства Российской Федерации от 2 сентября 2014 г. № 1676-р, и распоряжением Правительства Российской Федерации от 4 апреля 2016 г. № 577-р о создании постоянно действующей Российской научной арктической экспедиции на архипелаге Шпицберген, выполнение на базе инфраструктуры Российского научного центра на архипелаге Шпицберген комплексных наблюдений за гидрометеорологическими параметрами окружающей среды на базе гидрометеорологической обсерватории «Баренцбург».

В соответствии с Межведомственной программой научных исследований и наблюдений на архипелаге Шпицберген в 2017 г. основная задача – выполнение ФГБУ «Мурманское УГМС» комплексных наблюдений за гидрометеорологическими параметрами окружающей среды на базе гидрометеорологической обсерватории «Баренцбург».

В период с 01.01.2017 года по 31.12.2017 года наблюдения за гидрометеорологическими параметрами окружающей среды выполнялись специалистами ФГБУ «Мурманское УГМС» на базе гидрометеорологической обсерватории «Баренцбург» круглогодично. Общее количество человеко-дней, проведенных сотрудниками ФГБУ «Мурманское УГМС» на архипелаге Шпицберген в 2017 году составило 2932 ч/дн.

Основные результаты наблюдения за гидрометеорологическими параметрами окружающей среды в 2017 году:

1. Метеорологические наблюдения

Метеорологические наблюдения проводились 8 раз в сутки в стандартные сроки. Наблюдения проводились за температурой воздуха и подстилающей поверхности, метеорологической дальностью видимости, количеством, формой и высотой облачности, атмосферным давлением, влажностью воздуха, атмосферными явлениями, высотой снежного покрова. Всего по программе станции было выполнено 5900 комплексных наблюдений из них 2920 в автоматическом режиме.

Климатические особенности 2017 года на архипелаге Шпицберген по данным ГМО «Баренцбург»:

Климатические сезоны на архипелаге Шпицберген значительно отличаются от календарных. В рамках совместной работы ФГБУ «Мурманское УГМС» и ФГБУ «ААНИИ» «Сбор и анализ гидрометеорологической информации по данным гидрометеорологической обсерватории Баренцбург за период наблюдений 2001-2015 гг.», было предложено следующее разделение года на сезоны: период с октября по апрель включительно полностью относится к сезону – зима; месяц май был отнесен к сезону – весна; период июнь –август относится к сезону – лето; сентябрь относится к сезону – осень. При разделении года на климатические сезоны основным критерием считается средняя месячная изменчивость средней суточной температуры воздуха.

Температура воздуха:

Зима 2016-2017 гг. (с октября 2016 г. по апрель 2017 г.) была очень теплой, аномалия средней сезонной температуры воздуха составила плюс 5,9 °С (рис. 14.1). Прошедшая зима вошла в тройку самых теплых зим в Баренцбурге за период наблюдений с 1948 года. Теплее были только зимы 2015-2016 гг. и 2011-2012 гг. Положительная аномалия средней месячной температуры воздуха отмечалась во все зимние месяцы, наибольшие отклонения от климатической нормы – плюс 8,5 °С и плюс 7,8 °С были зафиксированы в ноябре 2016 года и

феврале 2017 года. Май 2017 года – единственный месяц с отрицательной аномалией средней месячной температуры воздуха. Значение средней месячной температуры воздуха - минус 4,6 °С стало самым низким в XXI веке.

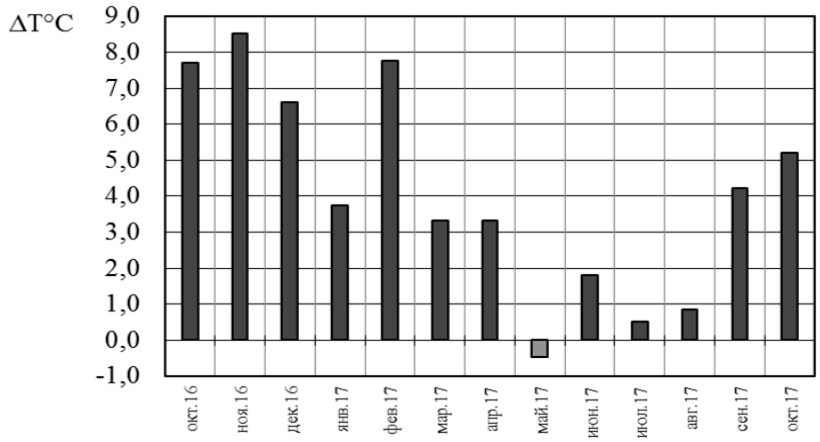


Рисунок 14.1 – Аномалии средней месячной температуры воздуха (°С)

Лето 2017 года в Баренцбурге было умеренно теплым, средняя сезонная температура воздуха была выше климатической нормы на 1,1 °С. Наибольшая положительная аномалия средней месячной температуры воздуха – плюс 1,8 °С отмечалась в июне.

Осенью аномалия средней температуры воздуха составила плюс 4,2 °С. Сентябрь 2017 года стал вторым самым теплым месяцем после сентября 1990 года за период наблюдений с 1948 года.

Осадки:

В целом за период с октября 2016 года по сентябрь 2017 года количество выпавших осадков более чем на треть превысило климатическую норму (рис. 14.2).

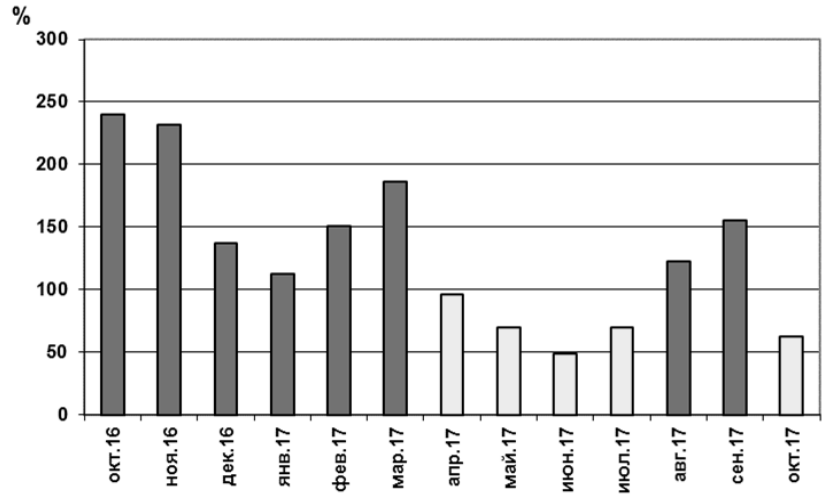


Рисунок 14.2 – Аномалии месячного количества осадков в % от климатической нормы

Наибольшие аномалии месячных сумм осадков отмечались ноябре и декабре 2016 года, когда количество выпавших осадков превысило климатическую норму более чем в два раза, в феврале, марте и сентябре 2017 года – более чем в полтора раза. Наименьшее количество осадков отмечалось в весенне-летний период. В июне 2017 года осадков выпало лишь половина месячной нормы.

Опасные явления:

За десять месяцев 2017 года в Баренцбурге трижды отмечались опасные явления: дважды в феврале – очень сильный ветер с порывами до 25-27 м/с и в октябре – очень сильный ветер с порывами до 26 м/с. Ущерба от опасных явлений нет.

2. Морские гидрометеорологические наблюдения и работы

В течении года проводились

- наблюдения над уровнем моря по футштоку в 06, 12, 18 ВСВ и по мареографу ежечасно;
- наблюдения над волнением визуально в 06, 12, 18 ВСВ;
- ледовые наблюдения в заливах Грен-фьорд и Ис-фьорд с измерением характеристик ледяного покрова в постоянной точке (толщина льда, глубина его погружения, высота и плотность снежного покрова на льду);
- наблюдения за видимостью в сторону моря – ежедневно в 06, 12, 18 ВСВ;
- определение плотности и солености морской воды ареометрированием 1 раз в сутки в 12 ВСВ;
- измерение температуры воды ежедневно в 06, 12, 18 ВСВ.

Всего проведено 1195 комплексных наблюдений.

3. Радиационный мониторинг

В п. Баренцбург производятся ежедневное измерение мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МЭД, мкЗв/ч) на расстоянии 1 м от поверхности – выполнено 365 измерения. Данные передаются в МТ АСКРО - Мурманская территориальная автоматизированная система контроля радиационной обстановки. По данным наблюдений ГМО Баренцбург радиационный фон (мощность экспозиционной дозы на местности) изменялся в пределах колебаний природного фона: от 0,11 до 0,17 мкЗв/час.

Еженедельный отбор проб радиоактивных выпадений с помощью планшета в соответствии с документом «Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 12» – отобрано 52 проб. В отобранных пробах определялась суммарная β-активность атмосферных выпадений. В 2017 году случаев радиоактивных выпадений повышенной β-активности (в 10 и более раз выше фоновых) не наблюдалось.

4. Мониторинг атмосферного воздуха

В 2017 году проводился отбор проб атмосферного воздуха на содержание бенз(а)пирена на стационарном посту контроля загрязнения (ПНЗ) – всего отобрано 12 проб. По данным наблюдений концентрации бенз(а)пирена в атмосферном воздухе п. Баренцбурга не превышали санитарных норм.

5. Геофизические наблюдения

Актинометрические наблюдения производились в светлое время суток по пиранометру М-80 (измерение суммарной солнечной радиации) с записью на интегратор Х-607. Было проведено 365 наблюдений.

Измерения общего содержания озона в атмосфере выполнялись в светлое время суток озонометром М-124. Количество измерений составило 370.

Производство измерений часовой амплитуды изменения горизонтальной компоненты геомагнитного поля – 7296 часов.

Измерение трехчасового К-индекса возмущенности геомагнитного поля – 2432 часа.

Регистрация уровня космического радиоизлучения на частоте 30 МГц с оперативной передачей данных в прогностические организации Росгидромета для диагностики и прогнозирования условий коротковолновой радиосвязи в Арктическом регионе – 7296 часов.

Определение периодов аномального поглощения радиоволн – 304 часа.

Зарегистрирована 101 магнитная буря.

Учитывая, что архипелаг Шпицберген расположен в области активного взаимодействия земной атмосферы с частицами солнечного ветра, где происходит зарождение ионосферно-магнитных бурь, ценность оперативной геофизической информации становится очевидной.

6. Гидрологические наблюдения

Измерение уровня, температуры воды. Наблюдения за толщиной льда и плотности снега проводятся на оз. Стемме (ледник Веринг). Количество измерений составило 751.

7. Прочее

В сентябре 2017 года специалистом Службы средств измерений ФГБУ «Мурманское УГМС» поведена поверка и профилактический ремонт приборов и оборудования. Материалы наблюдений ГМО Баренцбург обработаны, результаты занесены в климатическую базу данных. Объем полученной информации за 2017 год составил 2572 Гб. Осуществляется оперативная передача метеорологических данных ГМО Баренцбург в прогностические организации Росгидромета. ГМО Баренцбург включен в публикацию ВМО № 9 Том С1 для международного обмена.

Таким образом, продолжается изучение климатических изменений в арктической зоне и развитие научных исследований по изучению климатических изменений арктического бассейна. Проведенные регулярные гидрометеорологические наблюдения на базе ГМО Баренцбург актуальны для обеспечения безопасности мореплавания.

Оперативная гидрометеорологическая информация ГМО Баренцбург используется синоптиками ФГБУ «Мурманское УГМС» для составления прогнозов и предупреждений о неблагоприятных гидрометеорологических явлениях и опасных явлениях (ОЯ) по всей зоне ответственности Мурманского УГМС (как морской, так и материковой). Наибольшее число опасных явлений (сильный снег, метель, штормовой ветер) связано с циклонами, формирующимися в Гренландском море и углубляясь стремительно смещающимися на юго-восток Баренцева моря.

ФГБУ «НПО «Тайфун» совместно с ФГБУ «ААНИИ»

Мероприятие 15. Мониторинг состояния окружающей среды, в том числе на территории действующих и законсервированных производственных объектов, на архипелаге Шпицберген.

В рамках реализации задач мероприятия Северо-Западным филиалом ФГБУ «НПО «Тайфун» в 2017 г. были выполнены 2 экспедиции (апрель, август) на архипелаге Шпицберген, включающие в себя работы по фоновому и локальному экологическому мониторингу загрязнения объектов окружающей среды в районе поселка Баренцбург и его окрестностях, в том числе акваторию и побережья залива Грёнфьорд и обследование состояния загрязнения окружающей природной среды в районе пос. Пирамида. В полевых работах принимало участие 5 специалистов СЗФ «НПО «Тайфун», использовалось имеющееся в РНЦШ полевое пробоотборное и измерительное оборудование, а также оборудование химико-аналитической лаборатории.

За период проведения экспедиционных работ были проведены исследования весной на 14 наземных и 3 водных (озеро Стемме), летом на 10 морских, 4 озерных и 20 наземных комплексных станциях геоэкологического опробования (рис. 15.1). Отбирались пробы снега, вод разных типов, почв, донных отложений, растений, грибов, атмосферного аэрозоля.

Рисунок 15.1 – Отбор проб: (а) снежного покрова и (б) почвы

В *химико-аналитической лаборатории РАЭ-Ш* (пос.«Баренцбург») производились исследования и анализ:

– Проб воды на содержание хлорорганических соединений, суммарного содержания нефтяных углеводородов, полициклических ароматических углеводородов, неполярной фракции алифатических углеводородов, летучих ароматических углеводородов, индивидуальных фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ, концентрации взвеси, биологического и химического потребления кислорода, щелочности, кремнекислоты, нитритов, нитратов, аммония, общего азота, фосфатов, общего фосфора;

– Проб снежного покрова и воды на содержание хлорорганических соединений, суммарного содержания нефтяных углеводородов, полициклических ароматических углеводородов, индивидуальных фенолов, компонентов минерального состава, твердых частиц;

– Проб водных взвесей на содержание хлорорганических соединений, полициклических ароматических углеводородов;

– Проб атмосферного воздуха и аэрозолей на содержание в аэрозолях хлорорганических соединений, полициклических ароматических углеводородов, в пробах атмосферного воздуха определяются легколетучие органические соединения

– Проб воды, почвы, донных отложениях и растениях на ртуть, пробы на остальные металлы в воде, почве и донных отложениях были разделены между лабораториями РНЦШ и

СЗФ ФГБУ «НПО «Тайфун» для интеркаллибрации, пробы морской воды отправлены в лабораторию «Тайфун» для анализа на металлы.

– А также подготовка: концентрирование, фильтрование, экстрагирование образцов для транспортировки в лабораторию НПО «Тайфун».

Объем весенних работ составил:

- 3 пробы озерной и морской воды;
- 14 проб снежного покрова;
- 63 фильтра водных взвесей;
- 3 проб атмосферного воздуха на содержание ЛОС;
- 3 пробы атмосферного аэрозоля на фильтрах АФА.

Выполнено:

- определение растворенного О2 в озерной и морской воде (3 записи);
- определение электропроводности в морской воде (2 записи);
- определение pH в снежном покрове, озерной и морской воде (17 записей);
- измерения направления и скорости ветра (17 записей);
- измерения температуры воздуха (17 записей);
- измерения атмосферного давления (17 записей);
- определения количества и формы облачности, видимости (17 записей).

В течение *летних полевые работ* было отобрано:

- 24 пробы озерной, речной и морской воды;
- 8 проб почвенной воды;
- 48 проб почвы;
- 46 проб растительного покрова;
- 42 фильтра содержания водных взвесей в озерной, речной и морской воде;
- 9 проб атмосферного аэрозоля на фильтрах АФА.

Проведены следующие гидрохимические и метеорологические наблюдения:

- определение растворенного O_2 в озерной, речной и морской воде (21 запись);
- определение электропроводности в морской воде (16 записей);
- определение pH в речной, озерной и морской воде (21 запись);
- определение Т воды в озерной, речной и морской воде (21 запись).
- измерения направления и скорости ветра (51 запись);
- измерения температуры воздуха (51 запись);
- измерения атмосферного давления (51 запись);
- определения количества и формы облачности, видимости (51 запись).

Часть отобранных образцов после консервации и частичной обработки отправлялась в базовую лабораторию НПО «Тайфун»:

- 36 проб воды и 14 проб талого снега на определение ТМ ;
- 33 пробы воды на определение ХОС
- 42 фильтра на определение содержания твердых частиц;
- 45 фильтров на ХОС, ПАУ,ТМ во взвешенных веществах;
- 18 воздушных фильтров на ХОС, ПАУ,ТМ в атмосферном воздухе;
- 44 подготовленные пробы почвы для определения содержания ТМ, ХОС, НУ, НАУ, ЛОС, ПАУ и гранулометрического состава;
- 44 подготовленные пробы для определения содержания ХОС, ПАУ,ТМ в растительном покрове.

В настоящее время все поступившие пробы в лабораторию Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун» обработаны и ведется подготовка аналитического обзора о состоянии природной среды в районе деятельности российских предприятий на архипелаге Шпицберген.

Мероприятия ФГБУН Институт географии Российской академии наук (ИГ РАН)

Мероприятие 16. Комплексные гляциологические исследования на архипелаге Шпицберген.

Основная цель исследований ИГ РАН в рамках выполнения госзадания № 0148–2017–0005 «Исследование изменчивости природных и антропогенных ландшафтов архипелага Шпицберген в условиях современного климата» изучение механизмов изменения криосферы Западной Арктики в условиях современного климата. Руководитель экспедиции - Осокин Н.И. Исполнители: Осокин Н.И., снс, кгн Мавлюдов Б.Р., н.с., кгн Чернов Р.А., аспирант Елагина Е.И., студент МГУ Тополева А.Н., инж-исследователь Кудиков А.В. Полевые работы осуществлялись по нескольким направлениям и в разных районах Западного Шпицбергена (рис.16.1).

Рисунок 16.1 – Районы работ Института географии РАН в 2017 г.

Измерение величины абляции на ледниках Земли Норденшельда (Западный Шпицберген)

29 июля, 4-9 и 15 августа в районе поселка Баренцбург проводились ежегодные наблюдения на леднике Восточный Гренфьорд. Ледник В. Гренфьорд расположен в верховьях залива Гренфьорд, имеет северную экспозицию и состоит из двух разделенных скальной перемычкой потоков льда, сливающихся ниже 260 м в общий поток, образующий язык ледника. Протяженность ледника около 6 км, средняя ширина 1200 метров, нижняя точка языка расположена на высоте 42 м, верхняя около 450 м (без учета прилегающих снежников). Ранее на леднике проводились балансовые измерения с 2011 по 2016 гг., радиолокация толщи ледника 2010 и 2012 гг., термометрические измерения в скважинах 2012-2015 год.

В текущем году к середине августа в правой части ледника сохранилась небольшая область сезонного снега на высотах более 400 метров. В левой части ледника, которая является ледовым перевалом с ледником Фритьоф, снежный покров полностью стаял, но оставался слой наложенного льда толщиной около 10-15 см. Позднее к середине сентября снежный остаток и наложенный лед на леднике растаял полностью. Наиболее заметные изменения произошли на языке ледника в 2016 году, когда ледник за год отступил на 300 метров. В 2017 году ледник отступил еще на 80 метров, его край расположен на высоте 40 м над у.м.

На леднике Восточный Гренфъорд были перебурены старые рейки и установлены новые дополнительные, схема расположения реек показана на рис. 16.2. Всего установлено 20 абляционных реек на различных высотах. Рейки были заребурены 4-6 августа с помощью ручного бура Ковакс на глубину около 3 метров в лед, за исключением рейки 12, которая стоит в области фирново-ледяного питания. В принципе данный бур не может быть использован для влажного фирна! Рейка 12 была установлена на глубину 70 см т.е., почти полностью в слое сезонного снега, глубина которого была 60 см.

Особенности забуривания реек в летний период требуют подготовки места для бурения. До начала бурения необходимо околоть место вокруг скважины до глубины 20-25 см, т.е. на глубину более чем толщина коры таяния. В противном случае талая вода проникает в сважину во время бурения что приводит к заклиниванию бура уже на глубине 1,5-2 м. Это особенно важно для нижних холодных скважин 13, 6, 7, 10, 11 и 5.

В нашем случае подготовка каждой скважины занимала около 1 часа, в ряде случаев начаю скважину приходилось бросать и начинать рядом новую. Однако, на верхних скважинах где температура льда у поверхности около 0°С, бурение шло «по мокрому», т.е. в скважине залитой водой.

На леднике были проведены следующие работы:

1. Получены данные автоматических записей и проверена работоспособность метеостанции, установленной на морене ниже края ледника.

2. Измерена величина абляции льда по рейкам и тросикам. Перебурены вытаивающие старые рейки и дополнительно забурено еще 8 реек.

3. Получены значения толщины коры таяния на различных высотах в условиях радиационного типа погоды.

4. Определен текущий уровень снеговой линии в конце сезона абляции. Снеговая линия оказалась выше ледоразделов ледника и была зафиксирована на склонах на уровне 400 метров на 15 августа, и поднимется еще выше до конца сезона таяния.

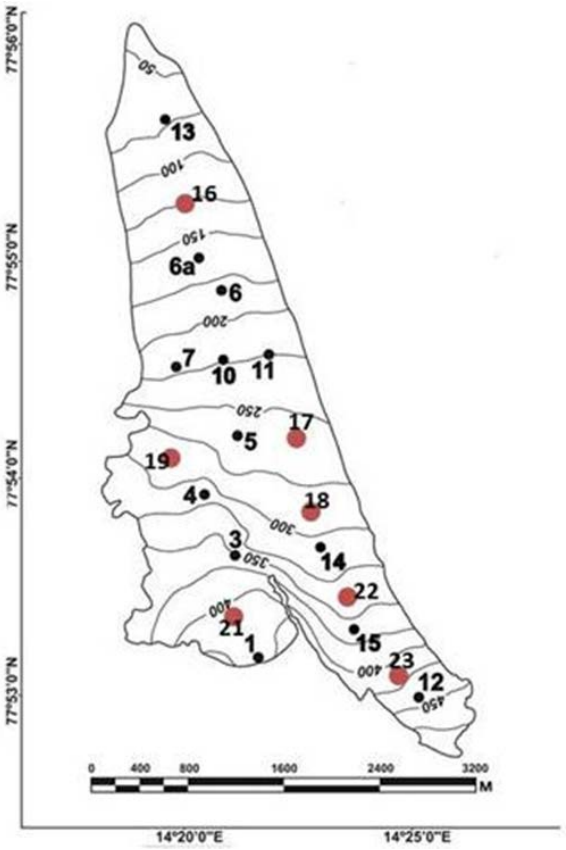


Рисунок 16.2 – Схема расположения реек на леднике Восточный Гренфъорд. Красные точки – рейки забуренные в августе 2017 г.

5. Определена величина отступания края ледника за минувший год. Нижняя точка ледника определена координатами N 77°55,713’ E014°19,225’ на высоте 40 м.

6. Измерены температуры воздуха на различных высотных уровнях с помощью автоматических датчиков температуры iButton.

7. Сняты показания с термокосы, установленной на ледоразделе ледника Восточный Гренфьорд в 2014 г. которые показывают высокую межгодовую изменчивость условий существования ледника, так, окончание летнего сезона таяния на ледоразделе в 2014 году произошло 29 сентября (температуры стали устойчиво отрицательными). В 2015 году сезон абляции закончился 24 сентября, в 2016 году на два месяца позднее – 24 ноября.

Мероприятие 17. Исследования динамики углерода в системе «почва-атмосфера» для почв архипелага Шпицберген в условиях изменения климата и характера природопользования.

Исследование направлено на оценку динамики потоков углерода в системе «почва-атмосфера» в условиях разной антропогенной нагрузки на экосистемы архипелага Шпицберген. Исполнители зав. лаб, кгн Зазовская Э.П., снс, дбн. Карелин Д.В., нс, кбн Шишков В.А.

В ходе выполнения программы 2017 г. по измерениям потоков диоксида углерода и других парниковых газов применялись полевые методы и приборы, которые использовались в 2014-2016 гг. Измерения потоков CO_2 с поверхности почвы (грунта) проводились прямоточным методом закрытых камер с помощью набора портативных инфракрасных CO_2-газоанализаторов AZ 77532 (Temp-CO_2) (КНР, Тайвань) с точностью 1 ppm, а также

высокоточным полевым анализатором CO_2 и паров воды Li-6400 XT (США, Небраска, LiCor corp.).

Для проведения замеров почвенной эмиссии парниковых газов использовали камерный метод. Для этого на каждом объекте (сайте) вкапывалось по 3-10 ПВХ-оснований (баз) на расстоянии от 2 до 5 метров. Основания устаивались за 2 ч до начала измерений, после чего проводился замер эмиссии CO_2 в течении 3 мин с помощью полевых газоанализаторов закрытого типа на базе сенсора AZ 7752 (AZ Corp., Тайвань) со встроенной помпой, или прямоточных.

Участниками проекта с 1 по 15 августа 2017 г. были проведены полевые измерения эмиссии основного С-содержащего парникового биогенного газа - диоксида углерода с поверхности почвы в арктической тундре на участке «Шпицберген» со сплошным залеганием многолетней мерзлоты. Всего в рамках проекта в 2017 г. здесь было проведено 220 единичных измерений почвенного дыхания, валового дыхания и нетто-потоков диоксида углерода в ключевых точках, а также взяты пробы поверхностных потоков метана и закиси азота для дальнейшего анализа в лаборатории.

В качестве дополнительных параметров оценивались температуры воздуха и почвы на глубине 1 и 5 см, объемная влажность почвы, проективное покрытие и высота ярусов растений, мощность подстилки, мохово-лишайникового и гумусового горизонтов, экспозиция склона, характер почвы или грунта, а также отбирались монолиты почвы на объемную плотность, pH и C:N состав. Дополнительно определяли проективное покрытие растительности (%) и общий запас надземной фитомассы (г а.с.м.), мощность мохового или мохово-лишайникового покрова (см), мощность органогенного горизонта (см), мощность дернины (см), мощность гумусового горизонта (см), гранулометрический состав субстрата (почвы, почвогрунта или грунта), тип почвы, характеристика грунтов, мощность сезонно-талого слоя (см), уклон местности (градусы) и экспозицию. Привязка каждого объекта осуществлялась с помощью навигатора GARMIN GPSmap 62s (США). Измерение потоков метана и закиси азота проводили отбором газовых проб в вакуумированные флаконы из тех же герметично закрытых оснований (экспозиция на почве составляла 0, 15 и 30 минут или 0, 60 и 180 минут в зависимости от предполагаемой интенсивности потоков).

На участке «Шпицберген» в 2017 г. были проведены исследования по оценке чистого потока С, валовой первичной продукции и валового дыхания. С этой целью на участки почвы с растительностью на предварительно вкопанные базы устанавливали прозрачные для фотосинтетически активной радиации (ФАР) камеры размером 40х40х 40 см. Герметичность достигалась с помощью водяного затвора. Измерения на свету проводили около 3 мин, а затем проветривали и накрывали непрозрачным для ФАР материалом и измеряли еще 3 мин. Показатель потока на свету служил оценкой чистого потока $C\text{-}CO_2$, а в темноте – валового дыхания. Валовую первичную продукцию оценивали по их разнице.

На завершающей стадии все данные полученные в рамках выполнения проекта в 2014-2017 гг. были подвергнуты статистической обработке и на этой основе были выполнены расчеты с целью выяснения абсолютного и относительного вклада антропогенных факторов, связанных с землепользованием в потоки биогенных парниковых газов (CO_2, метан и закись азота). Расчеты проводились по отношению ко всей арктической зоне РФ, для которой были оценены площади соответствующих зональных экосистем. Для этого был собран обширный литературный материал и обобщены собственные данные за все годы наблюдений и по всем типам арктических экосистем.

В целом, полевые результаты, полученные в 2017 г. подтвердили заключения, сделанные нами ранее на основе данных за 2014 - 2016 гг.

Полевые данные, полученные в августе 2017 г. в различных антропогенно-измененных (АИ) и фоновых экотопах на участке «Шпицберген», впервые позволили проследить 4-х летнюю (2014-2017 гг.) динамику изменений почвенной эмиссии CO_2 в наблюдаемых

антропогенно-измененных и контрольных (фоновых) экотопах арктической тундры (рис.17.1). Среди обследованных экотопов, наименьшие уровни эмиссии демонстрирует группа старых грунтовых дорог разного возраста, наибольшие – участки селитьбы и угольные отвалы. Это соответствует данным наблюдений предыдущих лет. При этом, в разные годы сохраняются соотношения между уровнями эмиссии в отдельных экотопах.

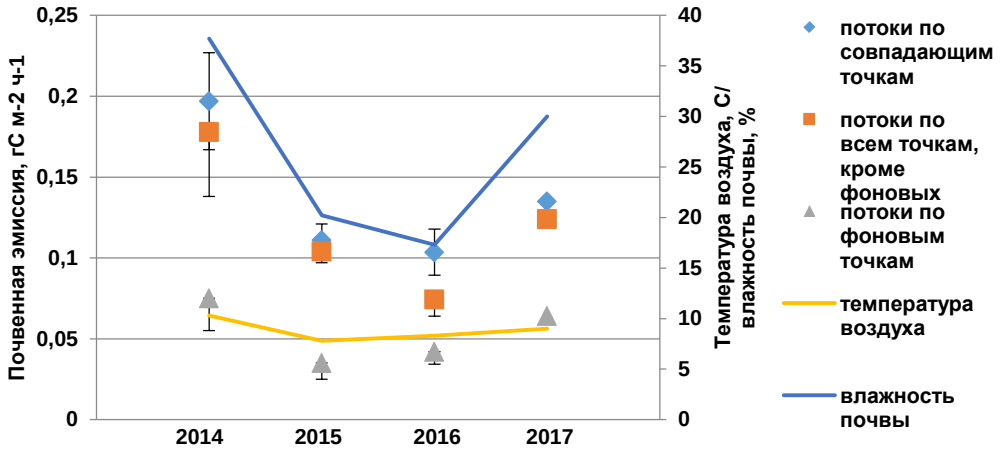


Рисунок 17.1 – Изменения уровней почвенной эмиссии за 2014 - 2017 гг. в антропогенно-измененных и фоновых экотопах на участке наблюдений «Шпицберген». Приведены средние потоков и их стандартные ошибки. Под совпадающими подразумеваются точки (экотопы) с антропогенным влиянием, потоки почвенного дыхания в которых оценивались все четыре года наблюдений

Как видно из рис. 17.1, межгодовые потоки почвенной эмиссии могут существенно (в 2 раза) меняться даже за относительно небольшой, 4-летний, период наблюдений. Судя по нашим данным, эта динамика определяется в основном значимыми погодным изменениями (температурой воздуха и выпадением осадков). В более сухие и холодные периоды эмиссия существенно снижается, в более влажные и теплые – возрастает.

Напротив, различия в уровнях потоков между отдельными экотопами определяются разным характером почв и грунтов. Несмотря на то, что влияние погодных условий может существенно сблизить уровни эмиссии (сравним 2014 и 2016 г. на рис.17.1), антропогенно-измененные участки во все годы наблюдений продолжают демонстрировать устойчиво более высокие значения эмиссии по сравнению с фоновыми. Фоновые пятнистые тундры существенно меньше реагируют на внешние условия, по сравнению с АИ экотопами. Особенно это касается изменений влажности почвы. С учетом в 4 раза более низкой, в среднем, первичной продукционной составляющей на антропогенно-измененных участках, это означает, что они продолжают оставаться нетто-источниками С для атмосферы.

Помимо измерений почвенного дыхания в контрольных и АИ экосистемах участка «Шпицберген» проводились оценки чистого потока С, валовой первичной продукции и валового дыхания. Как показали наблюдения, даже в условиях оптимальной для зоны арктической тундры освещенности и температуры воздуха пятнистые тундры, равно как АИ участки, не продемонстрировали суточного стока С, и находились в равновесном (околонулевом) по С-балансу состоянии (рис. 17.2). Это подтверждает, что на годовом интервале все эти участки являются источниками С для атмосферы, и при этом большие значения почвенной эмиссии обозначают и большие нетто-источники С. В то же время, АИ участки которые находятся на стадии активного зарастания растительностью (старые угольные отвалы, зарастающие участки селитьбы и проч.), и больше не подвергаются активному антропогенному воздействию, демонстрируют сток углерода в условиях даже низкой освещенности (рис. 17.2).

К третьей категории относятся участки (на рис. они обозначены как незарастающие АИ экосистемы), которые продолжают подвергаться значительному антропогенному прессу

(участки дорог и складов, активная селитебная зона, свалки, домовые и инженерные строения и проч.). Для них характерен постоянно положительный (эмиссия в атмосферу) баланс углерода, вне зависимости от освещенности.

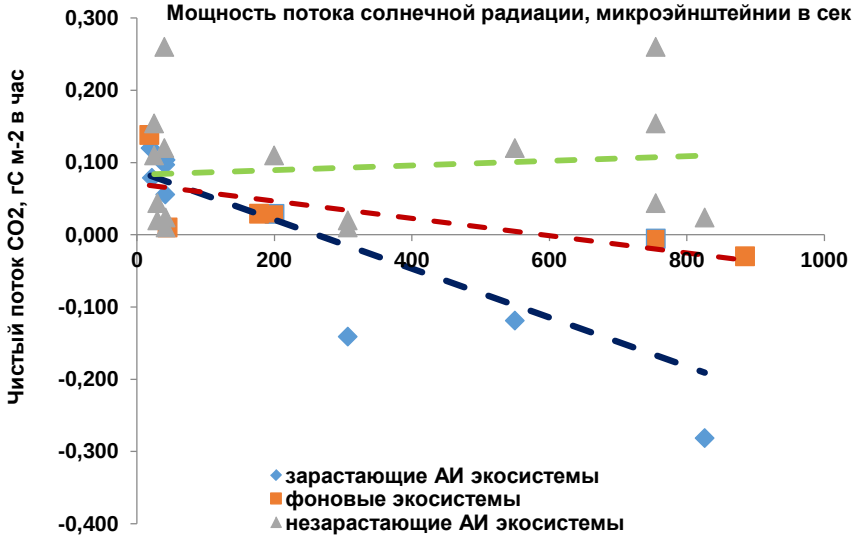


Рисунок 17.2 – Сравнение оценок чистого потока углерода (C-CO_2) в различных экосистемах зоны арктической тундры (архипелаг Шпицберген) в зависимости от мощности светового потока

Кроме того, на основе этих наблюдений был выяснен размах суточной динамики почвенной эмиссии CO_2 в фоновых и АИ биотопах. Если в фоновых пятнистых арктических тундрах он составлял 2,6 раза (превышение максимального дневного уровня почвенного дыхания над минимальным ночным), то в АИ экотопах это превышение было существенно ниже: 1,28–1,77 раза, что объясняется меньшей амплитудой внутрисуточных колебаний температуры, а также меньшим участием надземной растительности. Оценка доли, которую составляет почвенное дыхание от валового дыхания показала, что в фоновых арктических экосистемах она составляет достаточно устойчивый показатель от 75 (ночной период, заросшие трещины) до 95% (дневной, пятна пучения), а в АИ биотопах широко меняется от 36 (ночь) до 100% (день и ночь).

На завершающем этапе исследований по проекту был проведен подробный анализ вклада антропогенных факторов, связанных с землепользованием, в общий баланс углерода по CO_2 и в баланс других биогенных парниковых газов для всей арктической зоны России. Для арктических тундр, в основном, использовали данные, полученные на архипелаге Шпицберген.

Мероприятие 18. Изменчивость снежного покрова и оценка его влияния на устойчивость многолетней мерзлоты на архипелаге Шпицберген.

Полевые работы осуществлялись по нескольким направлениям:

1. Измерение пространственной изменчивости сезонного протаивания и динамика температурного режима грунта на криосферном полигоне на разной высоте над уровнем моря для оценки условий деградации многолетней мерзлоты на архипелаге Шпицберген

По стандартной методике были проведены ежегодные измерения глубины протайки грунта и его температуры на 7 площадках профиля Метео–Улав. Измерения проводились в период максимального протаивания СТС в дневное время. Выполнено две серии измерений 28 июля и 18 августа, в первый срок погода была теплая и сухая (температура воздуха 8-

12ºС, ветер не более 3 м/с), во второй срок 18 августа погода была прохладная и ветреная (температура воздуха 0-4ºС, ветер около 6-7 м/с).

На площадке №1 (70 м.н.у.м.) глубина СТС достигла к началу августа 2 метров и вероятно продолжала увеличиваться до 2,5 метров к середине августа. На площадке №2 (115 м) СТС была около 1,4 м и опустилась до 1,7 м, на площадке №3 (170 м) глубина СТС достигла 1,4 метра (см. табл. 18.1, рис. 18.2 и рис. 18.3). На верхних площадках 4-7 глубина СТС достигла 1 метра. Максимальные температуры грунта наблюдались на нижних двух площадках и по мере увеличения высоты температуры в грунте закономерно уменьшались (при сравнении равных горизонтов). Исключение составляет площадка №7, где температуры были выше, чем на нижних площадка 4-6, так как уклон здесь достигает 40 градусов. 18 августа распределение температур в скважинах показало отсутствие вертикального градиента, что связано с переменой погоды. Предположительно, в этот период мы зафиксировали максимальный прогрев верхнего слоя грунта за летний период. В диапазоне глубины от 20 до 80 см на всех площадках температура грунта находилась в пределах от 2 до 4ºС.

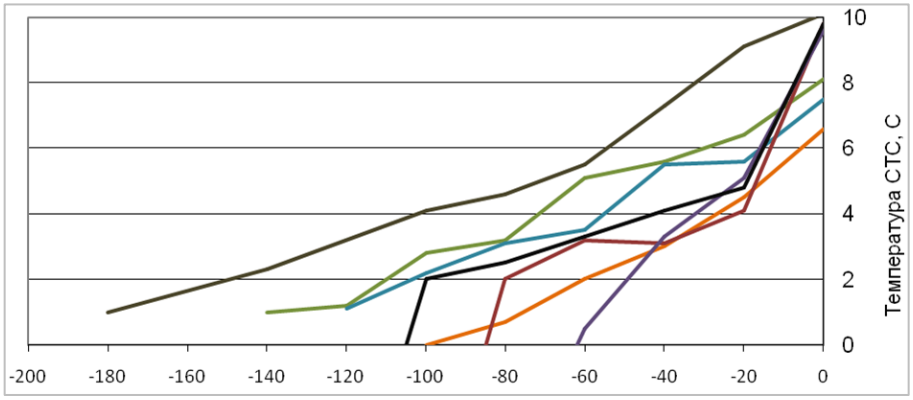


Рисунок 18.2 – Температура СТС на площадках 29 июля 2017 года. Обозначения площадок цветом: 1- коричневый, 2 – салатовый, 3 – зеленый, 4 – оранжевый, 5 – красный, 6 – синий, 7 – черный

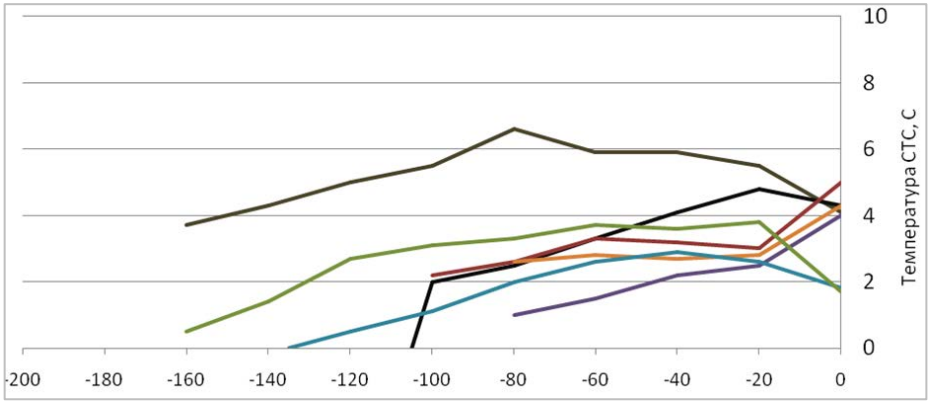


Рисунок 18.3 – Температура СТС на площадках 18 августа 2017 года. Обозначения площадок: 1- коричневый, 2 – салатовый, 3 – зеленый, 4 – оранжевый, 5 – красный, 6 – синий, 7 – черный

В таблице 18.1 показаны характеристики площадок и максимальная глубина СТС измеренная 29 июля и 18 августа. Обозначения * указывает на приблизительные величины глубины оттайки, которые получены экстраполированием распределения температур в скважине до 0Сº.

Также на склоне г. Улав были установлены автоматические регистраторы температуры (логгеры) на 3 уровнях: 115, 275 и 495 метров. Логгеры были установлены на деревянной рейке на высоте 1 метр от поверхности в светоотражающем кожухе. Ход температуры воздуха показан на рис. 18.2-18.3. Средняя температура воздуха на уровне 115 метров

Таблица 18.1. Глубина сезонно талого слоя на площадках мерзлотного профиля Метео–Улав.

Номер	Характер	Абсолютная высота,	Глубина СТС 28 июля, см	Глубина СТС 18 августа,
площ. 1	мох	70	200*	220*
площ. 2	мох	115	160	180*
площ. 3	мох	170	150	135
площ. 4	мох	275	100	100
площ. 5	щебень	320	85	150*
площ. 6	щебень	360	62	110*
площ. 7	щебень	444	105	140*

(площадка №2) 1 метр за период была равна 7,4ºС, на уровне 275м (площ. №3, «Частокол») 6,0ºС, на плато Улав (495 метров) всего 3,4ºС. Максимальные температуры достигали 15,0ºС, минимальные опускались до -3.5ºС.

Различия Тв между верхней и нижней площадками достигали 4ºС, суточный ход температуры в отдельные дни превышал 8ºС, но в среднем составлял около 5ºС. Первые две неделе погода была устойчиво теплая, но с 14 августа началось похолодание. На всех трех уровнях изменения температур происходили синхронно (рис. 18.4).

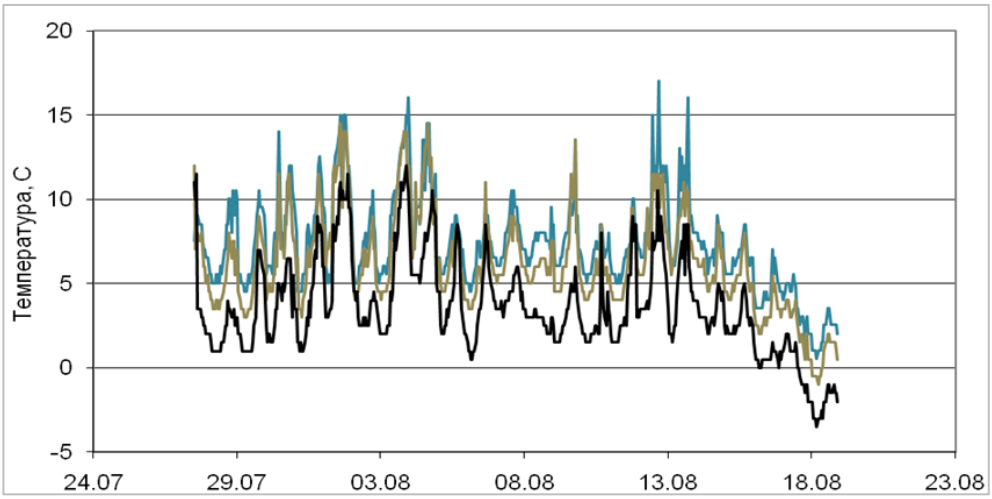


Рисунок 18.4 – Ход температуры приземного слоя воздуха на различных высотах на склоне г. Улав в период с 27 июля по 18 августа 2017 г., зеленый – 115 м, синий – 275 м, черный – 495 м

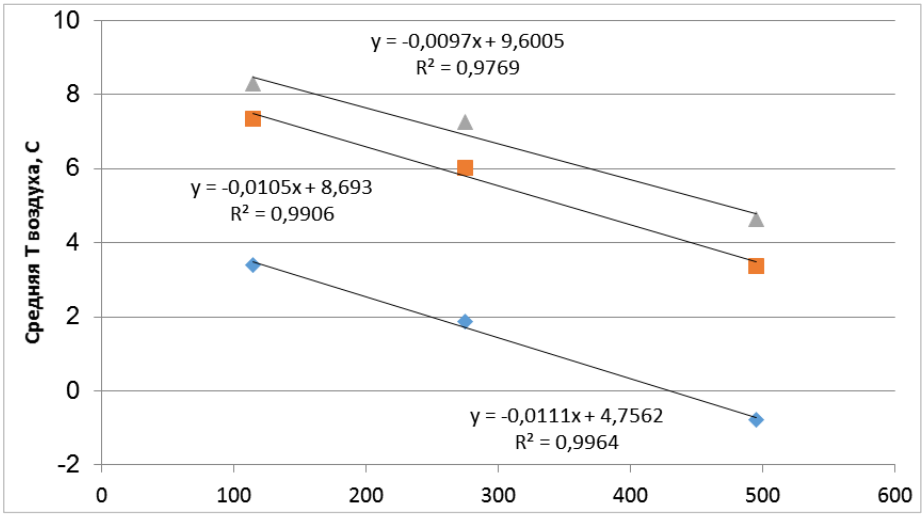


Рисунок 18.5 – Средние значения температуры приземного слоя воздуха на различных высотах на склоне г. Улав в период с 27 июля по 18 августа 2017 г., серый – в период сухой и солнечной погоды, синий – в период похолодания, оранжевый – среднее за период

Средний вертикальный градиент температуры воздуха был равен 1,05ºС/100м, при сухой солнечной погоде град Тв равен 0,97ºС/100м, при холодной пасмурной погоде град Тв равен 1,11ºС/100м. В целом различия в вертикальном градиенте температуры для двух типов погоды оказались небольшими, в пределах 15%. Полученные значения вертикального градиента температуры приземного слоя воздуха на склоне и плато Улав вполне согласуются с измерениями, выполненными в прошлые годы в летний период.

В период наблюдений на склоне Улава стаяли все небольшие снежники и сохранились только наиболее крупные около плато. Снежник «Верхний» на бровке плато Улав имеет северо-западную экспозицию и простирается горизонтально на 500-600 метров под краем плато, он является перелетовывающим снежником и сохраняется на протяжении многих лет наблюдений (рис. 18.6). Однако в последние годы его размеры несколько сократились. Величина снежного остатка в августе составляла не более 40 см, что вероятно сезонный снег на нем стает полностью в этом году. Используя формулу Кренке-Ходакова можно оценить величину таяния, температуру воздуха на этом уровне (за период наблюдений в начале августа 3,0ºС). Тогда величина абляции будет равна 1950 мм в.э., при 2ºС и 2,5ºС получим 1520 и 1730 мм в.э. соответственно. Таким образом, при температурном фоне около 3Сº на высоте около 500 метров стаивает летом около 2,0 метров снега. По данным снегосъемки на этом профиле приблизительно до 2 метров накапливается в понижениях рельефа и под уступами. На уровне 70 м – площадке №1 получим уже 4900 мм в.э. Таким образом, при современных климатических условиях образование многолетних снежников на высотах ниже 500 м маловероятно, что определено интенсивным летним таянием.

Рисунок 18.6 – Снежник «Верхний» на плато Улав, (фото Чернова Р., 26.07.2017 г.)

2. Экспериментальные измерения теплофизических свойств мха

С конца 30 июля по 10 августа с помощью термохрон проводилось круглосуточное измерение температуры во мху на т.2. это позволит определить изменение теплофизических свойств мха при его различной влажности и условиях прогревания и ограждения.

В период с 15 по 18 августа проведены срочные измерения температурного режима мха и верхнего слоя грунта (исполнитель Тополева А.), фрагмент записи приведен в табл. 18.2. Средняя температура мха на поверхности была равна 4,40ºС, температура воздуха 4,0ºС, температура подо мхом 3,05ºС. Различия в температуре мха на поверхности и на глубине 5 см достигали 2,2ºС, в среднем за период поверхность мха была теплее на 0,87ºС. Еще большие различия наблюдаются между поверхностью мха и на границе почва и мох. Разница в температуре достигала 4,5ºС, в среднем поверхность мха теплее на 1,4ºС. Однако в 6 сроках из 24 теплее оказывалась нижняя граница мха, чем его поверхность.

По результатам полевых работ можно сделать следующие выводы:

1. С помощью автоматических регистраторов температуры (термохрон) получены данные о высотном температурном режиме в грунте на разной глубине для периода –июль 2016 г. – июль 2017 г.

Таблица 18.2. Температуры поверхности и толщи мха в период с 15 по 18 августа 2017 г.

дата	время	температура	скорость и	влажность	t мха на 1	t мха на 3	t мха на 5	t мха на
15.авг	12:00	3,9	1,9 С-З	85,7	5,35	5,19	4,56	3,48
15.авг	14:00	5,9	2,4 Ю-В	76,6	7,89	7,35	5,96	3,44
15.авг	16:00	6	2,7 Ю	77,9	7,32	7,19	5,06	3,56
15.авг	18:00	5,2	3 Ю-В	79	5,53	5,26	5,04	3,65
15.авг	20:00	4,9	4,5 Ю-В	78,5	4,95	4,64	4,28	3,78
15.авг	22:00	4,5	3,5 Ю-В	83	4,42	4,18	3,89	3,55
16.авг	0:00	4,5	3 Ю-В	90,2	4,47	4,15	3,66	3,38
16.авг	2:00	5,9	3,3 Ю-В	97,2	4,93	4,4	3,88	3,23
16.авг	4:00	5,8	4 Ю-В	89,3	4,91	4,53	3,84	3,22
16.авг	6:00	5,2	5,7 Ю-В	81,5	4,74	4,43	4,26	4,15
16.авг	8:00	5,2	6,3 Ю-В	84,3	5,31	5,12	4,6	3,91
16.авг	10:00	4,8	3,5 З	94	6,04	5,02	4,02	3,48
16.авг	12:00	3,2	5,0 З	100	4,65	4,36	3,89	3,55
16.авг	18:00	3	7,0 С	85,5	2,43	3,04	3,12	3,09
17.авг	0:00	1,5	5 С-З	71	2,12	2,2	2,27	2,33
17.авг	6:00	1,9	9 С-З	73	1,46	1,38	1,42	1,98
17.авг	12:00	3,4	6,1 С-З	76,8	3,56	3,69	2,6	2,25
17.авг	18:00	1,9	9, С-З	80	3,1	3,39	3,17	2,59
18.авг	0:00	1,3	6, С-З	82	2,15	1,98	1,71	2,29
18.авг	6:00	1,9	6 С-З	83,1	1,29	1,21	1,24	1,85
18.авг	12:00	5,2	1,7 С-З	80,1	5,58	4,6	2,37	1,93
18.авг	18:00	5,3	0,2 С-З	68,3	6,8	5,78	3,9	2,78
18.авг	0:00	3,6	0,5 С-З	73,8	2,25	2,46	2,4	2,62

2. В рамках мониторинга состояния мерзлых грунтов были получены значения максимальной глубины протаивания в сезон 2017 г. и температуры СТС на экспериментальном профиле Метео-Улав (пос. Баренцбург) по семи площадкам.

3. Проведены экспериментальные измерения температурного режима мха и верхнего слоя грунта для определения их теплофизических свойств.

4. Получены с помощью термохрон значения температуры приземного слоя воздуха на 3-х высотных уровнях. Вычислены значения вертикального градиента температуры для двух типов погоды.

5. Проведены оценки таяния снежников на различных высотах при известных значениях температур воздуха.

6. Установлены логгеры из нескольких термохрон на различных высотных точках регистрации для внутрисуточных колебаний температуры грунта на разных глубинах в течение 2017-2018 гг.

Мероприятия ФГБУН Кольский научный центр РАН (ФГБУН КНЦ РАН)

Мероприятие 19. Создание в посёлке Баренцбург медико-биологической станции для мониторинга психического и физиологического состояния жителей российских населенных пунктов на архипелаге Шпицберген.

Научно-исследовательские работы в рамках мероприятия направлены на изучение медико-биологических эффектов высокоширотного экстремального воздействия геокосмических агентов на организм человека в условиях арх. Шпицберген на основе проведения междисциплинарных, фундаментальных и прикладных исследований психофизиологического состояния организма жителей п. Баренцбург, профилактики заболеваний и коррекции состояния организма с применением новых здоровье-сберегающих технологий, создания и подключения терминала «Шпицберген» к глобальной телемедицинской сети, объединяющей ведущие медицинские и научные центры России и зарубежных стран, в целях оказания оперативной и качественной медицинской помощи, а также развитие инфраструктуры создаваемого Российского научного центра на архипелаге Шпицберген.

Задачи проекта на 2017 г.:

1. Развитие инфраструктуры создаваемого Российского научного центра на архипелаге Шпицберген. Создание в пос. Баренцбург медико-биологической станции для мониторинга психического и физиологического состояния жителей российских населенных пунктов на арх. Шпицберген (НИЦ МБП КНЦ РАН).

2. Мониторинг психо-физиологического состояния организма человека с применением методов неинвазивной диагностики и психо-эмоционального тестирования (вариабельность сердечного ритма, исследование бинокулярного зрения, ГРВ-тестинрование); выявление степени распространенности и особенностей течения хронического болевого синдрома у работников Государственного треста «Арктикуголь», как маркера «сбоя» защитно-компенсаторных механизмов адаптационного синдрома и устойчивости организма к экстремальным арктическим воздействиям (НИЦ МБП КНЦ РАН).

3. Комплексное обследование детского и взрослого населения пос. Баренцбург на основе отбора биологических сред с целью выявления иммунологического и гормонального статуса, включающего оценку содержания цитокинов, иммуноглобулинов, гормонов, биологически активных аминов, и др.). Подготовка биоматериала для замораживания и транспортировки (ИФПА ФИЦКИА РАН).

4. Проведение стандартных ЭЭГ исследований детского и взрослого населения – жителей поселка Баренцбург. Изучение особенностей пространственных и временных характеристик биоэлектрической активности мозга у детей и взрослых в состоянии спокойного бодрствования и при функциональных нагрузках; изучение состояния психофизиологических функций и когнитивно-мнестических процессов в разных возрастных группах с оценкой показателей простой и сложной зрительно-моторной реакции, регистрацией длиннолатентных слуховых и когнитивных вызванных потенциалов и проведением психологического тестирования (ИЭФБ РАН, НИЦ МБП КНЦ РАН).

5 Изучение состояния системного и мозгового кровообращения в покое и при функциональных нагрузках. Проведение краниодопплерографического исследования кровотока по магистральным артериям основания мозга, позвоночным и сонным артериям у детей и взрослых по стандартной клинической программе. Анализ реактивных изменений мозгового кровотока при использовании функциональных нагрузок (ИЭФБ РАН).

6. Создание терминала для внедрения методов телемедицины в российских поселках на архипелаге Шпицберген для постоянного удаленного мониторинга функционального состояния организма человека (по данным лабораторной и функиональной диагностики). Подключение терминала «Шпицберген» к глобальной сети телемедицины, объединяющей

ведущие медицинские и научные центры России и зарубежных стран, с целью оказания экстренной и качественной медицинской помощи. Разработка имитационной модели принятия оперативных решений при возникновении непредвиденной, экстренной ситуации в медицине катастроф. Скрининговое исследование ЭКГ у работников «Арктикуголь» для выявления групп риска в соответствии с показателями ЭКГ и вариабельности сердечного ритма (ВСР) с использованием Кардио-комплекса телемедицины, позволяющего проводить обработку и расшифровку данных на удаленном сервере - «облаке» при помощи суперкомпьютера; создание базы данных, включающей высокоширотные ионосферно-магнитосферные и наземные характеристики геокосмических агентов на основе спутниковых наблюдений (НИЦ МБП КНЦ РАН).

7. Апробация методов коррекции психофизиологического состояния с применением технологий, основанных на биологической обратной связи (НИЦ МБП КНЦ РАН).

Работы выполнялись:

1. НИЦ МБП КНЦ РАН:

директор НИЦ МБП к.м.н. Мегорский В.В.;
зав. НОМБП д.б.н. Белишева Н.К.;
н.с., к.б.н. Мартынова А.А.
м.н.с. Соловьевская Н.Л.

инженер-исследователь Пряничников С.В.

2. ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики Российской академии наук», Архангельск:

с.н.с., к.м.н. Штаборов В.А.
с.н.с., к.м.н. Самодова А.В.
м.н.с. Нефедова К.О.

3. ФГБУН «Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова Российской академии наук», Санкт-Петербург

в.н.с., к.б.н.. Рожков В.П.
с.н.с., к.б.н. Шемякина Н.В.
н.с., к.б.н. Нагорнова Ж.В.

Научно-исследовательская работа проводилась в посю Баренцбург с 23 июля по 14 августа 2017 г., исследовался контингент проживающих в п. Баренцбург на арх. Шпицберген в период проведения экспедиции детского и взрослого возраста.

Применялись следующие методы исследования:

1. Оценку состояния сердечно-сосудистой системы проводили с применением Кардио-комплекса телемедицины, для создания терминала и внедрения методов телемедицины в российских поселках на архипелаге Шпицберген, а также приборно-аппаратурного комплекса «ОМЕГА-М» для оценки вариабельности сердечного ритма.

2. Электрофизиологические и психофизиологические исследования проводились на основе регистрации ЭЭГ/ВП с помощью компьютерных электроэнцефалографов «Энцефалан-131-03» (НПКФ «Медиком» МТД, Россия), «Мицар» (ООО «Мицар», Россия), портативного беспроводного электроэнцефалографа «SmartBCI» (ООО «Мицар», Россия), портативного телеметрического ЭЭГ-холтера (НПКФ «Медиком» МТД, Россия). С помощью устройства «Психофизиолог» проводилась регистрация простой сенсомоторной и сложной зрительно-моторной реакций. УЗДГ-исследование проведено с использованием краниодопплерографа Сономед-300/П («Спектромед», Россия).

3. Комплексная оценка психофизиологического состояния и апробация коррекции психоэмоционального состояния проводилась с применением комплекса РЕАКОР на базе электроэнцефалографа с биологической обратной связью (БОС). Современный реабилитационный комплекс РЕАКОР для тренинга с биологической обратной связью

обеспечивает проведение процедур функционального биоуправления (ФБУ) с представлением сигнала биологической обратной связи (БОС) в виде различного рода стимулов ФБУ. В данном исследовании ФБУ было апробировано по параметрам физиологических сигналов: частоты сердечных сокращений (ЧСС), кожно-гальванической реакции (КГР), температуры, дыхания и сигналов фотоплетизмограммы (ФПГ).

4. Психофизиологическое состояние организма оценивали также на основе опросников САН (самочувствие, активность, настроение), Спилбергера-Ханина, отражающего степень ситуативной и личностной тревожности, цветового теста Люшера, глазодоминирования с использованием прибора «Цветотест».

5. ГРВ–регистрацию, предполагающую общую оценку состояния организма на основе анализа светового изображения кончиков пальцев, проводили с применением сертифицированного прибора «ГРВ-Компакт» - аппаратно-программного комплекса, предназначенного для регистрации статических изображений газоразрядного свечения (ГРВ-грамм), возникающего вокруг объектов при их помещении в электромагнитное поле высокой напряженности. Прибор позволяет регистрировать ГРВ-граммы пальцев рук человека и последующей обработки изображений с целью извлечения диагностической информации о функциональном состоянии различных систем и органов (ООО «Биотехпрогресс»).

6. Оценка состояния иммунной системы включала анализы периферической венозной крови из вены: гемограмму, фагоцитарную активность нейтрофилов, фенотипы лимфоцитов, исследование сыворотки крови на содержание цитокинов, циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК), иммуноглобулинов (Ig). С целью изучения местных иммунных реакций изучали мазки с отделяемого слизистой носа и миндалин.

7. Свойства воды, как детектора интегрального воздействия физико-химических процессов в окружающей среде, оценивали на основе окислительно-восстановительного потенциала воды (ОПВ) с применением ионометра И-160МИ. ОПВ регистрировался комбинированным платиновым редокс-электродом ЭРП-105, который находился в стакане с дистиллированной водой, и был подключён к ионометру И-160МИ, соединённым, в свою очередь, с компьютером через RS-232 интерфейс для осуществления непрерывного сбора данных. Используемый ионометр фиксировал колебания ОВП, связанные с изменением заряда ионов в растворах.

8. Геокосмические данные были получены на сайте http://nssdc.gsfc.nasa.gov/omniweb/, который содержит базу данных, характеризующих солнечную активность; состояние межпланетной среды на основе специальных индексов и параметров, отражающих динамические характеристики межпланетного магнитного поля (ММП), солнечного ветра (СВ); индексы геомагнитной активности (ГМА) и др. Динамические характеристики геофизической среды оценивались на основе показателей солнечной активности (СА), ассоциированной с вариациями геофизических агентов у поверхности Земли, включающих индексы геомагнитной активности и показатели счета наземного нейтронного монитора (станция нейтронного монитора Полярного геофизического института КНЦ РАН, г. Апатиты, п. Баренцбург).

9. Данные статистически обрабатывались с применением пакета программ STATISTICA 10, для сглаживания кривых использовался метод скользящего усреднения (http://www.polybook.ru/comma/1.7.2.pdf)

Основные полученные результаты:

1. Выявлены условия для развития инфраструктуры Российского научного центра на архипелаге Шпицберген на основе соглашения между руководством ФГУП «Государственный трест «Арктикуголь» и НИЦ МБП КНЦ РАН о создании в пос. Баренцбург медико-биологической станции для мониторинга психического и физиологического состояния жителей российских населенных пунктов на арх. Шпицберген

на основе возможности использования площадей больницы п. Баренцбург, требующих дополнительного оснащения и обновления приборной базы (НИЦ МБП КНЦ РАН).

2. Проведены исследования вариабельности сердечного ритма и кардиограммы у жителей п. Баренцбург с применением Кардио-комплекса телемедицины, для создания терминала и внедрения методов телемедицины в российских поселках на архипелаге Шпицберген. Выявлены возможности подключения терминала «Шпицберген» к глобальной сети телемедицины, объединяющей ведущие медицинские и научные центры России и зарубежных стран, с целью оказания экстренной и качественной медицинской помощи.

Проведено скрининговое исследование ЭКГ у работников ФГУП «Государственный трест «Арктикуголь» для выявления групп риска в соответствии с показателями ЭКГ и вариабельностью сердечного ритма (ВСР) с использованием Кардио-комплекса телемедицины, позволяющего проводить обработку и расшифровку данных на удаленном сервере - «облаке» при помощи суперкомпьютера; создание базы данных, включающей высокоширотные ионосферно-магнитосферные и наземные характеристики геокосмических агентов на основе спутниковых наблюдений.В скрининге приняли участие 131 человек, в мониторинге 12 человек. Оценка состояния сердечно-сосудистой системы включала 25 параметров вариабельности сердечного ритма (ВСР) (НИЦ МБП КНЦ РАН).

3. Проведены предварительные исследования и консультации по выявлению возможности создания системы постоянного удаленного мониторинга функциональных параметров организма человека (лабораторная и функциональная диагностика) в условиях пос. Баренцбург и маршрутизации логистической модели терминала телемедицины на арх. Шпицберген.

Оценена возможность подключения станции медико-биологических исследований и больницы Баренцбурга к консультативным теле коммуникационным системам СЗ РФ. Для оценки функциональных параметров использовался кардиокомплекс расширенного ЭКГ анализа с использованием обработки данных по системе телемедицины.

Продолжена работа по созданию логистической модели терминала для телемедицины и спасательных служб. Получены принципиальные согласия и заключены договоры о совместном сотрудничестве в создании данного терминала телемедицины между НИЦ МБП КНЦ РАН, Областной клинической больницей им. Баяндина (г. Мурманск), СГМУ - Северным государственным медицинским университетом (г. Архангельск), Медсанчасть ФМБА им. Семашко (г. Архангельск) и Медсанчастью ФМБА № 85 г. Москва.

В процессе данного исследования выявлены следующие факторы, затрудняющие создание данной системы телемедицины: канал сотовой связи «Мегафон - Москва», адаптированный трестом «Арктикуголь» для работы на арх. Шпицбергене, не пригоден для пересылки пакетов информации по интернет линии. Все пакеты, на обработку пересылались по стационарной интернет линии предоставленной трестом «Арктикуголь». Все мощности линий, используемых членами РНЦШ, разобраны под свои задачи. Для НИЦ МБП КНЦ РАН свободных линий на данный момент нет. Монополистом по единственной стационарной подводной оптоволоконной линии на архипелаге Шпицберген является компания Telenor, а основными пользователями системы NASA, Министерство обороны США, Европейское космическое агентство, Свальбардский международный университет. Пропускная способность системы «Svalbard Undersjøiske Kabel System» составляет 2500 Гбит/с. В настоящий момент используется только 1 из 8 пар с пропускной способностью 10 Гбит/с.

4. Предварительно выявлена степень распространенности и особенностей течения хронического болевого синдрома у работников треста «Арктикуголь» как маркера «сбоя» защитно-компенсаторных механизмов. В процессе проводимых исследований, анамнестически выявлялись обследуемые с болевым синдромом, которые направлялись на консультацию к врачу–алгологу (специалисту по болевому синдрому) с целью уточнения диагноза.

Из 14 направленных обследуемых (все работники ФГУП «Государственный трест «Арктикуголь») диагноз ХБС (хронический болевой синдром) был подтвержден у 11 человек (10 мужчин и 1 женщина). Все пациенты взяты на постоянное динамическое наблюдение, кроме того им даны рекомендации по дообследованию, ЛФК, профилактике и назначен курс фармакологического лечения по прерыванию ХБС. Удаленный мониторинг динамики состояния ведется совместно со штатным хирургом больницы треста «Арктикуголь», а также дистанционно с использованием электронной почты при отсылке обезличенных «опросников изменения динамики».

5. Проведено комплексное обследование детского и взрослого населения пос. Баренцбург на основе отбора биологических сред с целью выявления иммунологического и гормонального статуса, включающего оценку содержания цитокинов, иммуноглобулинов, гормонов, биологически активных аминов, и др.). За период экспедиции обследовано 120 человек, из них 58 женщин в возрасте 20 – 69 лет, 55 мужчин в возрасте 20 – 67 лет, 3 детей в возрасте 5-7 лет (2 мальчика, 1 девочка) и 4 подростка в возрасте 11-16 лет (1 юноша и 3 девушки). В состав обследованных лиц вошли научные сотрудники (29 чел.), шахтеры (13 чел.), разнорабочие (20 чел.), лица, деятельность которых не была подразделена на отдельные группы в силу малочисленности возможных формируемых групп, были объединены в одну группу, которую в дальнейшем можно подразделить для более детальной оценки (49 чел.), дети и подростки (7 чел.). Возрастной состав обследованных лиц в соответствии с возрастной периодизацией Агаджаняна (1997):

дети 1-12 лет –	3 мальчика и 2 девочки;
подростковый возраст 12-15 лет –	1 девочка;
юношеский возраст –	4 девушки 16- 20 лет и 1 юноша 17-21 год;
первый зрелый возраст –	женщины 21-35 лет – 19, мужчины 22-35 лет – 14;
второй зрелый возраст –	женщины 36-55 лет – 29, мужчины 26-60 лет – 35;
пожилой возраст –	женщины 56-74 года – 6, мужчины 61-74 лет – 5.

Группы были распределены по длительности пребывания на архипелаге:

до 2 месяцев	23 человека,
с 2 месяцев до полугода	23 человека,
с полугода до 1 года	18 человека,
с 1 года до 2 лет	24 человека,
с 2 до 3 лет	8 человек,
с 4 до 5 лет	8 человек,
с 6 до 7 лет	4 человека,
более 8 лет	8 человек.

К настоящему времени проанализированы гемограмма, фагоцитарная активность нейтрофилов, содержание циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови. Для исследования остальных планируемых параметров нет реактивов.

У обследованных лиц, проживающих в пос. Баренцбург в венозной крови среднее содержание лейкоцитов, в том числе палочкоядерных и сегментоядерных нейтрофилов, моноцитов, лимфоцитов, эозинофилов, базофилов было в пределах нормы соответственно (5,07±0,18; 0,20±0,01; 2,28±0,10; 0,22±0,02; 2,19±0,09; 0,16±0,01; 0,07±0,01х109 кл/л). Однако, обращает внимание высокий уровень лейкопении, нейтропении, моноцитопении и лимфопении, выявленный у 22%, 43%, 28% и 19% обследованных лиц соответственно. Морфологические признаки агрегации тромбоцитов регистрировали у 57% обследованных лиц.

Средний уровень фагоцитарной активности нейтрофилов у обследованных лиц находился в пределах физиологической нормы 69,25±2,39%, показатель интенсивности фагоцитоза составил 8,59±0,95 шт. При более детальном анализе фагоцитарной реакции наблюдается дисбаланс функциональной активности нейтрофилов у обследованных лиц. Так, у 14,71% лиц выявлен дефицит активности фагоцитов, в этом случае средний уровень

фагоцитарной активности составил 36,5±4,4%, а интенсивность фагоцитоза – 3,1±0,18 шт. Повышенный уровень фагоцитарной активности нейтрофилов зарегистрирован у 30,88% и составил 91,0±1,38% со средним показателем интенсивности фагоцитоза – 17,9±1,75 шт.

В сыворотке крови у обследованных лиц наблюдаются повышенные концентрации ЦИК. Так, среднее содержание ЦИК IgA составляет 3,9±0,23 г/л, в 56% случаях зарегистрированы повышенные уровни. У 81% обследованных лиц выявлены повышенные концентрации ЦИК IgM со средним содержанием 6,9±0,40 г/л. У всех обследованных лиц зарегистрированы аномальные значения ЦИК IgG, превышающие верхний предел нормы в 13 раз – 45,3±2,03г/л (ИФПА ФИЦКИА РАН).

6. Проведено ЭЭГ обследование 124 человек. Выявлены сроки пребывания участников обследований на архипелаге, которые варьировали от 1 недели до нескольких лет:

38 человек – срок пребывания на архипелаге от 1 недели до 2-х месяцев,
13 человек – срок пребывания на архипелаге от 1 недели до 2-х месяцев после непрерывного пребывания в течение 2-х лет и отпуска в течение 2-х мес.,
38 человек – срок пребывания от 2-х месяцев до 1 года,
24человека – непрерывное пребывание в Арктической зоне составило более 1 года,
11 человек – дети от 7 до 17 лет.

В рамках экспедиции проводились: а) скрининговое ЭЭГ обследование 124 человек, включая 11 детей (от 7 до 17 лет); б) мониторинг ЭЭГ и функционального состояния 14 человек на протяжении 2-х недель. Скрининговое комплексное ЭЭГ обследование включало:

- запись фоновых ЭЭГ в состояниях спокойного бодрствования с открытыми и закрытыми глазами (по 3 мин),
- оценку реактивности ЭЭГ и функциональные нагрузки – гипервентиляцию в течение 3-х мин,
- фотостимуляцию с нарастанием частоты вспышек – в течение 5 мин (включая фон после стимуляции),
- регистрацию когнитивных связанных с событием потенциалов (ССП) при пассивном восприятии редких и частых звуковых стимулов в парадигме oddball (10 мин),
- при активной дискриминации редких звуков с инструкцией нажимать на кнопку (10 мин) и при решении арифметических примеров, предъявляемых зрительно (парадигма Go-NoGo) (10 мин).

Проведено сравнительное мониторинговое исследование характеристик фоновой биоэлектрической активности мозга с участием 14 человек (7 человек, находившихся на архипелаге более 4 месяцев; 7 человек, только прибывших на архипелаг) с регистрацией ЭЭГ в состояниях «глаза открыты»/«глаза закрыты» в течение 2-х недель. У участников мониторинга дополнительно при каждой записи ЭЭГ проводилась регистрация простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР) и психологическое исследование самочувствия, активности и настроения (методика САН) для оценки актуального состояния на момент обследования и динамики состояния в ходе мониторинговых наблюдений.

Предварительные данные показывают, что уровень быстродействия в исследованной выборке испытуемых отклоняется от нормального распределения в сторону более низких значений. У 40% взрослых обследованных наблюдается низкий и сниженный уровень быстродействия, свидетельствующий о сниженном уровне активации ЦНС. Результаты анализа сложной сенсомоторной реакции у взрослых испытуемых: среднее время реакции при дифференцировке стимулов в группе исследованных составило 474±119 мс, при смене значимости раздражителей (переделке) - 581±164 мс. (ИЭФБ РАН).

7. Предварительно оценено состояние системного и мозгового кровообращения в покое и при функциональных нагрузках. Проведено краниодопплерографическое исследование кровотока по магистральным артериям основания мозга, позвоночным и сонным артериям у детей и взрослых по стандартной клинической программе. Проводится анализ реактивных изменений мозгового кровотока при использовании функциональных нагрузок.

Выполнено 151 УЗДГ-исследование с регистрацией артериального давления у 151 человека. Возрастной состав участников исследований: 14 школьников (дети и подростки от 6 до 16 лет), 137 взрослых (от 19 до 67 лет). В исследованиях приняло участие 70 лиц мужского и 81 женского пола. Распределение по срокам пребывания на арх. Шпицберген:

40 человек – срок пребывания от 2-х дней до 2-х недель, из них 18 – приехавшие впервые,
9 человек – срок пребывания на архипелаге от 3-х недель до 2-х месяцев,
35 человек – срок пребывания на архипелаге от 2-х до 5-ти месяцев,
31 человек – срок пребывания на архипелаге от 5-ти месяцев до 1 года,
38 человек – срок пребывания на архипелаге - более 1 года.

УЗДГ-исследование проведено по стандартной программе транскраниальных измерений (среднемозговые, переднемозговые, заднемозговые, позвоночные в сегменте V4 артерии, основная артерия). Для лиц старше 40 лет исследованы общие и внутренние артерии. Исследован венозный отток по позвоночным, базальным и глазничным венам. Для всех исследуемых выполнены ротационные пробы с регистрацией кровотока по позвоночным артериям для оценки возможного экстравазального воздействия на артерии со стороны костных структур шейного отдела позвоночника или мышечно-связочного аппарата.

У 142 лиц (включая всех детей) проведена функциональная краниодопплерография с оценкой гемодинамической метаболической реактивности – изменений кровотока по двум – правой и левой – заднемозговым артериям в пробе «глаза открыты/ глаза закрыты /глаза открыты» с регистрацией в режиме мониторинга.

У 143 обследуемых (включая всех детей) произведена оценка вазомоторной реактивности в бассейнах среднемозговых артерий в пробе «гипервентиляция/задержка дыхания» с регистрацией в режиме мониторинга. По результатам клинических обследований написано 108 диагностических заключений. В 5-ти случаях выявлена частичная компрессия одной из позвоночных артерий в ротационной пробе. В одном случае выявлен легкий стеноз в области бифуркации внутренней сонной артерии (в сифоне). Одно обследование проведено с клинико-диагностической целью (оценка кровотока после недавно перенесенного инсульта).

К числу особенностей гемодинамики, выявленных у большинства лиц (либо во многих случаях) в процессе обследований, можно отнести: брадикардию; повышенную вязкость крови (косвенно - по форме допплерограммы); низкие скорости кровотока и сниженную эластичность сосудов в вертебробазилярном бассейне; различия метаболической реактивности (на специфическую нагрузку) в бассейнах заднемозговых артерий (снижена справа); хорошую вазомоторную реактивность в бассейнах среднемозговых артерий и большую длительность задержки дыхания (повышен гемоглобин) (ИЭФБ РАН).

8. Проведен мониторинг и скрининг психо-физиоогического состояния организма человека с применением методов неинвазивной диагностики и психо-эмоционального (САН, тест Спилбергера-Ханина), включая теста Люшера. Тест с успехом применяется в различных областях психологической практики как диагностический, так и психокоррекционный инструмент. Тест позволяет оценить уровень работоспособности и надежности в сложных и опасных ситуациях, определить особенности поведения в экстремальных ситуациях; выработать рекомендации по организации режима труда и отдыха, оптимизации процесса выполнения деятельности, нормализации условий работы, нормированию рабочих нагрузок и пр. Мониторинг с тестом Люшера прошли 10 человек, скрининг – 12 человек, выполнено 122 измерения.

Результаты сопоставления среднегрупповой динамики цветовых предпочтений с параметрами геокосмических агентов показали, что средние значения отклонения от аутогенной нормы коррелируют с параметрами солнечного ветра:с меридиональным углом (Long. Angle of avg. Deg (GSE Coords)), вектором межпланетного магнитного поля (Field vector) $r=0,55$, $p<0,05$; с вариабельностью солнечного ветра (sigma-phi-V) $r=0,61$, $p<0,05$; с потоком протонов с энергиями >60 Мэв (PROT Flux >60MeV) $r=-0,64$, $p<0,05$.

Статистические показатели среднесуточных значений вегетативного коэффициента (ВК) по выборке испытуемых показали, что среднее, медиана и минимальные значения статистически значимо ($p<0.05$) сопряжены с вариациями параметров солнечного ветра Long. Angle of avg. Deg (GSE Coords), Field vector r= -0,62, r=-0,61, r=-0,54, p<0,05, соответственно. Коэффициенты корреляции между средними значениями, медианами и sigma-phi-V: r= -0,58, r = -0,60, p<0,05; с PROT Flux >60MeV r=0,56 и r=0,53, p<0,05, соответственно. С индексом геомагнитной активности Ак коэффициенты корреляции средних значений и медианы составляют r=0,58 и r=0,57, p<0,05, соответственно. Это свидетельствует о том, что при снижении геомагнитной активности средние значения отклонения от аутогенной нормы возрастают (НИЦ МБП КНЦ РАН).

9. Показана высокая степень сопряженности психо-физиологического состояния организма человека на арх. Шпицберген с вариациями параметров межпланетной среды, включающих напряженность межпланетного магнитного поля (ММП), вариабельность его векторов; со скоростью, направлением, плотностью потоков частиц в солнечном ветре; с наземными геофизическими агентами: метеорологическими факторами, интенсивностью нейтронов у поверхности Земли, геомагнитной активностью (НИЦ МБП КНЦ РАН).

10. Обнаружено, что при изменении энергетических спектров потоков частиц в солнечном ветре может возрастать ситуативная тревожность, как показатель возможных нежелательных психоэмоциональных состояний, ведущих к неадекватным действиям, в частности, при решении ответственных задач. Однако, этот вопрос требует дальнейших исследований для выявления соотношения спектральных составляющих в энергетическом спектре потока протонов в солнечном ветре, сопровождающихся возрастанием ситуативной тревожности у жителей арх. Шпицберген.

В частности, показано, что ситуативная тревожность возрастает при возрастании плотности протонов в солнечном ветре и снижении глобальной геомагнитной активности, коэффициенты корреляции с плотностью протонов составляют r= 0,49, p<0,05, с Dst-индексом: r= 0,70, p<0,05. Вместе с тем, ситуативная тревожность снижается при возрастании плотности потока протонов с энергиями >10 Мэв. При снижении ГМА понижается самочувствие, активность, настроение. Коэффициенты корреляции с Dst-индексом r= -0,58, r= -0,49 и r= -0,68, p<0,05, соответственно (НИЦ МБП КНЦ РАН).

11. Получены приоритетные данные, позволяющие разработать новый метод диагностики состояния тревожности на основе газоразрядной визуализации свечения кончиков пальцев (ГРВ – детекции), а также оценки вариабельности биоэффективных потоков протонов. Основанием для разработки такого метода служит статистически значимая связь между показателями ГРВ, вариациями параметров межпланетной среды и ситуативной тревожностью.

Показано, что при возрастании плотности потока протонов с энергиями >10 Мэв в вариантах измерения ГРВ без фильтра и с фильтром снижаются средние показатели проекции площади свечения: коэффициенты корреляции между правой, левой, фронтальной проекциями площади и потоком протонов с энергиями >10 Мэв составляют r= -0,73, r= -0,78, r= -0,74, p<0,05, соответственно. В то же время, показатели проекции площади статистически значимо (p<0,05) сопряжены с уровнем ситуативной тревожности (r=0.62, p<0.05). При этом возрастают значения проекции энтропии, коэффициента формы и снижается коэффициент симметрии. (НИЦ МБП КНЦ РАН).

12. Апробирован новый метод интегральной оценки качества среды обитания на основе показателей свойств воды, отражающих воздействие физико-химических факторов, ассоциированных с геокосмическими агентами, на окислительно-восстановительный потенциал воды (ОПВ), измеряемый с применением ионометра И-160МИ. Показана высокая степень статистически значимой сопряженности. ОПВ с психофизиологическими показателями состояния организма и геокосмическими агентами. Полученные данные свидетельствуют об обнаружении нового фундаментального феномена, связанного с

сенсорными свойствами воды, отражающими вариации интегрального состояния окружающей среды (НИЦ МБП КНЦ РАН).

13. Апробированы и отработаны методы коррекции психофизиологического состояния организма человека с применением технологии биологической обратной связи (БОС-регуляции). Детекция психофизиологических параметров с применением прибора РЕАКОР, ориентированного на БОС-регуляцию таких показателей, как фотоплетизмограмма, кожно-гальваническая реакция, температура кистей рук, параметров вариабельности сердечного ритма, дополнительно подтвердила высокий уровень сопряженности параметров состояния организма с вариациями геокосмических агентов на арх. Шпицберген.

Показано, что все статистические параметры фотоплетизмограммы, отражающие среднесуточную динамику показателей по выборке, статистически значимо связаны с вариациями плотности потока солнечных протонов с энергиями >10 Мэв, т.е. чем выше плотность протонов, тем выше значения фотоплетизмограммы. Выявлено, что средняя температура среднего пальца левой руки значимо сопряжена с вариациями интенсивности нейтронной компоненты у поверхности Земли, $r=0,54$, $p<0,05$, максимальные значения кожно-гальванической реакции фаланги левой руки (13085,9±10211,0 у.е.) сопряжены со средним значением вектора межпланетного магнитного поля (Magnitude of Average, nT, Field vector, $|<B>|$), $r=0,64$, $p<0,05$, абдоминальное дыхание сопряжено с потоком протонов в солнечном ветре с энергиями >30 Мэв $r=-0,93$, $p<0,05$. То есть, чем выше плотность потока протонов, тем меньше глубина диафрагмального дыхания и тем выше вероятность гипоксии. При этом снижается также полный спектр мощности ВСР - I; ТР(мс*мс/Гц), $r= -0,81$, $p<0,05$ (НИЦ МБП КНЦ РАН). Эти данные находятся в хорошей согласованности с предварительными результатами, полученными при краниодоплероскопии, показывающими замедление кровотока, брадикардию, а также снижение эластичности сосудов, косвенно отражающими изменение глубины дыхания.

На основе полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Геокосмические агенты, включая потоки солнечного ветра, глубоко проникающего в атмосферу земли в районе арх. Шпицберген, существенно модулируют психофизиологическое состояние организма человека, порождая физико-химические условия, способствующие повышению уровня тревожности и сопутствующих состояний, которые могут приводить к неадекватному принятию решений в ответственных ситуациях.

2. Экстремальные высокоширотные условия среды, включая воздействие геокосмических агентов, отражаются в иммунологическом статусе организма, который характеризуется высоким уровнем лейкопении, нейтропении, моноцитопении и лимфопении, выявленный, примерно, у 30% обследованных лиц, а также агрегацией тромбоцитов - у 57% обследованных лиц. Наряду с этим, выявлен дисбаланс функциональной активности нейтрофилов, отражающий дефицит активности фагоцитов, а также повышенные концентрации циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) у всех обследованных лиц, превышающие верхний предел нормы в 13 раз. Поскольку повышенное содержание ЦИК указывает на вероятность их накопления в тканях и развития воспалительного процесса в местах их отложения, то избыточное формирование ЦИК и их неэффективная элиминация у жителей пос. Баренцбург может свидетельствовать о риске развития болезни иммунных комплексов (гиперчувствительности III типа), возможности развития воспалительных процессов и повреждения биологических структур: эндотелия кровеносных сосудов, почечных клубочков, суставов, что, соответственно, проявляется клиническими признаками васкулита, гломерулонефрита, артрита.

3. Особенности высокоширотной среды на арх. Шпицберген проявляются в гемодинамике и уровне активации центральной нервной системы (ЦНС) у жителей пос. Баренцбург. У большинства лиц выявлены брадикардия; повышенная вязкость крови (косвенно по форме допплерограммы); низкие скорости кровотока, сниженная эластичность сосудов в вертебробазилярном бассейне; большая длительность задержки дыхания и др.

особенности. Уровень быстродействия в исследованной выборке испытуемых, свидетельствует об отклонении от нормального распределения в сторону более низких значений, что отражает снижение уровня активации ЦНС.

4. Сопряженность показателей ГРВ с вариациями параметров межпланетной среды и с ситуативной тревожностью может служить основанием для разработки нового метода, с одной стороны, отражающего уровень тревожности, с другой стороны – косвенно свидетельствующего об изменении параметров окружающей среды.

5. Динамика ОПВ воды, сопряженная с вариациями геокосмических агентов и психофизиологическим состоянием организма свидетельствуют об обнаружении нового фундаментального феномена, связанного с сенсорными свойствами воды, отражающими вариации интегрального состояния окружающей среды.

6. Полученные данные свидетельствуют о значительных изменениях состояния организма жителей пос. Баренцбург, проживающих в экстремальных высокоширотных условиях с биоэффективным воздействием геокосмических агентов. Для выявления динамики развития отклонений психофизиологического состояния организма, в том числе маркеров развития ХБС, степени распространенности и особенности течения хронического болевого синдрома у работников «Арктикуголь» необходимо расширение медико-биологического мониторинга, в том числе, с использованием технологии телемедицины. Это позволит разработать рекомендации комплексной ранней диагностики, профилактики и купирования заболеваний, связанных с аутоиммунными процессами, нарушением гемодинамики, возникновением специальных психоэмоциональных состояний, обусловленных пониженной активностью ЦНС или повышением уровня тревожности, а также развитием ХБС, как одной из ведущих, самостоятельной нозологии в формировании временной нетрудоспособности и приводящей к инвалидизации.

7. Для эффективного мониторинга состояния здоровья жителей п. Баренцбург с использованием возможностей телемедицины необходима организация широкополосной скоростной и закрытой по шифрованию линии.

По результатам работы 2017 г. в пос. Баренцбург подготовлены две *статьи*:

- в журнал «Авиакосмическая и экологическая медицина» Н.К. Белишева, А.А. Мартынова, С.В. Пряничников, Н.Л. Соловьевская, В.В. Мегорский. Арх. Шпицберген – Полигон для аналоговых исследований воздействия космофизических агентов на организм человека;

- в Norwegian Journal of Development of the International Science Belisheva N.K., A.A. Martynova, S.V. Pryanichnikov, N.L. Solovyevskaya, V.V. Megorsky. Psychophysiological effects of geocosmic agents in habitants of the Svalbard.

Исполнитель работ:

Филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Кольского научного центра РАН (КНЦ РАН) Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике (НИЦ МБП КНЦ РАН). Руководитель работ д.б.н. Белишева Н.К., зам. директора НИЦ МБП КНЦ РАН.

Соисполнители:

Институт физиологии природных адаптаций Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра комплексных исследований Арктики имени академика Н.П. Лавёрова (ИПФА ФИЦ КИА), Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова Российской академии наук (ИЭФБ РАН).

Мероприятия ФГБУН Мурманский морской биологический институт (ММБИ КНЦ РАН)

Мероприятие 20. Комплексные исследования экосистем фьордов и морей, омывающих архипелаг Шпицберген.

Фундаментальные научные и прикладные исследования на архипелаге Шпицберген в 2017 г. проводились согласно календарного плана и научной программы на текущий год, начиная с июля. В первой половине 2017 г. новая тема госзадания «Комплексные исследования экосистем фьордов и морей, омывающих архипелаг Шпицберген» проходила целый ряд согласований в Федеральном агентстве научных организаций (ФАНО).

Научно-исследовательская работа ММБИ была направлена на получение новых сравнительных данных по термохалинным условиям, сезонной седиментации, биоразнообразию, исследованию береговых экосистем на северном участке действия западной ветви течения Гольфстрим. В ходе реализации темы научно-исследовательская деятельность осуществлялась по трем блокам:

1. сбор научного материала в морских и береговых экспедициях непосредственно на арх. Шпицберген;
2. аналитическая обработка полевого материала в лабораториях Института в Мурманске и в лаборатории Шпицбергенской Биогеостанции ММБИ в пос. Баренцбург;
3. публикация научных статей в различных изданиях, а также популяризация научных исследований.

Экспедиционные работы в районе архипелага Шпицберген в 2017 г. выполнялись по двум основным направлениям:

1. *Морские исследования на НИС «Дальние Зеленцы»*

в период 18-29 июля (рис. 20.1). В это время в районе архипелага было сделано 44 морских станции. С 20 по 26 июля по специальному разрешению судно работало в норвежских территориальных водах. В экспедиции приняли участие 13 сотрудников ММБИ, 2

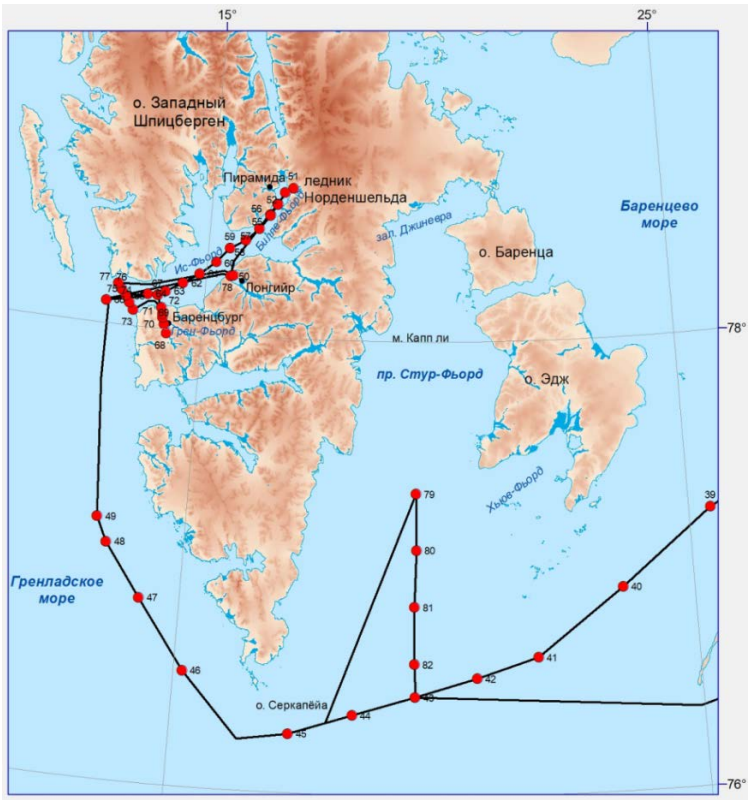


Рисунок 20.1 – Район работ экспедиции на НИС «Дальние Зеленцы» в районе Шпицбергена в июле 2017 г.

сотрудника ААНИИ и 2 сотрудника Университетского центра Свальбарда (UNIS). Экспедиция имела комплексный характер. Результаты исследований находятся в процессе обработки. Вторая морская экспедиция на НИС «Дальние Зеленцы» запланирована на ноябрь 2017 г.

Экотоксикологические исследования (совместно с ААНИИ)

С борта НИС «Дальние Зеленцы» в период 21-25.07.2017 на акватории Исфьорда, Грёнфьорда и Биллефьорда отобраны пробы донных отложений, воды и бентосных организмов для исследования содержания тяжелых металлов и ртути (рис. 20.2). Пробы переданы для анализа в химико-аналитическую лабораторию Российского научного центра на архипелаге Шпицберген.

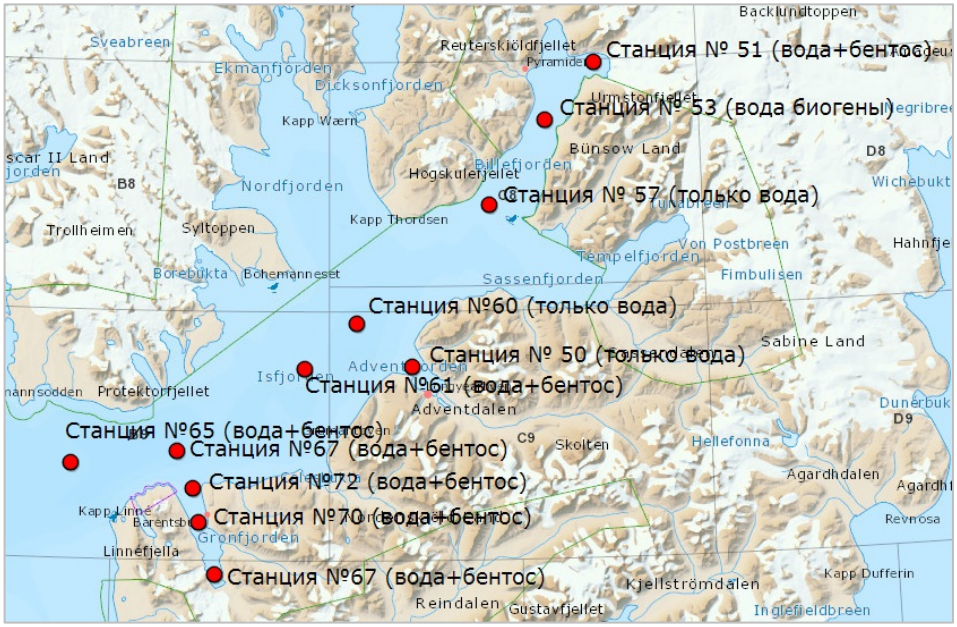


Рисунок 20.2 – Схема расположения станций отбора проб воды, донных отложений и бентосных организмов для экотоксикологических исследований в 2017 г.

2. *Береговые наблюдения в районе пос. Баренцбург*

Местом базового размещения участников береговой экспедиции и предварительной обработки первичного полевого материала была Шпицбергенская Биогеостанция ММБИ в Баренцбурге.

Летняя экспедиция (21-25 июля 2017 г.) фокусировалась на проведение систематических всесезонных береговых экспедиций, направленных на изучение зообентоса и водорослей макрофитов заливов арх. Шпицбергена, что является одним из основных направлений фундаментальных исследований ММБИ КНЦ РАН.

Исследования ММБИ КНЦ РАН на арх. Шпицберген носят многогодичный характер, однако, в настоящее время практически полностью отсутствуют сведения о количественном распределении литоральной фауны Грён-фьорда. В более ранних экспедициях, проводимых с 1995 года, на литорали осуществлялись в основном качественные сборы. Полученные ранее данные по водорослям макрофитам, также не отражают полной картины альгологической составляющей региона. Помимо этого, в связи с продолжающимся с середины прошлого века смягчением климата европейской Арктики, данные о литоральной фауне и маркофитах нуждаются в постоянном дополнении.

Прикладное значение данных исследований наиболее полно отражается в возможности разработки природоохранных мероприятий, направленных на устранение негативных антропогенных воздействий, связанных с освоением Арктики. Также полученные данные могут быть своего рода индикатором, характеризующим динамичное изменение климатических условий региона.

Целью данной береговой экспедиции являлось проведение экспедиционного мониторинга литоральной фауны и водорослей маркофитов литорали и сублиторали. В соответствии с вышеуказанной целью были поставлены следующие задачи:

– Изучение количественного распределения литоральной фауны залива Грён-фьорд;

– Изучение видового состава макрофитов на различных участках залива Грён-фьорд.

Основу маршрута экспедиции составляла литораль залива Грён-фьорд. Отбор проб осуществлялся в районе: Биогеостанции ММБИ, кута залива, бухты Варминга, устья реки Альдегонда, севернее мыса Кокеринессет, мыс Хееройден. Береговая экспедиция проведена в период с 21 по 25 июля 2017 г.

Исследования зообентоса литоральной зоны залива Грён-фьорд проводились в период береговой экспедиции ММБИ КНЦ РАН. Были отобраны количественные пробы на разных типах литорали. Пробы в летний период отбирались на тех же разрезах, что и во время работ, проведенных весной 2016 г. [1], за исключением разрезов 3 и 5, которые были исключены по причине однотипности биотопа и фауны. Итоговой целью работы является выявления сезонных изменений в составе и количественных характеристиках литорального населения. Т.к. в условиях ограниченного времени не было возможности обработать «живые» пробы, весь материал был зафиксирован 4% формалином и доставлен в лабораторию зообентоса ММБИ для дальнейшего анализа.

Отбор проб производился при помощи учетной рамки площадью 0,0625 м^2 (25х25 см) (рис. 20.3а), грунт в пределах учетной площади извлекался до глубины около 5 см. На каждом разрезе выполнен отбор проб на 3 горизонтах литорали: верхнем (зона, закрываемая водой в максимум прилива), среднем и нижнем (у уреза воды в максимум отлива). На каждом горизонте отобрано по 3 количественных пробы, т.е. на каждом разрезе отбиралось 9 проб. Всего выполнено 6 разрезов, отобрано 54 количественных пробы грунта (рис. 20.3б). Параллельно на всех разрезах рефрактометром ручным оптическим ATC-S/Mill-E “ATAGO” отбирались пробы воды для определения солености (у уреза воды). Температура воды и воздуха не измерялась по причине отсутствия термометра. Характеристика разрезов приведена в таблице 20.1, схема их расположения на рисунке 20.4.

а. б.

Рисунок 20.3 – (а) Учётная рамка для отбора проб зообентоса; (б) Отбор проб на литорали

Предварительные результаты

По визуальным оценкам литораль обильно населена. На валунах и гальке преимущественно на разрезах 4, 6, 8 наблюдаются обильные поселения молоди *Semibalanus balanoides*, вероятно осевшей прошедшей весной, и *Littorina saxatilis*. Балянусы сплошным слоем покрывают валуны в нижнем и среднем горизонте литорали. Под валунами обильные скопления Gammarus spp. В зимне-весенний период 2016 г. литораль внешне была практически безжизненна, гаммарусы в среднем и даже нижнем горизонте отсутствовали, молоди балянусов не наблюдалось, только взрослые особи на боковых сторонах валунов.

Таблица 20.1. Характеристика литоральных разрезов.

Разрез	Дата	Координаты	Соле-ность	Характеристика биотопа
1 (напротив Биогеостанции ММБИ)	21.07.17	E 14°12,8016' N 78°02,9408'	31‰	Гравий, галька, песок, угольная крошка
2 (у мыса Хееройден)	22.07.17	E 14°10,71756' N 78°05,36682'	32‰	Галька, песок, выбросы водорослей
4 (у л. Альдегонда)	25.07.17	E 14°12,03414' N 77°59,60022'	29‰	Мелкие валуны, между ними песок, ил.
6 (северней м. Кокеринессет)	22.07.17	E 14°03,93552' N 78°03,87804'	34‰	Мелкие валуны, галька, крупный песок. Выбросы ламинарии.
7 (б. Варминга)	22.07.17	E 14°18,38844' N 78°00,72708'	23‰	Илистая литораль, очень большая площадь осушки. Под слоем ила – крупный песок.
8 (кут Грен-фьорда)	23.07.17	E 14°17,1378' N 77°57,8331'	30‰	Крупный песок, галька, в нижнем горизонте – пояс мелких валунов.

Также на песчаных участках литорали на разрезах западного берега наблюдались массовые поселения полихет *Fabricia stellaris*. В зимнее время они также присутствовали, но не были видны так явно.

Все пробы переданы в лабораторию зообентоса ММБИ для дальнейшего анализа качественного и количественного состава фауны. Будет проведено сравнение полученных данных с результатами весенних работ.

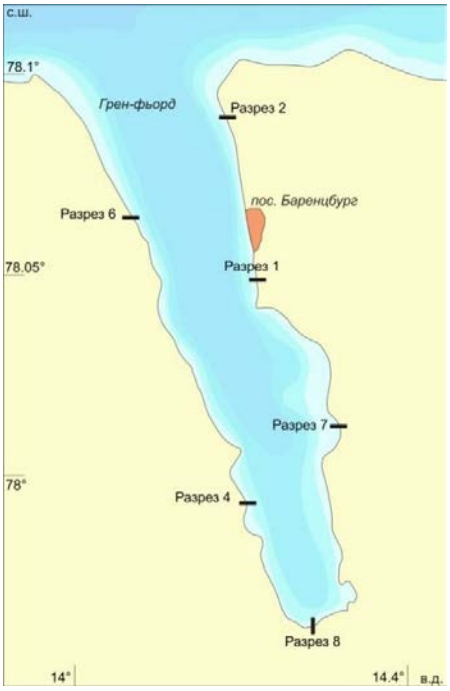


Рисунок 20.4 – Карта-схема расположения литоральных разрезов в заливе Грён-фьорд 21-25.07.2017

Исследования водорослей макрофитов в заливе Грён-фьорд проведены в период с 21.07.17 по 25.07.17 согласно задачам лаборатории альгологии ММБИ в рамках тем госзаданий. Сбор макрофитов осуществлялся в разных точках залива, характеризующихся разными факторами, влияющими на распределение водорослей. К основным таким факторам относится соленость, субстрат к которому прикрепляются водоросли на литорали, загрязненность органическими веществами и тяжелыми металлами, прибойность. Цель исследования заключается в анализе видового состава макрофитов в различных участках залива Грён-фьорд.

Отбор проб производился при помощи учетной рамки площадью 0.01 м² в период максимальных суточных отливов (рис. 20.5а). В пределах учетной рамки водоросли срезались лезвием, в верхнем горизонте литорали водоросли в виде налета на камнях соскабливались лезвием (рис. 20.5б). В лабораторных условиях производилась маркировка проб и их фиксация 4% раствором формалина. С лодки производился сбор водорослей «кошкой» с целью анализа сублиторальных видов макрофитов. В районе отбора проб измерялась солёность воды рефрактометром ручным оптическим ATC-S/Mill-E “ATAGO”. Всего было собрано 39 проб с разных горизонтов литорали. Также 29 проб собраны для анализа на видовой состав. 5 проб фукусовых водорослей были заморожены. Результаты наблюдений занесены в полевой дневник. Характеристика точек сбора материала в заливе Грён-фьорд приведена в таблице 20.2. Расположение точек показано на рисунке 20.6.

а. б.

Рисунок 20.5 – (а) Отбор пробы с помощью рамки 10х10 см в районе ТЭЦ в заливе Грён-фьорд; (б) Сбор материала с подошвы клифа в районе мыса Хееройден, точка №3

Предварительные результаты

По визуальным оценкам наблюдалось разнообразие видов макрофитов. Значительная биомасса бурых водорослей *Saccharina latissima* и *Laminaria digitata* наблюдалась в нижнем горизонте литорали и в сублиторали практически во всех точках сбора водорослей кроме кутовой зоны, в которой отмечена низкая биомасса *Fucus vesiculosus*, представители зеленых и красных водорослей. Красные водоросли представлены единичными экземплярами *Palmaria palmata*. В связи с сизигийными отливами в период сбора материала удалось визуально наблюдать пояс ламинарии.

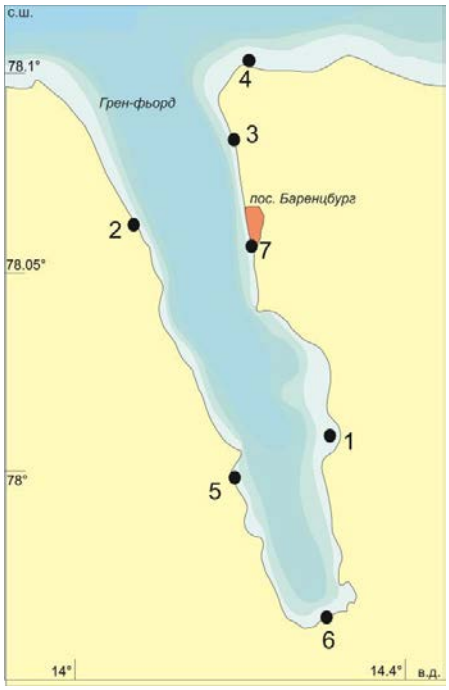


Рисунок 20.6 – Точки сбора альгологических проб в заливе Грён-фьорд

Фукусовые водоросли были представлены двумя формами *Fucus vesiculosus* и отмечаются не повсеместно в районе мыса Хееройден. В б. Ваминга *Fucus vesiculosus* отмечено не было, что объясняется не благоприятным субстратом для роста данного вида. Карликовая форма *Fucus vesiculosus* наблюдалась в точке 4, за вертолетной площадкой.

Таблица 20.2. Координаты сбора материала в заливе Грён-фьорд

Точки сбора проб	Дата и время	Координаты	Соленость
1. Мыс Сандфьорднесет	21.07.17 18:30	E14°11.46,62' N 78°00.23,39'	23‰
2. Литораль к северу от мыса Кокеринессет	22.07.17 07:05	E14°04.01,47' N 78°03.55,86'	34‰
3. У мыса Хееройден	22.07.17 19:22	E14°10.37,84' N78°05.17,32'	32‰
4. За вертолетной площадкой	22.07.17 20:00	E14°10.55.32' N78°06.05.08'	33‰
5. Устьевая зона реки Альдегонда	23.07.17 07:57	E14°12.02,05' N77°59.39,01'	29‰
6. Кутовая часть Грен-фьорда	23.07.17 20:11	E14°17.08,27' N77°57.49,99'	30‰
7. Литораль в районе ТЭЦ (Баренцбург)	24.07.17 21:20	E 14°12.28,37' N 78°03.16,51'	31‰

В точке вблизи ТЭЦ пос. Баренцбург отмечалась высокая биомасса зеленых водорослей. В точке у реки Альдегонда обнаружено разнообразие нескольких видов макрофитов, высокая биомасса бурых водорослей *Fucus vesiculosus*, *Saccharina latissima* и *Laminaria digitata*. Также там присутствовали зеленые и красные водоросли. Литораль в районе севернее м. Кокеринессет, также была густо населена различными видами

макрофитов бурых и зеленых водорослей. В ходе исследований отобрано 7 гербарных образцов бурых водорослей *Fucus vesiculosus*, *Saccharina latissima* и *Laminaria digitata*.

В ходе береговой экспедиции выполнены зообентосные и альгологические исследования в заливе Грён-фьорд. Отобран ряд проб, проведён первичный анализ полученного материала. Дальнейший анализ собранных в ходе экспедиции проб должен принести интересные научные результаты. Программа экспедиции выполнена в полном объеме.

Осенняя экспедиция (28 августа-16 сентября 2017 г.)

В период экспедиции ММБИ КНЦ РАН с 28.08 по 16.09.2017 в рамках темы госзадания «Комплексные исследования экосистем фьордов и морей, омывающих архипелаг Шпицберген» проведены седиментологические исследования на озере Бретъёрна (рис. 20.7). Цель экспедиции – получение количественных характеристик поступающего терригенного материала на дно озера Бретъёрна, определение скорости осадконакопления в водоёме.

Для этого осуществлялся отбор проб с использованием двух контейнерных седиментологических ловушек [2] и батометра Нискина. Для определения характеристик термохалинной структуры водной толщи использовался RBR-зонд.

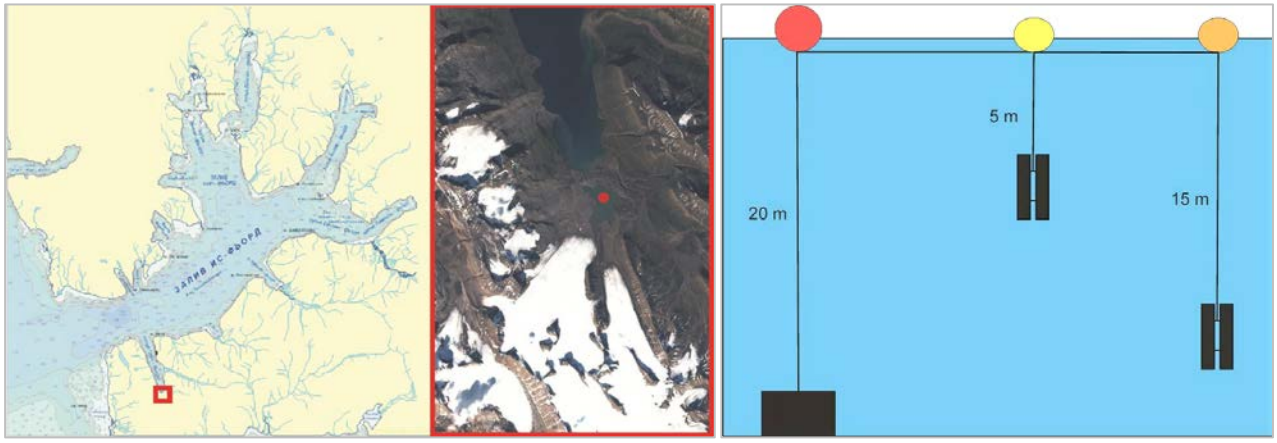


Рисунок 20.7 – Точка постановки (слева) и схема постановки седиментологических ловушек на озере Бретъёрна (справа)

Ловушки устанавливались с 30.08 по 12.09.2017 севернее географического центра озера (77,954330; 14,295805). Место постановки ловушек выбиралось с учётом подводного рельефа и глубины озера. Схема постановки: ловушки крепились за металлическую скобу у верхнего основания капроновым фалом к системе наплывов (кухтелей). К нижнему основанию крепился утяжеляющий груз, препятствующий подводному дрейфу ловушки. Полученная конструкция присоединялась капроновым фалом к стационарному бую, который имел вид постоянно действующей платформы, удерживающийся на определенной точке за счет «мертвого якоря» (рис. 20.7). Глубина постановки ловушек – 5 и 15 м.

После постановки всей системы через интервал времени 48 часов производился подъём ловушек для снятия пластикового контейнера с пробами взвеси и заправки нового контейнера, после чего ловушки вновь отправляли на заданную глубину (рис. 20.8а). Пробу из одного контейнера фильтровали через фильтр (с ячеями пор в 0,45 мкм), высушивали при комнатной температуре и взвешивали на весах (точность 0,001 г) (рис.20.8б). Проба из другого контейнера подвергалась высушиванию в сушильном шкафу и взвешивалась. Далее сухая навеска прокаливалась в муфельной печи в течение шести часов при температуре +400 ºС. Охлажденная до комнатной температуры навеска вновь взвешивалась, тем самым в ней устанавливали соотношение органического и минерального вещества.

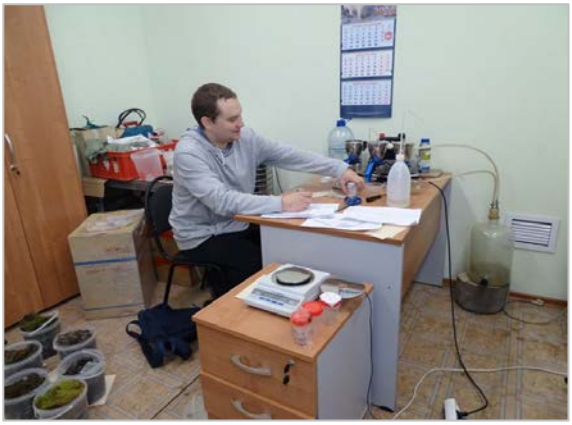
а. б. 

Рисунок 20.8 – (а) отбор проб взвеси из седиментологических ловушек (оз. Бретъёрна); (б) обработка седиментологических проб

Для определения количественных характеристик терригенного материала во взвеси в водной толще озера использовался батометр Нискина. Пробы отбирались с придонного и поверхностного горизонтов в точке постановке ловушек с дискретностью 48 часов. Для определения характеристик термохалинной структуры водной толщи использовался RBR-зонд, промеры осуществлялись на точке постановки ловушек. Зонд RBR и батометр Нискина были предоставлены РНЦШ.

Первичная обработка материала осуществлялась на «Биогеостанции ММБИ КНЦ РАН» в пос. Баренцбург, а также в химико-аналитической лаборатории РНЦШ в пос. Баренцбург.

Всего при помощи седиментологических ловушек с горизонтов 5 и 15 м отобрано 13 проб взвеси. При помощи батометра Нискина отобрано 17 проб взвеси распределённой в водяном столбе озера. Зондом RBR выполнено 6 промеров термохалинной структуры водной толщи озера (табл.20.3). Полученный материал в настоящий момент обрабатывается, по результатам обработки будет подготовлена публикация.

Таблица 20.3. Характеристики проб, отобранных в период с 30.08 по 12.09.2017

№	Орудие отбора	Дата	Глубина отбора
1	Ловушка	30.08.–31.08	5 м
2	Ловушка	31.08–02.09	5 м
3	Ловушка	31.08–02.09	15 м
4	Ловушка	02.09–04.09	5 м
5	Ловушка	02.09–04.09	15 м
6	Ловушка	04.09–06.09	5 м
7	Ловушка	04.09–06.09	15 м
8	Ловушка	06.09–08.09	5 м
9	Ловушка	06.09–08.09	15 м
10	Ловушка	08.09–10.09	5 м
11	Ловушка	08.09–10.09	15 м
12	Ловушка	10.09–12.09	5 м
13	Ловушка	10.09–12.09	15 м
14	Батометр	31.08	Придонный слой
15	Батометр	31.08	Поверхностный слой
16	Батометр	30.08.	Поверхностный слой
17	Батометр	02.09	Поверхностный слой
18	Батометр	02.09	Придонный слой
19	Батометр	02.09	Поверхностный слой
20	Батометр	04.09	Поверхностный слой
21	Батометр	05.09	Поверхностный слой
22	Батометр	05.09	Придонный слой
23	Батометр	06.09	Поверхностный слой
24	Батометр	06.09	Придонный слой
25	Батометр	08.09	Поверхностный слой
26	Батометр	08.09	Придонный слой
27	Батометр	10.09	Поверхностный слой

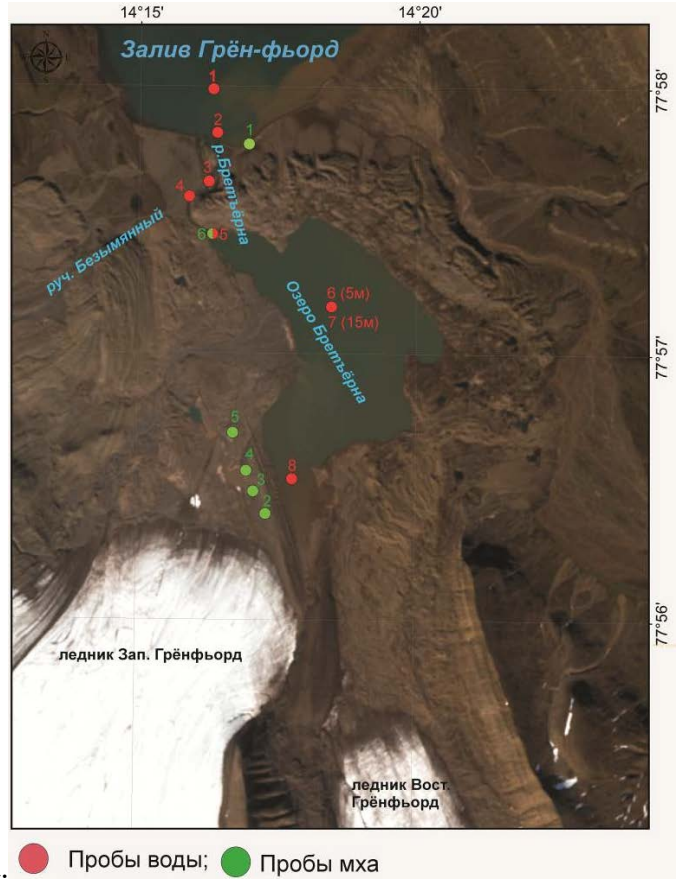
28	Батометр	10.09	Придонный слой
29	Батометр	12.09	Поверхностный слой
30	Батометр	12.09	Придонный слой
31	Зонд	02.09	Промер водной толщи
32	Зонд	04.09	Промер водной толщи
33	Зонд	06.09	Промер водной толщи
34	Зонд	08.09	Промер водной толщи
35	Зонд	10.09	Промер водной толщи
36	Зонд	12.09	Промер водной толщи

Радиоэкологические исследования

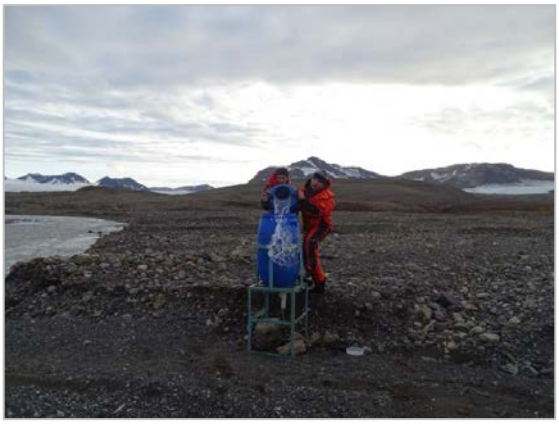
В период экспедиции ММБИ КНЦ РАН с 28.08 по 16.09.2017 в рамках темы госзадания «Комплексные исследования экосистем фьордов и морей, омывающих архипелаг Шпицберген» проведены радиоэкологические исследования на озере Бретъёрна, реке Бретъёрна, куту залива Грён-фьорд. В рамках данного направления исследований проводился отбор проб воды из поверхностного и придонного слоя озера Бретъёрна, реки Бретъёрна, ручья безымянного, поверхностного слоя в устье реки Бретъёрна (на стыке речной системы Бретъёрна и морской системы залив Грён-фьорд), в куту залива Грён-фьорд. В различных частях района работ отбирался мох (рис. 20.9).

Отбор проб на анализ ^{137}Cs проводился методом сорбирования ^{137}Cs из проб озёрной, речной и морской воды с помощью сорбента «анфеж». Сорбент готовлися определенным образом: необходимое количество (объемом 100 мл на пробу), помещалось в химический стакан, заливалось горячей водой (70-90°С) и выдерживают не менее 30 минут.

Водную суспензию сорбента переносили из химического стакана в колонку, (колонку заполняли до высоты 10-12 см) и на вход подавали пробу анализируемой воды, при этом обеспечивалась скорость воды в колонке не более 80 см/мин (600 - 700 мл/мин). Объем



а.



б.

в.

Рисунок 20.9 – Карта-схема станций отбора проб на загрязнение радионуклидами ^{137}Cs; (б) отбор проб воды и процесс сорбирования в районе дельты реки Бретъёрна; (в) отбор проб мха в районе ледника Западный Грёнфьорд

пропускаемой через сорбент отобранной природной воды 100 л (рис. 20.9б). После пропускания пробы на месте отбора сорбент выгружался из колонки в полиэтиленовый пакет или пластиковый контейнер.

Параллельно с отбором проб воды для определения загрязнения радионуклидами ^{137}Cs, отбирались пробы воды для определения содержания взвеси в водной толще. Пробы морской воды 1 и 2 сопровождались зондированием водной толщи (зонд RBR).

Мох отбирался по направлению ледник Западный Грёнфьорд–Кутовая часть залива Грён-фьорд (рис. 20.9в). Всего во время экспедиции было отобрано 8 проб воды, каждая объемом 100 л для сорбирования ^{137}Cs; 6 проб мха. Маркированные пробы переданы в лабораторию океанографии и радиоэкологии для гамма-спектрометрического анализа и дальнейшей обработки.

Орнитологические исследования

В сентябре 2017 г. проведены наблюдения за поведением и численностью птиц в предмиграционный период. Собран материал по поведению залетного вида на Шпицбергене – кряквы. Поставлены датчики температуры в трех точках на почве в районе пос. Баренцбург для исследования долговременной динамики условий обитания почвенных микроартропод (рис.20.10).

Рисунок 20.10 – Отбор проб почвенных микроартропод

Непосредственно в морских и береговых полевых работах на Шпицбергене в 2017 году участвовало 20 специалистов ММБИ. Общее количество присутствующих ученых Института на архипелаге Шпицберген, занятых в экспедиционных работах, составило более 200 чел./дней. Научные работы на архипелаге проводились в июле, августе, сентябре, ноябре 2017 г. По материалам экспедиционных работ на Шпицбергене в 2017 году опубликовано 6 статей, в том числе 2 в журнале «Русский вестник Шпицбергена». Защищена кандидатская диссертация (Н.И. Мещеряков).

Литература:

[1] Зимина О.Л., Мещеряков Н.И. Количественная характеристика литоральной фауны залива Грён-фьорд (Западный Шпицберген) в зимне-весенний период 2016 г. // Доклады академии наук. – 2017. – Т.474, №2. – С. 259–263.

[2] Потоки осадочного вещества / *В.Н. Лукашин, В.П. Шевченко, Е.А. Романкевич и др.* // Биогеохимия пограничных зон Атлантического океана. – М.: Наука, 1994. – С. 273–279.

Публикации:

Воскобойников Г.М., Зубова Е.Ю. Альгологические исследования на побережье Западного Шпицбергена [электронный ресурс] // Природные процессы в полярных регионах Земли в эпоху глобального потепления: Тез. докл. конф. (г. Сочи, 9–11 октября 2017 г.). – М.: ИГ РАН, 2017. – С. 23. размещено на сайте конференции http://polar2017.igras.ru/ (обращение 13.10.2017) (0.10 уч.изд.л.)

Зимина О.Л., Мещеряков Н.И. Количественная характеристика литоральной фауны залива Грён-фьорд (Западный Шпицберген) в зимне-весенний период 2016 г. // Доклады академии наук. – 2017. – Т.474, №2. – С. 259–263.

Ильин Г.В., Усягина И.С., Валуйская Д.А. Результаты радиоэкологических исследований фьордов Шпицбергена (по материалам экспедиции НИС «Дальние Зеленцы»,

2015 г.) [электронный ресурс] // Природные процессы в полярных регионах Земли в эпоху глобального потепления: Тез. докл. конф. (г. Сочи, 9–11 октября 2017 г.). – М.: ИГ РАН, 2017. – С. 21–22. – размещено на сайте конференции http://polar2017.igras.ru/ (обращение 13.10.2017) (0.10 уч.изд.л.)

Лебедева Н. Прекрасная гребенушка // Русский вестник Шпицбергена. – 2017. – № 4(30). – С. 20–21. (0.24 уч.изд.л.)

Лебедева Н. Пернатые гастролеры // Русский вестник Шпицбергена. – 2017. – № 4(30). – С. 21. (0.10 уч.изд.л.)

Мещеряков Н.И. Особенности седиментогенеза в заливе Грён-фьорд (Запад-ный Шпицберген) // Вестник МГТУ. – 2017. – Т. 20, № 1/2. – С. 272–279. – DOI: 10.21443/1560-9278-2017-20-1/2-272-279 – http://vestnik.mstu.edu.ru/show.shtml (0.90 уч.изд.л.) (WoS (ZR))

Мероприятия ФГБУН Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина (ПАБСИ КНЦ РАН)

Мероприятие 21. Растительно-почвенные ресурсы и оптимизация среды обитания человека на архипелаге Шпицберген.

Растительно-почвенные ресурсы

Обобщены результаты многолетних исследований пигментного комплекса растений и лишайников в экстремальных условиях архипелага Шпицберген, где можно оценить изменчивость этого показателя и выяснить его значение в адаптации разных видов. На острове Западный Шпицберген, крупнейшем в архипелаге, исследовали около 60 % известных видов сосудистых растений естественной флоры Шпицбергена, что позволяет считать этот анализ репрезентативным и дающим представление об одной из важных характеристик ассимиляционной деятельности растений естественных экосистем.

С повышением уровня организации от лишайников до сосудистых растений содержание пигментов увеличивается. Низкое содержание хлорофиллов характерно для лишайников, в два раза выше его содержание у мхов и почти в 6 раз выше — у сосудистых растений. У сосудистых растений Западного Шпицбергена диапазон содержания хлорофиллов равен 0,4–2,6 мг $г^{-1}$ сырой массы, что в среднем составляет 1,10±0,04 мг/г сырой массы. Около 70 % видов сосудистых растений Западного Шпицбергена имели низкое содержание хлорофиллов (до 1,0 мг/г сырой массы), а максимальные значения (выше 2,0 мг/г сырой массы) – около 5 %.

Выявлено, что преобладают виды арктической фракции (85 %) с циркумполярным типом распространения (70 %). Большинство видов арктической, гипоарктической и арктобореальной фракций содержат среднее количество хлорофиллов (0,7–1,3 мг/г сырой массы). Виды с низким содержанием хлорофиллов не отмечены среди метаарктических и арктобореальных. В группе арктоальпийских видов, наоборот, количество видов с низким уровнем зеленых пигментов может составлять до 22 %.

Сравнение полученных данных с аналогичными по другим регионам Арктики и Субарктики показало близкие границы диапазонов содержания зеленых и желтых пигментов у растений этих экстремальных районов. Минимальное количество хлорофиллов, необходимое для успешного роста растений, приблизительно одинаково во всех широтах (0,4 мг/г сырой массы). Показано, что нефотохимическое тушение выступает как корректирующий фактор, поддерживающий фотосинтетический аппарат в оптимально активном состоянии у растений в условиях Арктики.

На Шпицбергене возможны две классические стратегии адаптации. Одна связана с «избеганием» и «поиском» в новых климатических условиях тех локальных местообитаний, которые могут соответствовать потребностям вида. Динамика ответных реакций на первых этапах связана с сохранением содержания пигментов и функциональной активности, а при выходе за пределы этих изолированных экотопов отмечается постепенная деградация процессов роста и развития.

Второй путь связан с «адаптацией» – активным процессом, который включает спектр разнообразных приспособлений как на уровне структуры, так и функции. Это может быть объединение отдельных растений в маты (локальное повышение температуры и более полное поглощение световой энергии); увеличение размеров ассимиляционного аппарата за счет формирования такой жизненной формы, как «подушка»; снижение содержания хлорофилла, что обеспечивает уменьшение энергетических расходов на его защиту и поддержание в условиях круглосуточного освещения и низкой температуры.

Оптимизация среды человека на архипелаге Шпицберген

Разработана и проведена первичная апробация программы дополнительного образования «Экологическая терапия для детей в экстремальных условиях Арктики»,

включающая 7 занятий. Программа построена с учетом регионального компонента, состоит из блоков гардено- и анималотерапии. Каждое занятие состоит из 3 составляющих – новый материал в форме лекции, физминутка, практическая работа. В таблице 21.1 приведено краткое описание программы.

Таблица 21.1 Краткое описание программы дополнительного образования «Экологическая терапия для детей в экстремальных условиях Арктики»

Блок гарденотерапии	Блок анималотерапии
Занятие 1.	
Разнообразие травяного покрова в различных широтах (знакомство с семенами цветочных растений); посев газона.	Белый медведь: образ жизни, питание, поведение. Изготовление амулета в виде белого медведя.
Занятие 2.	
Определение понятия газон, его функции. Посев газона вокруг трафарета животного.	Песец: образ жизни, питание, поведение. Изготовление аппликации песца из кусочков ткани.
Занятие 3.	
Благоустройство двора детского сада-школы. Элементы благоустройства и озеленения детского учебного заведения.	Птицы Арктики. Знакомство с внешним видом и голосами птиц. Изготовление поделки: птица в гнездышке из картона и перьев.
Занятие 4.	
Альпийская горка: агротехника создания, макет альпийской горки в контейнере.	Водные животные Арктики. Знакомство с моржом. Изготовление объемного моржа из картона.
Занятие 5.	
Клумба: основные виды, макет клумбы в контейнере. Правила ухода за газоном.	Северный олень: образ жизни, питание, поведение. Изготовление головы оленя (оригами).
Занятие 6.	
Создание макета озеленения двора детского сада в контейнере	Животные фермы. Создание коллажа понравившегося животного.
Занятие 7. Заключительное.	
Подведение итогов.	

Разработанная в ПАБСИ программа по экологической терапии была апробирована в осеннее-зимнее время (с 13 по 25 ноября) – период входа в полярную ночь. Занятия проводились на территории детского сада-школы пос. Баренцбург 3 раза в неделю.

В эксперименте принимали участие две группы детей в возрасте от 5 до 7 лет. Одна группа принимала непосредственное участие в занятиях по программе (экспериментальная), другая – контрольная, в которой проводилась только функциональная диагностика.

Функциональная диагностика включала в себя:

- двукратное (до начала проведения занятий, и после проведения программы) проведение проективного теста личностных отношений, социальных эмоций и ценностных ориентаций «Домики» по методу О.А. Ореховой, в контрольной и экспериментальной группах.
- ежедневные динамические измерения функционального состояния детей обеих групп на неинвазивном кардиоритмографе «Варикард», фирмы ООО «Институт Внедрения Новых Медицинских Технологий «Рамена».

Публикации:

Марковская Е.Ф., Шмакова Н.Ю. Растения и лишайники Западного Шпицбергена: экология, физиология. Петрозаводск: ПетрГУ, 2017. 272 с. (17 п.л.).

Марковская Е.Ф., Галибина Н.А., Ильинова М.К., Никерова К.М., Шмакова Н.Ю. Состав липидов и функциональное состояние мембранных систем Stellaria humifusa // Труды Карельского научного центра РАН. 2017. № 5. С. 99-110. (1.1 п.л.)

Марковская Е.Ф., Шмакова Н.Ю., Новичонок Е.В. Оценка активности фотосинтетического аппарата некоторых видов высших сосудистых растений Западного Шпицбергена // Годичное собрание ОФР России и Всероссийская научная конференция «Экспериментальная биология растений: фундаментальные и прикладные аспекты»: Тезисы докладов. Крым, Судак, 18-24 сентября 2017.
http://ofr.su/assets/files/annual/crimea2017/OFR2017_sbornik_thesis.pdf. С. 228. (0.1 п.л.)

Промежуточный отчет по растительно-почвенным ресурсам арх. Шпицберген хранится в архиве ПАБСИ КНЦ РАН по теме ГЗ "Растительно-почвенные ресурсы, совершенствование методов управления охраняемыми природными территориями в условиях климатических изменений и антропогенного воздействия и оптимизация среды обитания человека на архипелаге Шпицберген" (№ 0229-2017-0005).

Мероприятие 22. Совершенствование методов управления охраняемыми природными территориями Западного Шпицбергена в условиях климатических изменений и антропогенного воздействия.

Генезис, свойства, география, биогеохимия и функционирование почв в экстремальных условиях высокой Арктики

Освновная цель направления - изучение процессов трансформации органического вещества, интенсивности выделения CO_2 и температурного режима в почвах на различных элементах ландшафта. Объектом исследования выбраны почвы катены юго-западного склона горы Улаф. С помощью морфолого-генетическое обследования почв, полевых экспериментов и химического анализа образцов решаелись следующие задачи:

1. Сравнительная характеристика интенсивности разложения растительных остатков местных видов растений и целлюлозы в почвах на различных элементах ландшафта;
2. Сравнительная характеристика интенсивности выделения CO_2 почвами на различных элементах ландшафта;
3. Сравнительная характеристика температурных режимов почв на различных элементах ландшафта;
4. Обобщение ранее полученных результатов.

В 2017 г. завершен трехлетний эксперимент по изучению процессов трансформации листьев ивки полярной и целлюлозы после 3-ех лет их экспонирования в почвах на 5-ти площадках, расположенных на различных элементах ландшафта с отбором 40 индивидуальных образцов растительных остатков (20 образцов остатков листьев ивки полярной и 20 образцов целлюлозы) и 28 образцов почв для последующего химического анализа. Проведена оценка биологической активности почв по интенсивности дыхания - выделения CO_2 на тех же стационарных площадках. Всего проведено 240 определений интенсивности суточной эмиссии парникового газа CO_2 почвами на тех же стационарных площадках. Заложено 2 новых почвенных разреза. Из них отобрано 10 образцов основных генетических горизонтов почв для последующего химического анализа. Проведен отбор образцов верхнего органогенного горизонта и растений (листья ивки, надземная часть ожики и овсяницы, а также мха саниония на 2-ух стационарных площадках для изучения почвенных процессов в лабораторных экспериментах.

Завершено обобщение результатов биогеохимического исследования почв юго-западной части острова Западный Шпицберген. Актуальность исследования биогеохимических особенностей почв Шпицбергена обусловлена необходимостью

определения природных уровней химических элементов в почвах для оценки антропогенного влияния на состояние окружающей среды этой уникальной природной территории.

Исследования нескольких десятков разрезов показали, что преобладающая часть обследованных почв формируется на почвообразующем материале с высоким содержанием SiO_2 и экстремально низком содержании щелочноземельных элементов, особенно Ca. В процессе почвообразования верхний органогенный горизонт серогумусовых грубогумусных почв обогащается главными биогенными элементами – Ca, Mg, P, K и Mn. Причем, несмотря на высокое широтное положение и бедность почвообразующего материала, уровни этих элементов в верхнем органогенном горизонте почв находятся на уровне, свойственном северной части европейского континента.

О биогеохимических особенностях почвообразующего материла обследуемого региона можно судить, сравнивая медианы концентраций элементов в гор. AYaoC с их средними содержаниями в литосфере (рис. 22.1). Только по содержанию 6 элементов (Bi, Cr, Sc, Sn, V и Zn) почвообразующий материал обследуемой территории близок к средним содержаниям в литосфере. Наиболее значительно почвообразующий материал здесь обогащен Ag (в 16 раз), As (в 8 раз), Se (в 4 раза) и Te (в 28 раз). Менее значительно (от 1,5 до 3 раз) почвообразующий материал в районе исследований обогащен Cd, Hg, Mo, Pb и Sb. В то время как концентрации Sr, Co, Cu, Mn, Ni, Rb, Sr и Tl снижены относительно Кларка в литосфере.

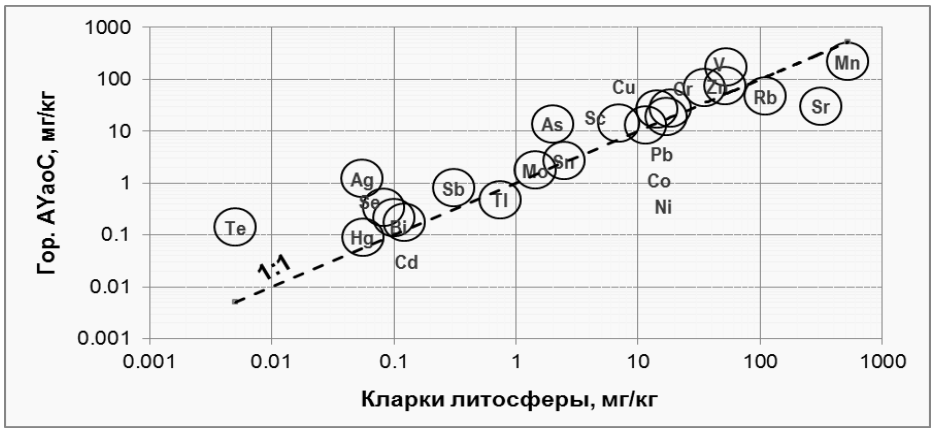


Рисунок 22.1 – Сравнение медиан концентраций элементов в нижней части профиля (гор. AYaoC) серогумусовых грубогумусных почв Шпицбергена с Кларками в литосфере

Верхний органогенный горизонт O серогумусовых грубогумусных почв формируется из остатков растительности. Это способствует значительному обогащению горизонта важными биогенными элементами – C, Ca, Mg, Mn, S, P, K и обеднению геогенными элементами – Si, Fe и Al. Концентрации большинства микроэлементов Ag, As, Bi, Rb, Sc, Tl, V, Co, Cr, Cu, Mo, Sb и Zn в гор. O снижены относительно почвообразующего материала (рис. 22.2). В то же время содержание Cd (в 2 раза), Hg (в 4 раза), Se (в 4 раза) и Sr (в 2,5 раза) выше в гор. O, чем в почвообразующем материале.

Наиболее существенные изменения химического состава диагностического горизонта AYao также связаны с аккумуляцией органического вещества (до 13,5 % $C_{орг}$), что обусловливает повышение содержания важных биогенных элементов (Mg, P и K) в этом горизонте относительно почвообразующего материала.

Для микроэлементов этому горизонту свойственно очень незначительные отличия по содержанию от нижерасположенных горизонтов: содержание Ag, As, Co, Mn, Pb, Sc, Sr и Zn незначительно (на 10-15%) снижено относительно нижних горизонтов. Наоборот, содержание Cd, Hg и Se повышено, но менее значительно по сравнению с верхним органогенным горизонтом.

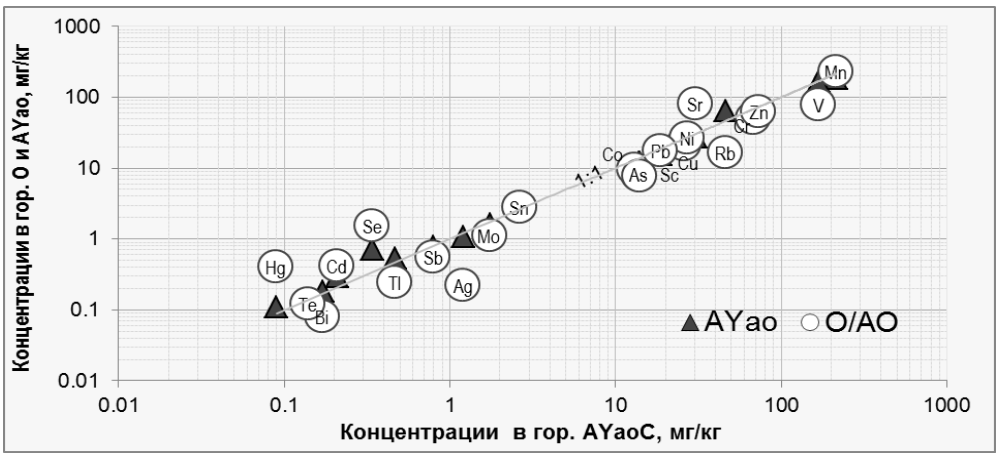


Рисунок 22.2 – Сравнение медиан концентраций элементов в нижней части профиля (гор. AYaoC) с медианами их концентраций в верхнем органогенном горизонте (гор. О или АО) и диагностическом серогумусовом грубогумусном горизонте AYao

Сравнение данных с ориентировочно допустимыми концентрациями (ОДК) химических веществ в почве показало, что во всех точках отбора наших образцов содержание Cd, Cu, Ni, Pb и Zn не превышает нормативных значений. Исключением является As, содержания которого в отдельных образцах до 2-х раз выше ОДК. Однако высокие содержания As в почвах в окрестностях пос. Баренцбург обусловлены не загрязнением, а природной биогеохимической особенностью данной территории.

Публикации:

Кашулина Г.М., Литвинова Т.И., Дрогобужская С.В., Баскова Л.А. Биогеохимические особенности почв юго-западного побережья острова Западный Шпицберген // Труды XIV Всероссийской (с международным участием) Ферсмановской Научной Сессии, посвященная 100-летию со дня рождения акад. АН СССР А.В. Сидоренко и д.г.-м.н. И.В. Белькова. Апатиты 3-4 апреля 2017 г. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. С. 424-426. (0.4 п.л.)

Кашулина Г.М., Литвинова Т.И., Дрогобужская С.В., Баскова Л.А. Комплексные биогеохимические исследования окружающей среды на острове Западный Шпицберген // Материалы I Всероссийской (с международным участием) научной конференции «Проблемы минерального обмена в организме человека на территориях Арктической зоны», Апатиты, 23-25 мая 2017 года. // Вестник КНЦ. 2017. Вып. 4. В печати. (0.4 п.л.)

Промежуточный отчет по растительно-почвенным ресурсам арх. Шпицберген хранится в архиве ПАБСИ КНЦ РАН по теме ГЗ "Растительно-почвенные ресурсы, совершенствование методов управления охраняемыми природными территориями в условиях климатических изменений и антропогенного воздействия и оптимизация среды обитания человека на архипелаге Шпицберген" (№ 0229-2017-0005).

Мероприятие 23. Изучение изменения разнообразия мохообразных и лишайников на градиенте тундровая зона-полярные пустыни в западноевропейском секторе Арктики и Кольской субарктике.

В 2017 г. составлены списки видов мхов района губы Дроздовка (190 видов) и лишайников п-ова Рыбачий (194 вида). 9 видов лишайников, включая 3 новых для России выявлены в Мурманской области впервые. Для Северо-Восточной Земли найдено 7 новых видов лишайников и 11 мхов. Проведено сравнение 16 локальных флор мхов и 13 флор лишайников полярных пустынь и арктических тундр Шпицбергена, субарктических тундр Мурманской области. Коэффициенты сходства флор Жаккара изменяются в диапазоне 0,22-0,59 для бриофлор и 0,13-0,38 для лихенофлор. Показано влияние ряда экологических факторов на локальные флоры.

В целом за 4 года исследований по теме изучено 15 локальных флор (ЛФ) мхов и 13 ЛФ лишайников Шпицбергена и тундровой зоны Мурманской обл. При продвижении от субарктических тундр к арктическим тундрам и к полярным пустыням снижается видовое богатство ЛФ (в среднем, у мхов 205, 113 и 90 видов, у лишайников 216, 151, 120 видов), меняются соотношения таксономических, ареалогических и экологических групп. В ЛФ, расположенных в пределах одной подзоны/зоны, определяющее влияние на флористические показатели оказывают локальные условия, особенно горные породы. В направлении к полярным пустыням различия между ЛФ одной подзоны увеличиваются.

Публикации:

Белкина О.А., Лихачев А.Ю. Мхи побережья Лумбовского залива (Кольский полуостров, Россия). // Arctoa. 2016. Т. 25 №2. 393-407. doi: 10.15298/arctoa.25.32. ИФ РИНЦ - 0,848. (2 п.л.)

Belkina O. The study of Svalbard local moss diversity and possbilities for cooperation with other researches. (id 56) // abstract of the Svalbard Science Conference 2017. Oslo, 6-8 Nov. 2017. P. 28-29 (https://forskningsradet.pameldingssystem.no/auto/43/Book%20of%20Abstract_nov%201.pdf)

Koznin M.N., Belkina O.A., Likhachev A.Yu, Ignatova E.A. Moss flora of the Ainov Islands, Barents Sea // Arctoa. — 2016. — Vol. 25, no. 2. — P. 408–419. ИФ РИНЦ - 0,848. (1,5 п.л.)

Конорева Л.А. Лишайники в локальных флорах о. Северо-Восточная Земля (Nordaustlandet, Svalbard) // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН, Апатиты, 2017. С. 450-452.

Конорева Л.А. Находки редких и интересных видов лишайников на архипелаге Шпицберген // Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана [Электронный ресурс]: III Всероссийская научная конференция: 20–24 ноября 2017 г., Сыктывкар, Республик Коми, Россия: тезисы докладов. – Сыктывкар : Издательство ИБ Коми НЦ УрО РАН, 2017. – С 228-231.

Konoreva L., Frolov I. and Chesnokov S. Lichens and allied fungi from the Pechenga district and surroundings (Lapponia Petsamoënsis, Murmansk Region, Russia) // Folia Cryptogamica Estonica. – 2017. – Vol. 54. – P. 17-23. Scopus. IF 0.57

Konoreva L.A. Russian investigation of lichens on Nordaustlandet (Svalbard) // abstract of the Svalbard Science Conference 2017. Oslo, 6-8 Nov. 2017. P. 121-122.

(https://forskningsradet.pameldingssystem.no/auto/43/Book%20of%20Abstract_nov%201.pdf)

Белкина О.А. Такие разные камнеломки // Русский вестник Шпицбергена. 2017. №3 (29). С. 20-21.

Заключительный отчет по данной теме хранится в архиве ПАБСИ КНЦ РАН и будет размещен в системе ЕГИСУ НИОКР.

Мероприятие 24. Анализ видового состава и экологических особенностей цианопрокариот полярных пустынь европейской Арктики.

Изучено разнообразие цианопрокариот полярных пустынь европейской Арктики, составлен аннотированный список, включающий 176 видов. Данная флора отличается бедным видовым составом, малым числом доминантов. Наибольшее число видов обнаружено на о. Северо-Восточная Земля, арх. Шпицберген – 132. Изученные локальные флоры этой территории демонстрируют значительное сходство видового состава. Проведен сравнительный анализ с флорами других территорий. Флора тундровой зоны Европы насчитывает 401 вид, евразиатского сектора Арктики - 482 вида, евразиатской Арктики и Гипоарктики вцелом – 603.

Публикации:

Давыдов Д.А. Использование информационной системы CRIS для изучения биогеографии цианопрокариот евро-азиатской Арктики // Труды Кольского научного центра РАН. Серия Прикладная экология Севера, 2016. Вып. 4. С. 102-112. (0.6 п.л.) РИНЦ 0.053

Давыдов Д.А. Изучение биоразнообразия цианопрокариот полярных пустынь Северного полушария на основе информационной системы CRIS // Использование современных информационных технологий в ботанических исследованиях». Апатиты, Мурманская область 28-31 марта 2017 г.: Тезисы докладов. Апатиты, 2017. С. 34-36. (0.1 п.л.)

Заключительный отчет по данной теме хранится в архиве ПАБСИ КНЦ РАН и будет размещен в системе ЕГИСУ НИОКР.

Мероприятия ФГБУН Кольский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН» (КоФ ФИЦ ЕГС РАН)

Мероприятие 25. Мониторинг опасных геодинамических явлений на архипелаге Шпицберген и прилегающем районе Западного арктического сектора РФ.

Целью выполнения Мероприятия 25 являлся мониторинг состояния сейсмической опасности на локальном и региональном уровне. В соответствии с планом работ на 2017 год для выполнения поставленной цели необходимо было решить ряд задач.

Модернизация инфраструктуры сейсмологических наблюдений на архипелаге Шпицберген в пос. Баренцбург и Пирамида

В рамках работ по модернизации инфраструктуры сейсмологических наблюдений на архипелаге Шпицберген в 2017 году выполнены работы по ремонту павильона станции BRBA, расположенной в поселке Баренцбург. Выполнен капитальный ремонт кровли сейсмопавильона, укреплены несущие конструкции стен. Выполненные работы должны обеспечить стабильные параметры температуры и влажности внутри павильона, а также снизить вибрационное воздействие конструкций павильона на сейсмометр.

На станции BRBB, расположенной на площадке геофизического полигона Научного центра, вблизи пос. Баренцбург, выполнены работы по модернизации сейсмического бокса. Старый деревянный бокс демонтирован и заменен на современный алюминиевый, полностью термостатированный бокс размещения сейсмостанции (рис. 25.1). Проведенная модернизация позволила значительно снизить уровень влияния низкочастотного температурного тренда на записи сейсмостанции BRBB и, тем самым, повысить стабильность ее характеристик при регистрации низкочастотных колебаний земной поверхности.

Оперативная автоматическая и ручная обработка собираемых сейсмологических данных для пополнения регионального и общероссийского каталога землетрясений

В отчетный период продолжались работы по оперативной обработке собираемых на архипелаге сейсмологических данных. Для повышения оперативности контроля над сейсмической обстановкой в районе архипелага Шпицберген на сайте КоФ ФИЦ ЕГС РАН был создан раздел, отображающий состояние сейсмичности в режиме близком к реальному времени. В данном разделе зарегистрированному пользователю доступна оперативная карта эпицентров сейсмических событий, обнаруженных программой автоматического детектирования и локации, а также параметры событий и образы волновых форм (рис. 25.2).

Следует отметить, что представленные на сайте оперативные решения являются полностью автоматическими и требуют ручной верификации специалистом.

Рисунок 25.1 – Внешний и внутренний вид термостатированного бокса для размещения сейсмостанции BRBB

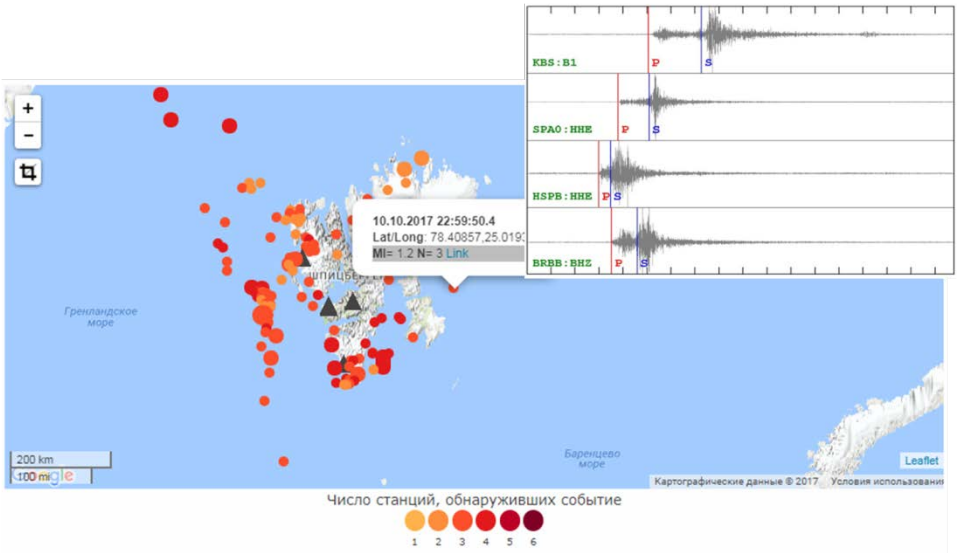


Рисунок 25.2 – Образ отображения оперативного состояния сейсмической обстановки в районе архипелага Шпицберген на сайте КоФ ФИЦ ЕГС РАН (www.krsc.ru)

По результатам ручной верификации полученных сейсмологических данных за 2017 г. (по октябрь) в районе архипелага Шпицберген выявлено 188 сейсмических событий с магнитудой ML>2 (рис. 25.3). Сильнейшее событие региона произошло 9 июня в 20 часов 49 минут 48 сек. в Шпицбергенской зоне разломов (ШЗР), в точке с координатами 80,191с.ш. 1,479 в.д. и имело магнитуду ML = 5,62. В виду того, что эпицентр землетрясения находился в примерно 350 км от пос. Баренцбург, несмотря на значительную энергию события, в самом поселке оно не ощущалось.

В ближней зоне от поселков архипелага Шпицберген наибольшая сейсмическая активность наблюдалась в проливе Стур-фьорд и в районе Хорнсун-фьорда (рис. 25.4). Сильнейшее сейсмическое событие здесь имело магнитуду ML=4,1, однако также не привело к сколько-нибудь ощутимым сотрясениям в поселках. Вблизи Баренцбурга слабая сейсмическая активность отмечалась в устье Ис-фьорда, однако магнитуды этих землетрясений не превышали значения 2,3.

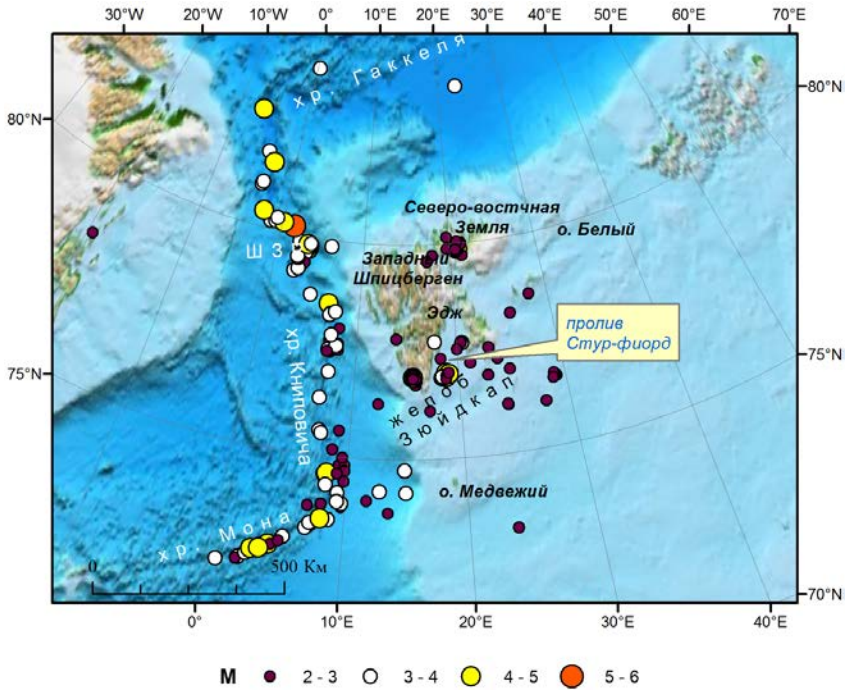


Рисунок 25.3 – Карта расположения эпицентров землетрясений, зарегистрированных в 2017 году с магнитудой ML>2

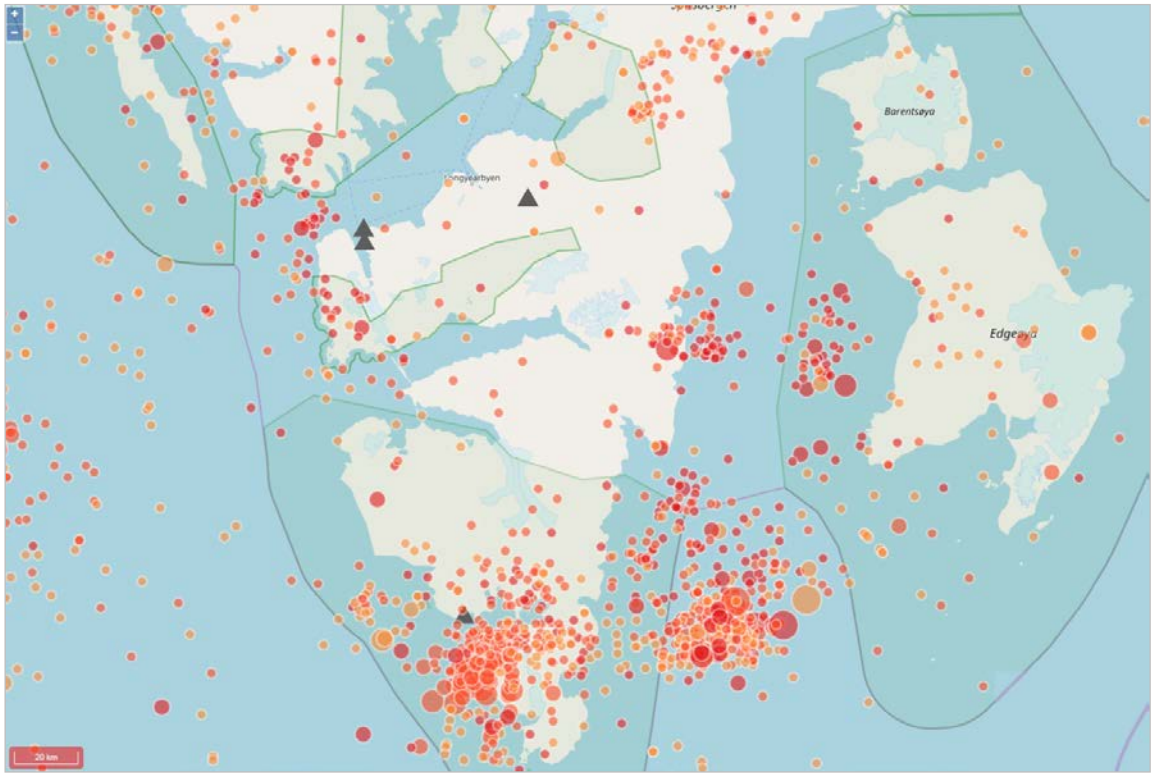


Рисунок 25.4 – Распределение землетрясений в ближайших сейсмоактивных зонах к пос. Баренцбург

Мероприятие 26. Развитие методов и аппаратных средств сейсмо-инфразвукового мониторинга процессов динамики арктической криосферы.

Целью Мероприятия 26 являлось создание, на базе накопленного опыта разработки экспериментальных аппаратно-программных комплексов сейсмо-инфразвукового мониторинга, прототипа современной системы непрерывных наблюдений за динамическими процессами деструкции криосферы, адаптированной к условиям высокоширотной Арктики.

Для решения поставленной цели были выполнены работы по комплексному измерению годовых вариаций волновых полей в литосфере, атмосфере и криосфере на архипелаге Шпицберген с использованием опорной сети сейсмостанций и инфразвуковых групп ФИЦ ЕГС РАН. Планы по установке временной сезонной сейсмо-инфразвуковой группы в районе Бакен-бухты для эксперимента по геофизическому мониторингу ледникового калвинга на СВ Земле и острове Эдж с расстояния до 300 км не были реализованы ввиду позднего начала финансирования работ и, соответственно, отмены планировавшейся комплексной экспедиции на НИС «Дальние Зеленцы».

В течение 2017 года сотрудниками КоФ ФИЦ ЕГС РАН обеспечивалась непрерывная работа сейсмоинфразвуковых комплексов (СИЗК), расположенных в пос. Баренцбурге (BRBB) и Пирамида (PYR). Непрерывность регистрации сейсмических и инфразвуковых сигналов на обоих комплексах превышает 96 % времени.

По результатам анализа данных, полученных с СИЗК BRBB и PYR, выполнены работы по развитию методологических основ дистанционного геофизического контроля проявлений деструктивных процессов в арктической криосфере.

В части разработки способов распознавания наиболее опасных типов деструкции ледников получены первые результаты по выработке индикаторов обнаружения айсбергогенных льдотрясений. Выявлено, что льдотрясения, порождающие плавающие айсберги генерируют сейсмические и акустические сигналы особого спектрального состава и характеризуются наличием ярко выраженных полос в спектрограмме на участке записи,

следующем за сигналом от падения ледяного блока в воду (рис. 26.5). Явные четко выраженные признаки айсбергогенного события в спектре записи формируются в результате отражения, генерируемых падением ледяного блока в воду, волн от дна и поверхности воды.

Выявленные индикаторные особенности айсбергогенных льдотрясений будут положены в основу автоматической системы классификации льдотрясений по спектральным и апмлитудным признакам.

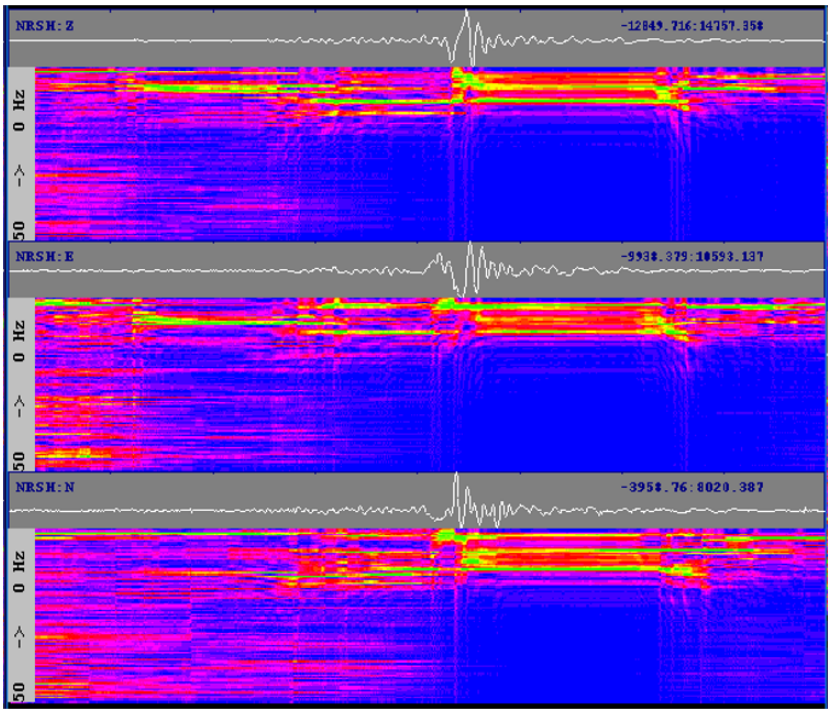


Рисунок 26.5 – Волновая форма и сонограмма записи айсбергогенного льдотрясения деструктивных процессов в арктической криосфере.

Публикации:

С. В. Баранов, П. Н. Шебалин. О прогнозировании афтершоковой активности. Оценка области распространения сильных афтершоков //Физика Земли, 2017, №3, с. 43-61.

В.Э. Асминг, А.В. Федоров, А.В. Прокудина, З.А. Евтюгина. Автоматическая система мониторинга региональной сейсмичности NSDL. Принципы построения и некоторые результаты использования// Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XII Международной сейсмологической школы/ Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН. 2017. С. 33 – 36.

С.В. Баранов, А.Н. Виноградов, А.И. Воронин, Д.В. Снегов, И.С. Федоров. Сейсмоинфразвуковой мониторинг криосферы Шпицбергена // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XII Международной сейсмологической школы / Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН. 2017. С. 44 – 47.

С.В. Баранов, П.В. Шебалин. Оценивание области афтершоков // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XII Международной сейсмологической школы / Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН. 2017. С. 48 – 52.

А.В. Федоров, В.Э. Асминг, А.Е. Ганнибал, В.А. Горюнов, З.А. Евтюгина. О подходах к созданию автоматической системы мониторинга техногенной и природной сейсмичности в районе размещения российских поселков на архипелаге Шпицберген// Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XII Международной сейсмологической школы / Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН. 2017. С. 373 – 377.

Мероприятия ФГБУН «Полярный геофизический институт» (ПГИ)

Мероприятие 27. Проведение стационарных наблюдений за магнитными и оптическими явлениями на архипелаге Шпицберген, исследование геофизических процессов в высокоширотной атмосфере Земли.

В соответствии с планом НИР по теме «Проведение стационарных наблюдений за магнитными и оптическими явлениями на архипелаге Шпицберген, исследование геофизических процессов в высокоширотной атмосфере Земли» в 2017 году институтом продолжаются работы на арх. Шпицберген. На геофизической обсерватории ПГИ «Баренцбург» проводятся стационарные наблюдения магнитных пульсаций, работает приемный пункт радиотомографии, ведется регистрация вариаций интенсивности космических лучей на трех секциях нейтронного монитора, в темное время, в период полярной ночи, проводятся оптические наблюдения. Также регулярно выполняются эксперименты по регистрации как искусственного, так и естественного источников излучения в диапазоне от 0,1 Гц до 200 Гц.

Данные, полученные в обсерватории ПГИ «Баренцбург» используются при проведении фундаментальных исследований. В настоящем отчете представлены результаты работ на архипелаге Шпицберген, приведены результаты оригинальных исследований, выполненных по материалам наблюдений в обсерватории ПГИ «Баренцбург».

Цель мероприятия - проведение в обсерватории ПГИ «Баренцбург» на архипелаге Шпицберген геофизических исследований для реализации обеспечения российского присутствия на архипелаге Шпицберген в 2017 году в области фундаментальных и прикладных научных исследований.

Задачи, решаемые в 2017 г.:

- Исследование развития процессов взаимодействия солнечного ветра с магнитосферой Земли в области дневного полярного каспа, полярной шапки и высокоширотной ионосферы на базе обсерватории ПГИ «Баренцбург»;
- Исследование естественных резонансных структур в диапазоне от 0,1 Гц до 10 Гц.
- Исследование характеристик космических лучей;
- Исследование параметров высокоширотной ионосферы;
- Исследование характеристик распространения электромагнитных волн экстремально низкочастотного диапазона в высоких широтах.

В целях организации и выполнения научно-исследовательской работы по теме: «Проведение стационарных наблюдений за магнитными и оптическими явлениями на архипелаге Шпицберген, исследование геофизических процессов в высокоширотной атмосфере Земли» Плана научно-исследовательской работы Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Полярный геофизический институт» на 2017-2019 годы в институте издан приказ от 25.01.2017 № 3/а о составе творческого коллектива. Работы по теме выполняются сотрудниками института в составе 24 человек (из них 11 молодых ученых) круглогодично. При выполнении работ научные и технические сотрудники института провели 470 человеко-дней на архипелаге Шпицберген. За этот период было получено – 17,2 Тб информации.

В обсерватории ПГИ «Баренцбург» проводится мониторинг естественных геофизических процессов:

- вариаций геомагнитного поля в широком диапазоне частот;
- полярных сияний;
- потоков космических лучей;
- сигналов спутниковых навигационных систем.

По результатам регистрации и обработки данных, полученных при мониторинге, проводятся исследования:

- процессов взаимодействия солнечного ветра с магнитосферой Земли в области полярного каспа и их влияние на формирование космической погоды;

- природы естественных резонансных структур в шумовом геомагнитном фоне в диапазоне частот 0,1 Гц – 10 Гц (ионосферных альвеновский резонатор) на самой высокоширотной обсерватории РФ (в области каспа и полярной шапки);

- характеристик распространения в высоких широтах электромагнитного сигнала СНЧ-КНЧ диапазона как естественного, так и искусственного происхождения;

- характеристик космических лучей.

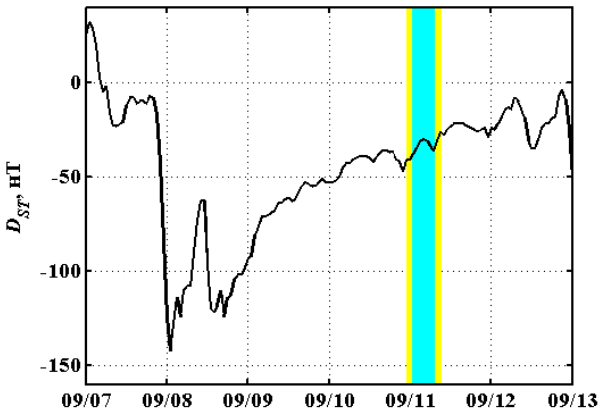
Рисунок 27.1 – Схема расположения пунктов наблюдений

Основные результаты

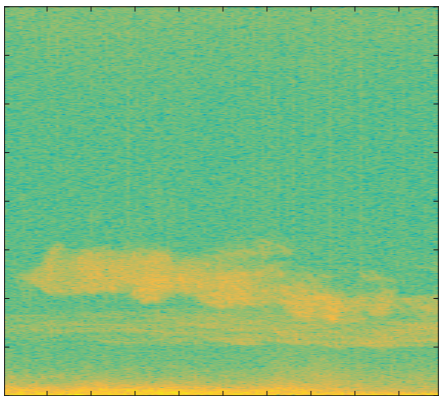
Для анализа особенностей поведения естественного КНЧ магнитного поля в возмущенных геомагнитных условиях были отобраны результаты измерений, проведенных в обсерваториях ПГИ Верхнетуломский (Кольский п-ов) и Баренцбург (арх. Шпицберген) в период события 7-12 сентября 2017 г. (рис. 27.1).

Представленные ниже результаты описывают динамику средней амплитуды естественного магнитного поля на частоте 7.8 Гц. Измерения на трех высокоширотных станциях производились одновременно в режиме мониторинга и охватывают период длительностью 6 сут. (7-13 сентября 2017 г.).

Выбранный промежуток наблюдений характеризуется значительными вариациями индекса D_{ST} (рис. 27.2а) в результате возмущения, начавшегося 07.09.2017 г.



а.



б.

Рисунок 27.2 – (а) Вариации индекса Dst в период наблюдений; (б) пульсации 11.09.2017 г. по данным регистрации в обс. Верхнетуломский

После окончания фазы восстановления, в ночное время 11.09.2017 наблюдались мощные продолжительные пульсации в диапазоне частот 1-3 Гц (рис.27. 2б, рис. 27.2а – цветная область). Идентификация источников и описание характера возмущений требует проведения дополнительных исследований. Также следует отметить, что пульсации отчетливо наблюдались не только в высоких широтах, но также и в пункте наблюдений в Ленинградской области, что говорит о высокой мощности источника.

Одним из доступных для наблюдения во время геомагнитного возмущения естественных явлений в диапазоне КНЧ является отклик нижней ионосферы, влияющей на характеристики шумановского резонанса. Крупномасштабные возмущения ионосферы могут

оказывать влияние как на распределение амплитуды и на поляризационные характеристики фонового поля, создаваемого мировыми грозовыми центрами. Ниже рассмотрим поведение амплитуды магнитного поля на частоте главного максимума шумановского резонанса (~7,8 Гц) в пунктах наблюдений.

На рис. 27.3 показаны вариации средней амплитуды естественного шумового фона на частоте 7,8 Гц на трех станциях, приведенные в условных единицах в одинаковом масштабе.

Рисунок 27.3 – Уровень поля (компонента Нс-ю, условные единицы амплитуды) на частоте ШР в пунктах наблюдений 7-13.09.2017 г.

Среди особенностей поведения поля, в частности, в начальной фазе бури 7 сентября на графике видно смещение по времени второго экстремума в вариации мощности ближе к полуночи. Данный максимум относится к активации южноамериканского грозового центра и присутствует во все остальные дни наблюдений на отметке около 20 UT.

Более детально рассмотреть суточные вариации естественного электромагнитного шума в КНЧ диапазоне можно на рис. 27.4, где приведенные результаты за каждые сутки сведены на общую диаграмму в осях «время (UT) – амплитуда».

а. б.

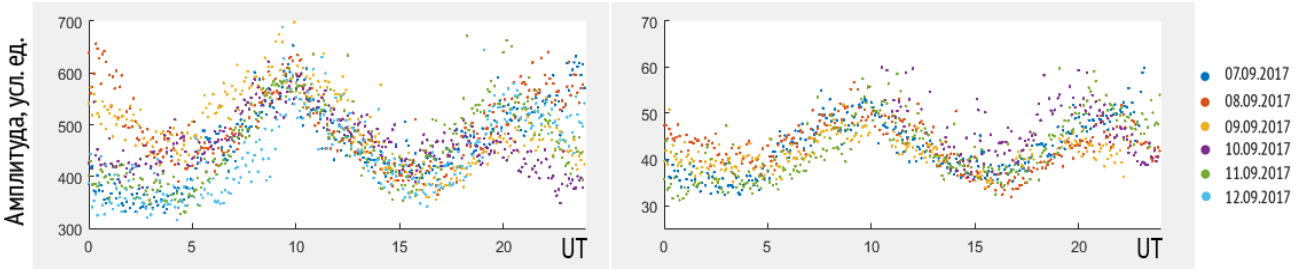


Рисунок 27.4 – Суточный ход вариаций фонового шума ($H_{С-Ю}$) на частоте ШР в период 7-13 сентября на станциях Верхнетуломский (а) и Баренцбург (б)

Как видно на этих рисунках, на фазе восстановления (9-10 сентября) уровень «южноамериканского» (вечернего) максимума был значительно ниже «африканского» дневного максимума. В последующие дни характер изменился и оба максимума практически сравнялись по величине.

На нейтронном мониторе проведены исследования связи годовых вариаций в регистрируемых вторичных компонентах космических лучей с сезонными метеоусловиями и, в частности, с толщиной снежного покрова. Наблюдается четкая корреляция между толщиной снежного покрова и потоком и потоком мягкого гамма-излучения, приходящего на детектор из верхней полусферы. Предложен механизм, качественно объясняющий данные вариации.

В ходе мониторинга различных компонент вторичных космических лучей у поверхности земли обнаружена годовая вариация. Она наблюдается в рентгеновском диапазоне 20-5000 кэВ, а также в нейтронной компоненте до энергий в сотни кэВ. Совокупность характеристик этих вариаций показывает, что они имеют одну причину. Годовая вариация на БСНМ обусловлена снежным покровом, а вариация в потоке гамма-излучения – производимыми свободными нейтронами ядерными реакциями в атмосфере.

Анализ данных, полученных на нейтронных мониторах Баренцбург – Апатиты – Москва – Баксан, показывает, что в потоке частиц космических лучей высоких энергий (от десятка ГэВ) присутствуют обособленные сгустки частиц – транзиенты. Нейтронные мониторы фиксируют кратковременные увеличения плотности потока таких частиц высоких энергий. Длительность таких увеличений составляет 20 – 40 с. Плотность внутри транзиентов примерно в 2 раза выше средней. Обособленность транзиентов выражена в том, что впереди и позади них наблюдается «провал» - кратковременное понижение плотности потока таких частиц в 2-3 раза. Предполагается, что транзиенты возникают как локальное и кратковременное увеличение плотности потока частиц в процессе диффузии и рассеяния космических лучей в межпланетном магнитном поле.

Проведен комплексный анализ полярной суббури, зарегистрированной станциями сети IMAGE в окрестности полюсной кромки аврорального овала. В благоприятной для анализа позиции находились спутники THEMIS, CLUSTER и GEOTAIL. Интервал наблюдений характеризуется низким уровнем геомагнитной активности. Полярная суббуря имела вид трех отрицательных бухт и развивалась на фоне обычной суббури, зарегистрированной на станциях в середине авроральной зоны на полчаса раньше полярной. Каждая бухта полярной суббури сопровождалась смещением к полюсу полярных сияний, западного электроджета, цугом пульсаций Pi2, всплеском магнитной активности в диапазоне 0,1–10 Гц и усилением электронных высыпаний над Шпицбергеном. Выявлены отличия первой активизации от двух последующих в динамике сияний, характере ионосферной конвекции и характеристиках электронных высыпаний. Оценены долготные размеры и положение возмущенной области в магнитосфере. Обсуждаются возможные причины запуска суббури и связанных с ней возмущений. Результаты работы расширяют статистику явления «полярная суббуря» и будут способствовать прогрессу в понимании его природы.

Несколько случаев обнаружения искусственных пульсаций герцового диапазона проанализированы в контексте динамики восточного электроджета. Пульсации зарегистрированы в 30% случаев импульсного воздействия на ионосферу КВ-волной в ходе эксперимента по модулированному нагреву ионосферы на стенде SPEAR (архипелаг Шпицберген) в ноябре 2013 г. Пульсации появляются тогда, когда полюсный край восточного электроджета приближается к предполагаемой области воздействия на ионосферу вследствие смещения электроджета к северу или его расширения при увеличении интенсивности. Пульсации пропадают, когда электроджет удаляется от области воздействия, смещаясь к югу. Начало пульсаций запаздывает относительно момента включения КВ-передатчика на несколько минут. Пульсации видны только в одной из горизонтальных компонент геомагнитного поля на удалении 50 км от стенда SPEAR и отсутствуют на расстоянии около 1300 км.

Проанализированы пять случаев обнаружения искусственных пульсаций герцового диапазона в контексте динамики эквивалентного ионосферного тока (восточного электроджета). Пульсации выделяются в данных индукционного магнитометра ПГИ в обсерватории ПГИ «Баренцбург» без специальной обработки и имеют вид узкополосного сигнала на частоте модуляции 3 Гц. Вероятность их обнаружения в ходе нагревного эксперимента составила ~ 30%. Пульсации появляются тогда, когда полюсный край восточного электроджета приближается к предполагаемой области воздействия на ионосферу, и пропадают, когда электроджет удаляется от нее, смещаясь к югу. Начало пульсаций запаздывает относительно момента включения КВ-передатчика на несколько минут. Пульсации видны только в одной компоненте геомагнитного поля.

Международное сотрудничество

27 октября 2017 г. в ходе командировки на арх. Шпицберген совместно с сотрудниками университета UNIS Дагом Лоренценом, Микко Сюрьясуо проведено ознакомление с оптической аппаратурой в обсерватории им. К. Хенриксена для обсуждения параметров настройки и режимов работы аппаратуры при проведении наблюдательного сезона 2017-

2018. Достигнута договорённость о калибровке эталонного светового источника используемого в ПГИ. Проведено ознакомление с содержанием радиофизических наблюдений, проводимых в обс. им. Хенриксена. Рассмотрена возможность использования данных радиофизических наблюдений для совместных работ.

30 октября проведено обсуждение с коллегами из обс. им. Хенриксена возможности совместных оптических наблюдений на арх. Шпицберген в текущем наблюдательном сезоне, используемой аппаратуры и требований к её параметрам. В числе обсуждаемых параметров представлены: угловое, временное, амплитудное разрешение, точность синхронизации, форматы данных, а также циклограммы работы и возможности обмена получаемыми материалами.

Полярным геофизическим институтом в его обсерватории «Баренцбург», в наблюдательном сезоне 2017-18 гг., как минимум, обеспечивается работа камеры всего неба с угловым разрешением не более 0,33 град/пикс, временным разрешением 1 Гц, 12-ти битным амплитудным разрешением, при точности синхронизации с мировым временем не более 0,25 сек. и непрерывной (независимо от метеорологических, астрономических и геофизических условий) работе прибора при угле погружения Солнца ниже -8 град. Начало и окончание сезона наблюдений по договоренности.

UNIS обеспечивает работу, как минимум, 4 камер всего неба (в. т. ч. одной - на удалённом от обс. им Хенриксена пункте в Ny-Ålesund), эмиссионного имажера всего неба для эмиссий 675,0; 840,0; 844,6; 846,5 нм, трех зенитных узкополосных спектрометров высокого разрешения для линий 486,1; 630,0/636,4 и ближнего инфракрасной области 830-865 нм. Проявлен интерес к работе в обс. «Баренцбург» эмиссионного имажера всего неба для эмиссий 470,9; 486,1; 557,7; 630,0 нм.

Публикации:

А. В. Германенко, Ю. В. Балабин. Сезонные эффекты в различных компонентах вторичных космических лучей // Известия РАН. Серия физическая, 2017, том 81, № 4, с. 574–576.

Ю. В. Балабин. Наблюдение кластеров частиц с энергиями от десятков ГэВ в потоке космических лучей по данным нейтронных мониторов Известия РАН. Серия физическая, 2017, том 81, № 4, с. 565–567.

Мероприятия ФГБУН Институт археологии Российской академии наук (ИА РАН)

Мероприятие 28. Сохранение и исследование памятников российского культурно-исторического наследия на архипелаге Шпицберген.

Проведение фундаментальных археологических исследований по изучению и сохранению исторического наследия на архипелаге Шпицберген заключается в:

- Изучении истории освоения архипелага, в первую очередь, русскими поморами в XVI — XIX вв. и русскими экспедициями XVIII – начала XX вв. Начало угледобывающего производства на Шпицбергене;
- Спасении, выявлении и сохранении исторических объектов, разрушающихся под воздействием природных и антропогенных процессов.
- Развитии музейного дела на Шпицбергене.

При этом основными задачами в 2017 году стали:

- Мониторинг археологических памятников Шпицбергена.
- Определение геоморфологических особенностей расположения на Шпицбергене поморских памятников (на основе совместных работ со специалистами соответствующих научных учреждений).
- Поиск и выявление остатков русских судов.
- Исследование объектов на Шпицбергене, связанных с русским и зарубежным угледобывающим производством конца XIX – первой трети XX века.
- Введение в научный оборот полученных данных.

В связи с тем, что по не зависящим от ИА РАН причинам, запланированный рейс судна КНЦ РАН «Дальние Зеленцы» вдоль берегов архипелага по намеченному маршруту не состоялся, программа, разработанная на 2017 г., оказалась не реализованной. В результате работы пришлось ограничить восточным берегом Грён-фьорда и разработкой новых экспозиций для музея «Помор» в Баренцбурге.

Исследования проводились в августе-сентябре 2017 г сотрудниками ИА РАН Державиным В.Л., Колесниковым А.Б., аспирантом Дербеневым М.П. методом археологические разведки.

В Грён-фьорде были зафиксированы памятники европейского угледобывающего производства первого десятилетия XX столетия, относящиеся к так называемой «индустриальной археологии»: мыс Геородден («Дом Шредера») 1905 г., «Гринхарбор Компани» на мысе Финнесет («Норвежка») 1908 г., а также постройке и заявочные столбы 1910 г. у горы Геерфьеллет (см. рис. 28.1).

«Дом Шредера» на мысе Геородден находится вблизи вертолетной площадки («ГРЭ»). Компания Arctic Coal & Co в 1905 г. установила заявочные столбы в этом районе наравне с остальными участками на восточной стороне Гренфьорда и возвела там дом в непосредственной близости от Геородден. Район был еще в 1912 году приобретен компанией Stavangerexpeditionen, которая в свою очередь продала его Rusian Kulfelter Green Harbour в 1914 году. Эта российская компания и начала угольную добычу на Геородден в 1915 году.

Постройка расположена примерно в 1500 м к юго-западу-югу от мыса Геер на высоте 7 м над уровнем моря. От дома сохранились покрытые мхом и камнями контуры сильно расплывшегося валикообразного подпрямоугольной формы фундамента. Высота остатков фундамента 10-15 см. Внутри постройки выделяются мелкие камни и фрагменты железа, в т.ч. от печки. Координаты сооружения: 78 05,480 с.ш. 14 10,529 в.д.

«The Anker hut» на мысе Финнесет, координаты: 33X482593 UTM 8662942. Постройка располагалась к югу от мыса Финнесет («Норвежка») и выделялась на поверхности в виде подпрямоугольной формы валика, ориентированного длиной осью вдоль залива и с некоторым отклонением в направлении север-юг. Высота валика 15-40 см. Вход в постройку располагался со стороны моря. Там же лежали несколько относительно крупных

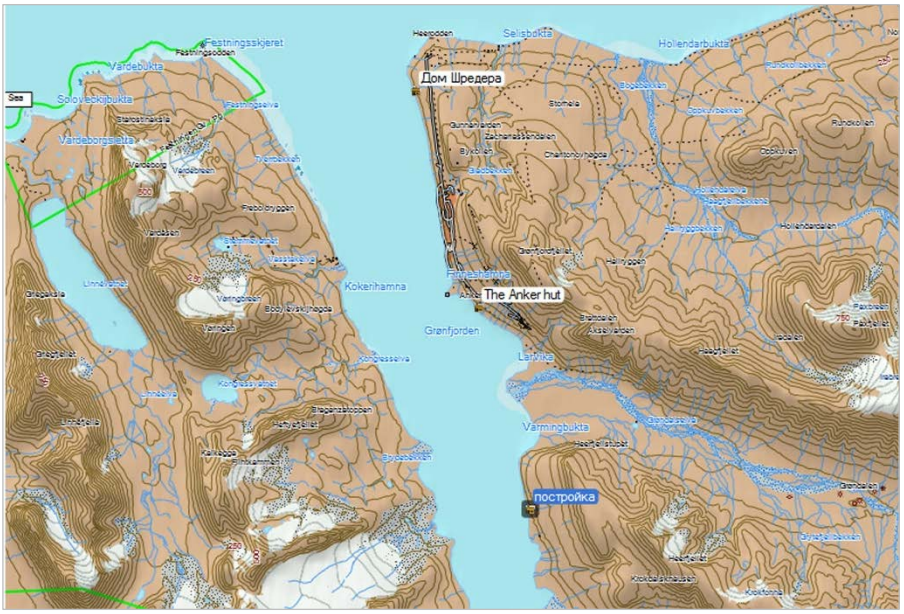


Рисунок 28.1 – Карта восточного берега Грен-фьорда с нанесенными памятниками индустриальной археологии

преимущественно плоских камней. В пределах жилища зафиксированы камни, небольшие куски дерева и фрагменты железной печки. Дата по письменным источникам 1908 г.

Геерфьеллет, постройка, координаты: 33 X 483842 UTM 8657575. Сооружение располагалось на высоте 26 м над уровнем моря. Деревянный балок подпрямоугольной в плане формы (характерное сооружение «Арктикугля» советской поры), сбитый из горизонтальных планок и обшитый рубероидом, имел почти плоскую крышу с едва намечающимся коньком в направлении север-юг. Крыша также была обшита рубероидом, не везде сохранившегося, как, впрочем, и с внешней стороны стен дома. С северной стены сооружения, ближе к его северо-западному углу выходила печная труба диаметром около 15 см. Дверь и окно располагались с южной стороны. Дверь была сорвана с петель и лежала плашмя снаружи. Сам балок был поставлен на брусы и наклонен в северную сторону.

Балок располагался в пределах границ довольно обширной старой норвежской постройки (начала XIX в.), аналогичной той, что находится на мысе Кокеринесет. Она четко выделяется по мощному валикообразному контуру длиной 8,8 м и шириной 6,3 м прямоугольной формы, ориентированного в направлении север-юг. Высота его от 0,40 до 0,70 м, ширина на уровне основания 1,0-1,2 м. В пределах этой более ранней постройки лежало большое количество строительного мусора: деревянные доски, куски рубероида, битое стекло, фрагменты железа, в том числе и детали разных печек (трубы, комфорки, заслонки) и т.п. В северо-западном углу балка находилась железная печка с двумя заслонками, а вдоль северной стенки располагались деревянные нары, западная часть которых (ближе к печке) опиралась на скамейку и металлическую бочку с ручками.

Вход в норвежскую постройку располагался с северной стороны. За пределами балка с внутренней восточной стороны торфяного валика частично прослеживались ближе к основанию вертикально стоящие и отчасти обгоревшие доски, а также угловой столб-брус в северо-восточном углу постройки. За пределами норвежской постройки также лежали фрагменты досок и планок, а также фрагменты железа. В целом постройка вполне находит аналогии на памятниках архипелага, но ее выделяют необычайно крупные размеры. В целом ее площадь около 50 кв. метров.

Кроме этого сооружения на Геерфьеллет зафиксированы железные заявочные столбы, на одном из которых сохранилась дата 1910 г., железная печь, судя по надписи, норвежского

производства, находилась за пределами дома, радиатор, каменная наброска, остатки деревянного триангуляционного знака, вероятно, довоенного времени.

Памятники на восточном берегу Грен-фьорда относятся к началу прошлого века и ограничиваются двоенным временем. Все они связаны с началом угледобывающего производства в этом районе Шпицбергена.

Следует отметить, что по данным шведских и норвежских исследователей XIX в. в районе Грен-фьорда ими отмечено относительно большое число поморских становищ, но в результате археологических работ, ведущихся здесь с начала 80-х годов прошлого столетия, они не были обнаружены. Это объясняется тем, что исследуемая территория подверглась более чем за сто лет мощному антропогенному воздействию, приведшего к уничтожению более ранних памятников.

По всем показателям на мысе Финнесет («Норвежка») могло располагаться поморское становище, но поскольку здесь с начала прошлого века велась интенсивная промышленная деятельность (сначала возникла норвежская китобойная станция, а с 1911 г. радиостанция Грен-фьорд-радио), то памятники предшествующей эпохи вряд ли могли сохраниться.

Развитие музейного дела

Для музея «Помор» на Шпицбергене (пос. Баренцбург) подготовлены экспозиционные материалы для двух выставок:

- Копии европейских карт XVI-XVIII вв., доказывающих местоположение земли Свальбард (Svalbard) на восточном побережье Гренландии. В настоящее время ведется перевод комментариев к картам и сопутствующих материалов на английский язык, который планируется завершить к концу текущего года. Для экспозиции карт изготовлены багеты.
- Копии рисунков-пейзажей (графика с использованием туши) различных мест Шпицбергена, выполненных археологом-художником П.Ю. Черносвитовым во время исследований Шпицбергенской экспедицией Института археологии в 80-х годах прошлого века. В настоящее время копии рисунков П.Ю. Черносвитова в багетах переданы в фонд музея «Помор».

Публикации:

Державин В. Л. Северо-восточный проход и экспедиция В.Я. Чичагова. М. «Юнис» 2016. (Монография). Макет книги сдан в типографию в конце 2016 г., тираж получен вначале 2017 г.

Державин В. Л. К 250-летию полярной экспедиции В.Я. Чичагова. //Вопросы географии. 2016. № 142. География полярных стран. (выход издания из печати был запланирован на 2016 г., но выпуск № 142 «Вопросы географии» вышел только в марте 2017).

Державин В. Л. Самсон Суханов. // Русский вестник Шпицбергена. 2017. № 27.

Державин В. Л. Четкая историческая логика //Русский вестник Шпицбергена. 2017. № 27.

Державин В. Л. Последние кресты Шпицбергена. КСИА (Краткие сообщения Института археологии РАН). № 248. 2017. (рецензируемый)

Державин В. Л. Рецензия на книгу Т. Арлова «История архипелага Шпицберген. // Российская история. 2017. IV кв. (рецензируемый).

Державин В. Л. Значение рейда крейсера «Светлана» в Арктику в 1899 г. // Смысл и ценности цивилизационного выбора России. /Материалы научно-практической конференции (в рамках философских чтений профессора В.О. Грушевского). Мурманск. 2017. МГТУ (Мурманский государственный технический университет). Текстовое электронное издание.

Державин В. Л. Почему Шпицберген не Свальбард // Тезисы докладов 1-ой Международной научной конференции «Археология Арктики». Салехард. 19-22 ноября 2017 г.

Участие в международных конференциях:

29 апреля – 1 мая 2017 г. Конференция на ледоколе «Красин» в Спб. «Полярные чтения». Доклад В.Л. Державина «Археологическая коллекция музея «Помор» на Шпицбергене (Баренцбург)».

19 – 23 ноября 2017 г. Конференция «Археология Арктики» в Салехарде (Ямало-Ненецкий АО). Доклад В.Л. Державина «Почему Шпицберген не Свальбард».

Прочитана лекция (август 2017) для студентов и аспирантов ААНИИ в Баренцбурге (Шпицберген) на тему «Свальбард в картографии Гренландии XVI-XVIII вв.».

Мероприятия Роснедр (ФГБУ «ВНИИОкеангеология» и АО «ПМГРЭ»)

Мероприятие 29. Региональные геолого-геофизические исследования с целью изучения геологического строения и минерально-сырьевого потенциала территории архипелага Шпицберген.

Летом 2017 года Шпицбергенская партия ПМГРЭ работала по теме «Проведение региональных геолого-съёмочных работ масштаба 1:100 000 в северной части Земли Веделя Ярлсберга (архипелаг Шпицберген) в 2017-2018 гг.». Эти исследования являются продолжением работ, начатых ПМГРЭ на Земле Веделя Ярлсберга в 2016 году, цель которых составление комплекта карт, схем и разрезов геологического содержания северной части Земли Веделя Ярлсберга (архипелаг Шпицберген) и оценка минерально-сырьевого потенциала этого района архипелага. Работы начались во II квартале 2017 года, завершение работ по объекту планируется в IV квартал 2018 года.

Геолого-техническое задание Шпицбергенской партии на полевые работы в июне-сентябре 2017 года предусматривало:

- Составление предварительной геологической карты с пунктами проявлений полезных ископаемых и предварительной геоморфологической карты масштабов 1:100 000 северной части Земли Веделя Ярлсберга;
- Уточнение особенностей геологического строения северной части Земли Веделя Ярлсберга: возраста, состава, формационной принадлежности, тектонической позиции стратифицированных и нестратифицированных образований, границ и площадей картографируемых подразделений рифейского, вендского и четвертичного возраста;
- Составление предварительной геолого-литологической схемы четвертичных отложений масштаба 1:25 000 участка Дундер-бухта на основе стратиграфического принципа;
- Сбор материалов для создания предварительной тектоно-стратиграфической схемы (серийной легенды) среднерифейско-нижнепалеозойского разреза складчатого основания юго-западной части Шпицбергена;
- Выявление проявлений полезных ископаемых и предварительная оценка минерально-сырьевого потенциала недр в северной части Земли Веделя Ярлсберга.

Полевые работы проводились в июле – августе 2017 года на трёх участках северной части Земли Веделя Ярлсберга: район бухты Сторвика, район Речёрч-фьорда и участок посёлка Калипсо.

В районе бухты Сторвика работы проводились с 10 июля по 4 августа отрядом из 6 геологов. Полевой лагерь отряда располагался в южной части бухты Сторвика. Отряд был обеспечен средствами безопасности и связи; а также собственным транспортом (лодка «Зодиак» с подвесным мотором «Ямаха-25»). Заброска персонала и экспедиционного груза к месту работ из пос. Баренцбург осуществлялась норвежским туристическим судном «Фарм»; переброска отряда в следующий район работ осуществлялся норвежским туристическим катером «Принцесса».

В районе Речёрч-фьорда работала эта же группа в составе 5 геологов с 5 августа по 25 августа. Полевой лагерь располагался на западном берегу Речёрч-фьорда, в устье долины Чемберлендален. Вывоз группы на базу партии в пос. Баренцбург – норвежским судном «Фарм».

На участке посёлка Калипсо группа в составе 4 специалистов работала с 4 по 21 августа. Группа располагалась в домиках посёлка Калипсо, на что были получены разрешения от владельцев (губернаторской службы Шпицбергена и руководства польской экспедиции Люблинского университета). Отряд был обеспечен всеми необходимыми техническими средствами и средствами безопасности. Заброска группы к месту работы осуществлялась норвежским туристическим катером «Принцесса», вывоз на базу партии в пос. Баренцбург – российским туристическим катером «Баренцбург».

Для решения выше представленных задач предусмотрен комплекс исследований, включающий: маршрутные работы по геологическому доизучению площадей; составление опорных лито-стратиграфических разрезов; специализированные геолого-геоморфологические исследования; комплексное опробование. В соответствие с этим в период проведения полевых исследований на трёх участках было сделано 69 геологических маршрутов разного назначения и 10 поисковых маршрутов со шлиховым опробованием.

Эффективность и основные результаты полевых работ 2017 года

Выполненные исследования являются продолжением работ по геологическому доизучению северной части Земли Веделя Ярлсберга и в целом архипелага Шпицберген, что позволяет обосновывать их, как работы по приоритетным направлениям геополитических интересов Российской Федерации в изучении минерально-сырьевых ресурсов архипелага и прилегающего шельфа с целью выявления перспективных территорий. Полученные в полевой период материалы и выполненная полевая камеральная обработка являются основой для формирования промежуточного (годового) отчета и составления графических приложений, согласно ожидаемым результатам, отраженным в Техническом (геологическом) задании. Как основные результаты работ надо отметить следующее:

1. Уточнены и доработаны предварительные карты и схемы геологического содержания масштабов 1:100 000 и 1:25 000 для северной части Земли Веделя Ярлсберга;
2. Собран материал для уточнения и доработки стратиграфической схемы расчленения среднерифейско-нижнепалеозойского разреза складчатого основания юго-западной части архипелага Шпицберген, в том числе доизучены:
   - верхнерифейские (серия Софиебоген) и вендские (свита Кап-Лайель) отложения, составлены детальные литологические разрезы; впервые для этого района в отложениях свиты Лайель обнаружены строматолиты;
   - среднерифейские метаосадочно-вулканогенные отложения серии Чемберлендален и метаосадочные породы серии Нордбухта, проведён комплекс опробования; получены первые данные по абсолютному возрасту метавулканитов;
   - комплекс среднерифейских дифференцированных интрузий основного-ультраосновного состава с проведением петрохимического опробования; получены первые данные по абсолютному возрасту интрузивных пород;
   - уточнён генетический тип, состав четвертичных отложений участка Дундер-бухта и других районов площади, собран новый материал для уточнения возраста и вещественной характеристики четвертичных пород;
3. Собраны материалы для характеристики геоморфологических процессов, ответственных за формирование рельефа Земли Веделя Ярлсберга;
4. Собран материал для уточнения предварительной тектоно-стратиграфической схемы (серийной легенды) среднерифейско-нижнепалеозойского разреза складчатого основания юго-западной части Шпицбергена;
5. Выявлены новые проявления полезных ископаемых на изученной площади, в т.ч. золоторудные; собран материал для предварительной оценки проявлений полезных ископаемых северной части Земли Веделя Ярлсберга; описаны новые минеральные источники и проведено площадное шлиховое опробование водотоков в западной части площади (участок Сторвика);
6. Дополнительно (помимо Тех. Задания) на участках Сторвика, Чемберлендален и Калипсо проведено локальное площадное геоэкологическое опробование на тяжёлые металлы с целью корреляции данных результатов как эталонных с результатами из районов российских посёлков на архипелаге для установления точечных и площадных аномалий.

По результатам работ опубликована статья в рецензируемом журнале «Доклады Академии наук».

Заключение

Межведомственная программа научных исследований и наблюдений на арх. Шпицберген 2017 года в целом выполнена. Целевые индикаторы и показатели программы научных исследований и наблюдений достигнуты в полном объеме.

Однако не все запланированные полевые работы были выполнены в срок и в полном объеме в связи с поздно выделенным финансированием для организаций ФАНО. Так, не были выполнены флористические экспедиционные работы Полярного ботанического сада им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН, не состоялись запланированные археологические работы на восточном побережье Шпицбергена.

В 2017 г. получены новые данные по гидрометеорологическому режиму, гляциологии, геофизике, геологии, биологии и экологии, пополнены продолжающие ряды наблюдений природной среды архипелага Шпицберген. Именно они дают возможность, после проведения необходимого анализа, оценить современное состояние природной среды архипелага, проследить направленность изменений за время наблюдений и сделать прогнозы будущего развития. Археологических исследования европейских памятников угледобычи велись на восточном берегу Грёнфьорда.

Впервые проведено изучение медико-биологических эффектов высокоширотного экстремального воздействия геокосмических агентов на организм человека в условиях арх. Шпицберген на основе проведения междисциплинарных, фундаментальных и прикладных исследований психофизиологического состояния организма жителей пос. Баренцбург, профилактики заболеваний и коррекции состояния организма с применением новых здоровье-сберегающих технологий, создания и подключения терминала «Шпицберген» к глобальной телемедицинской сети в целях оказания оперативной и качественной медицинской помощи.

Важным этапом стала экспедиция на борту научно-исследовательского судна «Дальние Зеленцы» в заливах Исфьорда, в которых участвовали сотрудники Мурманского морского биологического института, Арктического и антарктического научно-исследовательского института и Университетского центра на Шпицбергене. В двух экспедициях были собраны данные о физических и химических условиях морской среды фьордов, изучалось состояние планктонных и бентосных сообществ организмов заливов Исфьорд, Биллефьорд и Грёнфьорд в условиях полярного дня в июле и полярной ночи в ноябре в период активной осенне-зимней конвекции.

Опыт совместного выполнения научных проектов показал эффективность междисциплинарного подхода и тесного взаимодействия институтов. В этом году ММБИ и ААНИИ провели совместные исследования накопления металлов в трофической цепи биологических объектов залива Исфьорд, океанографические наблюдения на борту НИС «Дальние Зеленцы». Полярная морская геологоразведочная экспедиция и ААНИИ использовали общий полевой лагерь и реконструировали палеогеографические события голоцена на Земле Веделя Ярлсберга. Студенты МГУ и СПбГУ, проходившие научно-производственную практику, организованную ААНИИ, прослушали лекции сотрудников разных институтов, побывали в геологическом музее ПМГРЭ.

Тесная кооперация и комплексный подход в исследованиях, а также подготовке молодых специалистов, являются необходимой составляющей научных работ на Шпицбергене, обеспечивая более глубокий анализ природных процессов и механизмов. Межинститутское сотрудничество помогает рационально использовать логистические ресурсы; более плотное взаимодействие рабочих групп позволяет заблаговременно планировать полевые работы и эффективно использовать оборудование.

Сотрудничество с иностранными коллегами, в частности с норвежскими учеными, также видится необходимой частью исследовательской деятельности на Шпицбергене, способствующей расширению исследований и внедрению новых методов, привлечению в

арктическую науку молодых ученых. Кроме того, это является необходимом условием получения дополнительного грантового финансирования в рамках Шпицбергенского научного форума.

Имеющиеся логистические возможности Российского научного центра на арх. Шпицберген не позволяют расширить район исследований, что затрудняет понимание масштаба отклика на изменение климата на архипелаге. Кроме того, район пос. Баренцбурга подвержен локальному антропогенному воздействию, что ведет к искажению оценок текущих изменений. Расширение района исследований на юго-восток и северо-восток архипелага, в большей степени подверженные влиянию Арктики, а также на внешние акватории позволит оценить происходящие изменения в градиенте ответных реакций природной среды Шпицбергена на изменения климата.

Целевые индикаторы и показатели программы научных наблюдений и исследований на архипелаге Шпицберген (мероприятия 1 – 29) в 2017 г.

№	Целевые индикаторы и показатели	Кол-во
1	Количество публикаций в реферируемых изданиях, содержащих результаты научной деятельности, полученные в рамках выполнения проектов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (единиц)	23
2	Прирост объема информации о природной среде арх. Шпицберген (гигабайт), в том числе данные постоянных метеорологичсеких, геофизических и спутниковых наблюдений	22 500
3	Количество молодых ученых (специалистов) ВУЗов, студентов и аспирантов, привлеченных к выполнению НИОКР в рамках проекта	27
4	Количество зарегистрированных результатов интеллектуальной собственности, в том числе направленных на государственную регистрацию	0