

УТВЕРЖДЕНО
протоколом Наблюдательного совета
по координации деятельности
Российского научного центра на
архипелаге Шпицберген
от 17 декабря 2018 г. № 7

ОТЧЕТ
о выполнении
Межведомственной программы
научных исследований и наблюдений на архипелаге
Шпицберген в 2018 году

Москва 2018

Содержание

Введение	4
Организации Росгидромета	5
Организации Роснедр.....	5
Организации ФАНО.....	5
Мероприятия Росгидромета.....	7
ФГБУ «ААНИИ».....	7
Мероприятие 1. Метеорологические исследования параметров приземной атмосферы.....	7
Мероприятие 2. Комплексный мониторинг гидрологического цикла и состояния водных объектов архипелага Шпицберген	13
Мероприятие 3. Мониторинг океанографических условий на внутренних акваториях архипелага Шпицберген	18
Мероприятие 4. Наблюдения за динамикой баланса массы ледников Западного Шпицбергена.....	23
Мероприятие 5. Палеогеографические исследования	27
Мероприятие 6. Современное состояние и динамика многолетней мерзлоты.....	33
Мероприятие 7. Спутниковый мониторинг акватории и побережья Северного ледовитого океана и арктических морей	38
Мероприятие 8. Экологические исследования	39
Мероприятие 9. Проведение учебной практики для студентов-географов на базе РНЦШ ...	50
Мероприятие 10. Работы по линии международного сотрудничества на арх. Шпицберген .	52
Мероприятие 11. Логистическое обеспечение и развитие научного консорциума «Российский научный центр на архипелаге Шпицберген.....	56
ФГБУ «Мурманское УГМС»	60
Мероприятие 12. Проведение регулярных наблюдений на базе гидрометеорологической обсерватории «Баренцбург»	60
ФГБУ «НПО «Тайфун» совместно с ФГБУ «ААНИИ».....	63
Мероприятие 13. Фоновый и локальный экологический мониторинг в районах хозяйственной деятельности российских предприятий на архипелаге Шпицберген	63
Мероприятия Роснедр	68
ФГБУ «ВНИИОкеангеология», АО «ПМГРЭ»	68
Мероприятие 14. Региональные геолого-геофизические исследования с целью изучения геологического строения и минерально-сырьевого потенциала территории архипелага Шпицберген.....	68
Мероприятия организаций ФАНО.....	70
ФГБУН Институт географии Российской академии наук (ИГ РАН)	70
Мероприятие 15. Комплексные гляциологические исследования на архипелаге Шпицберген.....	70
Мероприятие 16. Исследование изменчивости природных и антропогенных ландшафтов архипелага Шпицберген в условиях современного климата	70
ФГБУН Кольский научный центр Российской академии наук (КНЦ РАН)	77
Мероприятие 17. Изучение медико-биологических эффектов высокоширотного экстремального воздействия геокосмических агентов на организм человека в условиях арх. Шпицберген.....	77
ФГБУН Мурманский морской биологический институт Российской академии наук	86

Мероприятие 18. Комплексные исследования экосистем фьордов и морей, омывающих архипелаг Шпицберген	86
ФГБУН Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина Российской академии наук (ПАБСИ КНЦ РАН)	90
Мероприятие 19. Растительно-почвенные ресурсы, совершенствование методов управления охраняемыми природными территориями в условиях климатических изменений и антропогенного воздействия и оптимизация среды обитания человека на архипелаге Шпицберген.....	90
ФГБУН Кольский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН» (КоФ ФИЦ ЕГС РАН).....	95
Мероприятие 20. Развитие методов и аппаратных средств сейсмо-инфразвукового мониторинга процессов деструкции арктической криосферы и обеспечение прогнозирования опасных геодинамических явлений на архипелаге Шпицберген и в прилегающем районе Западного сектора Арктической зоны Российской Федерации	95
ФГБНУ Полярный геофизический институт (ПГИ)	104
Мероприятие 21. Проведение стационарных наблюдений за магнитными и оптическими явлениями на архипелаге Шпицберген, исследование геофизических процессов в высокоширотной атмосфере Земли.....	104
ФГБУН Институт археологии Российской академии наук (ИА РАН)	106
Мероприятие 22. Сохранение и исследование памятников российского культурно-исторического наследия на архипелаге Шпицберген. Развитие музейного дела	106
ФГБУН Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук (ИФА РАН).....	110
Мероприятие 23. Разработка параметризаций для расчета характеристик взаимодействия атмосферы и поверхности над сложным рельефом в полярных районах.....	110
Заключение	112
Целевые индикаторы и показатели программы научных наблюдений и исследований на архипелаге Шпицберген в 2018 г.....	114

Введение

В 2018 году была утверждена Межведомственная программа научных исследований и наблюдений на архипелаге Шпицберген. Целью Межведомственной программы в 2018 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. Комплексные исследования экосистем фьордов и морей, омывающих архипелаг Шпицберген.
6. Исследование межгодовой изменчивости параметров снежного покрова и многолетней мерзлоты, влияющих на деятельность человека в Арктике;
7. Комплексные гляциологические исследования на архипелаге Шпицберген.
8. Исследование динамики углерода в системе «почва-атмосфера» для почв архипелага Шпицберген в условиях меняющегося климата.
9. Проведение стационарных наблюдений за магнитными и оптическими явлениями на архипелаге Шпицберген, исследование геофизических процессов в высокоширотной атмосфере Земли.
10. Исследование уровня геодинамического риска в природно-технических системах (ПТС) районов угледобычи на архипелаге Шпицберген.
11. Создание на острове Западный Шпицберген интегрированного сейсмо-инфразвукового комплекса для контроля опасных геодинамических процессов в литосфере и криосфере Западной Арктики.
12. Исследование растительно-почвенных ресурсов и оптимизация среды обитания человека на архипелаге Шпицберген.
13. Совершенствование методов управления охраняемыми природными территориями Западного Шпицбергена в условиях глобальных климатических изменений и антропогенного воздействия.
14. Исследование мохообразных и лишайников на градиенте тундровая зона – полярные пустыни в западноевропейском секторе Арктики и Кольской Субарктике.
15. Сохранение и исследование памятников российского культурно-исторического наследия на архипелаге Шпицберген.
16. Популяризация российских научных исследований и разработок на архипелаге Шпицберген.

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

18. 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.

19. Изучение геоморфологического строения и основных рельефообразующих процессов, оказывающих разрушительное воздействие на действующие и законсервированные посёлки и другие объекты архипелага Шпицберген.

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

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

22. 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 23 Мероприятия, выполняемых 13 организациями-участниками Консорциума «Российский научный центр на архипелаге Шпицберген»:

Организации Росгидромета

ФГБУ «ААНИИ» – Мероприятие 1. Метеорологические исследования параметров приземной атмосферы. Мероприятие 2. Комплексный мониторинг гидрологического цикла и состояния водных объектов архипелага Шпицберген. Мероприятие 3. Мониторинг океанографических условий на внутренних акваториях архипелага Шпицберген. Мероприятие 4. Наблюдения за динамикой баланса массы ледников Западного Шпицбергена. Мероприятие 5. Палеогеографические исследования. Мероприятие 6. Современное состояние и динамика многолетней мерзлоты. Мероприятие 7. Спутниковый мониторинг акватории и побережья Северного ледовитого океана и арктических морей. Мероприятие 8. Экологические исследования. Мероприятие 9. Проведение учебной практики для студентов-географов на базе РНЦШ. Мероприятие 10. Работы по линии международного сотрудничества на Шпицбергене. Мероприятие 11. Логистическое обеспечение и развитие научного консорциума «Российский научный центр на архипелаге Шпицберген».

ФГБУ «Мурманское УГМС – Мероприятие 12. Проведение регулярных наблюдений на базе гидрометеорологической обсерватории «Баренцбург».

ФГБУ «НПО «Тайфун» – Мероприятие 13. Фоновый и локальный экологический мониторинг в районах хозяйственной деятельности российских предприятий на архипелаге Шпицберген.

Организации Роснедр

ФГБУ «ВНИИОкеангеология» и АО «ЛМГРЭ» – Мероприятие 14. Региональные геолого-геофизические исследования с целью изучения геологического строения и минерально-сырьевого потенциала территории архипелага Шпицберген.

Организации ФАНО

ФГБУН «ИГ РАН» – Мероприятие 15. Комплексные гляциологические исследования на архипелаге Шпицберген. Мероприятие 16. Исследование изменчивости природных и антропогенных ландшафтов архипелага Шпицберген в условиях современного климата.

ФГБУН «КНЦ РАН» – Мероприятие 17. Изучение медико-биологических эффектов высокоширотного экстремального воздействия геокосмических агентов на организм человека в условиях арх. Шпицберген.

ФГБУН «ММБИ» – Мероприятие 18. Комплексные исследования экосистем фьордов и морей, омывающих архипелаг Шпицберген.

ФГБУН «ПАБСИ КНЦ РАН» – Мероприятие 19. Растительно-почвенные ресурсы, совершенствование методов управления охраняемыми природными территориями в условиях климатических изменений и антропогенного воздействия и оптимизация среды обитания человека на архипелаге Шпицберген.

ФГБУН «КоФ ФИЦ ЕГС РАН» – Мероприятие 20. Развитие методов и аппаратных средств сейсмо-инфразвукового мониторинга процессов деструкции арктической криосферы и обеспечение прогнозирования опасных геодинамических явлений на архипелаге Шпицберген и в прилегающем районе Западного сектора Арктической зоны Российской Федерации.

ФГБНУ «ПГИ» – Мероприятие 21. Проведение стационарных наблюдений за магнитными и оптическими явлениями на архипелаге Шпицберген, исследование геофизических процессов в высокоширотной атмосфере Земли.

ФГБУН «ИА РАН» – Мероприятие 22. Сохранение и исследование памятников российского культурно-исторического наследия на архипелаге Шпицберген.

ФГБУН «ИФА РАН» – Мероприятие 23. Разработка параметризаций для расчета характеристик взаимодействия атмосферы и поверхности над сложным рельефом в полярных районах.

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

Мероприятия Росгидромета

ФГБУ «АНИИ»

Мероприятие 1. Метеорологические исследования параметров приземной атмосферы

Исследования параметров приземной атмосферы включают в себя:

- изучение аэрозоля и атмосферных примесей в приземном слое воздуха с целью определения вклада переноса их умеренных широт в состав антропогенных примесей на арх. Шпицберген,
- исследование теплового баланса снежно-ледникового покрова, необходимое для корректного описания процессов абляции и процессов энерго-массообмена атмосферы с подстилающей поверхностью и физических процессов в радиационно-активном деятельном слое ледников и снежного покрова тундры,
- исследование режима осадков и формирования снежного покрова с целью коррекции методик наблюдения.

Изучение оптических, микрофизических характеристик и химического состава атмосферного аэрозоля

С октября 2017 г. по сентябрь 2018 г. Арктическим и антарктическим научно-исследовательским институтом (ААНИИ) Росгидромета совместно с Институтом оптики атмосферы им. В.Е. Зуева (ИОА) СО РАН продолжены измерения характеристик атмосферного аэрозоля на архипелаге Шпицберген. Исследования оптических, микрофизических характеристик и химического состава атмосферного аэрозоля проводились 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. Измерения характеристик атмосферного аэрозоля выполнялись на территории ГМО «Баренцбург» сотрудниками ААНИИ: Сидоровой О.Р., Лубо-Лесниченко К.Е., Губиным А.В. под руководством зав. лаб. отдела взаимодействия океана и атмосферы Радионова В.Ф. (vradion@aari.ru).

Измерялись: интегральные (по всей толще атмосферы) характеристики – аэрозольная оптическая толщина (АОТ) и общее влагосодержание атмосферы W [$\text{г}\times\text{см}^{-2}$] (ОВС); в приземном слое атмосферы – счетная концентрация частиц аэрозоля NA [см^{-3}] и распределение объема частиц по размерам dV/dr [$\text{мкм}^2\times\text{см}^{-3}$], где r – радиус частиц; массовая концентрация аэрозоля MA [$\text{мкг}\times\text{м}^{-3}$] и поглощающего вещества («сажи» – black carbon) MBC [$\text{мкг}\times\text{м}^{-3}$]; коэффициенты полного и обратного аэрозольного рассеяния; осуществлялся забор проб аэрозоля на фильтры для последующего химического анализа.

Временная изменчивость среднедневных значений спектральных составляющих аэрозольной оптической толщины τ^a_λ , параметра Ангстрема α ($\tau^a(\lambda)=\beta\cdot\lambda^{-\alpha}$), АОТ мелко- и грубодисперсного аэрозоля ($\tau^f_{0.5}$, τ^c), а также влагосодержания атмосферы в районе Баренцбурга в период измерений объединены на рис. 1.1.

По средним значениям аэрозольное замутнение атмосферы в 2018 году достаточно хорошо согласуется с результатами, полученными в предыдущие годы. Среднее значение $\tau^a_{0.5}$ составило $0,087\pm 0,071$, в то время как за период 2011-2017 гг. $0,084\pm 0,068$. Для параметра Ангстрема: α в 2018 г. равно $1,23\pm 0,36$, а за 2011-2017 гг. $1,27\pm 0,36$.

В весенний период (апрель-май) замутнение атмосферы в отчетном году сравнимо со средним многолетним уровнем. Заметные различия в спектральном ходе $\tau^a(\lambda)$ в этот период наблюдаются лишь в коротковолновой части спектра. В летний период (июнь-июль) $\tau^a_{0.5[2018]}$ ниже среднего за прошлые годы. Наиболее значительные отличия 2018 г. относятся к осеннему периоду (август-сентябрь) величина $\tau^a_{0.5[2018]}$ почти на 30% выше среднего уровня 2011-2017 гг.

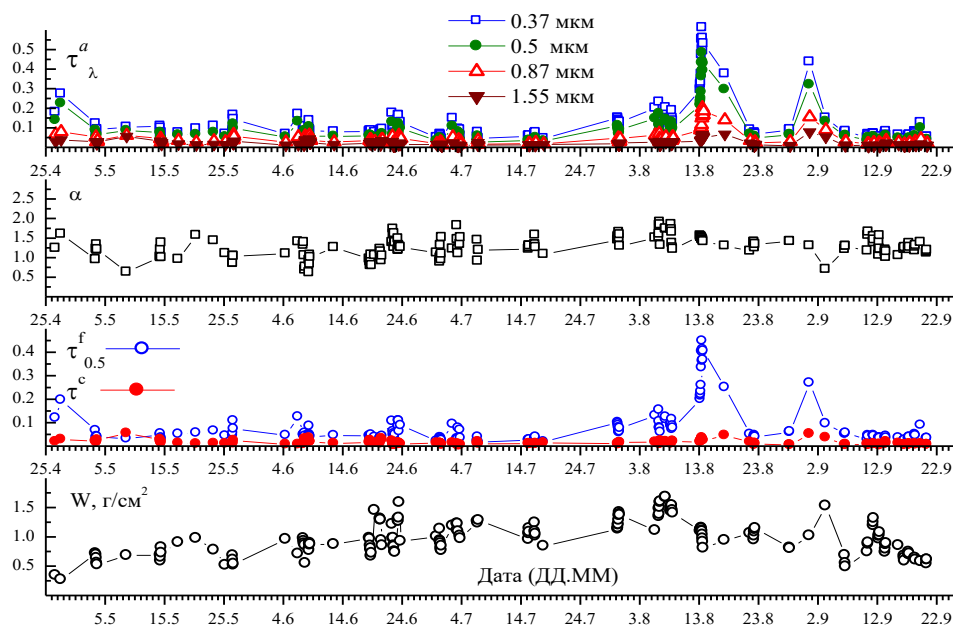


Рисунок 1.1 – Вариации АОТ (0,37, 0,50, 0,87 и 2,14 мкм), показателя Ангстрема α , $\tau_{0.5}^f$, τ^c и влагосодержания атмосферы W в районе Баренцбурга в 2018 г.

Как и в прошлые годы, во временной изменчивости τ_{λ}^a наблюдаются всплески, обусловленные ростом содержания в атмосфере мелкодисперсного аэрозоля (рис. 1.1), например, 13, 17 и 31 августа. Ранее (Kabanov et al, 2017) было показано, что подобное увеличение АОТ (τ_{λ}^f) обусловлено выносом в район измерений дымов лесных пожаров с континентов. Анализ обратных траекторий движения воздушных масс за 13 августа 2018 г. и карты очагов лесных пожаров в этот период (рис. 1.2) показывают, что дым на арх. Шпицберген был вынесен из прибайкальского региона и Якутии. При этом исключение дымовых ситуаций приводит к хорошему согласию средних спектральных зависимостей АОТ для осенних периодов 2018 г. и 2011-2017 гг.

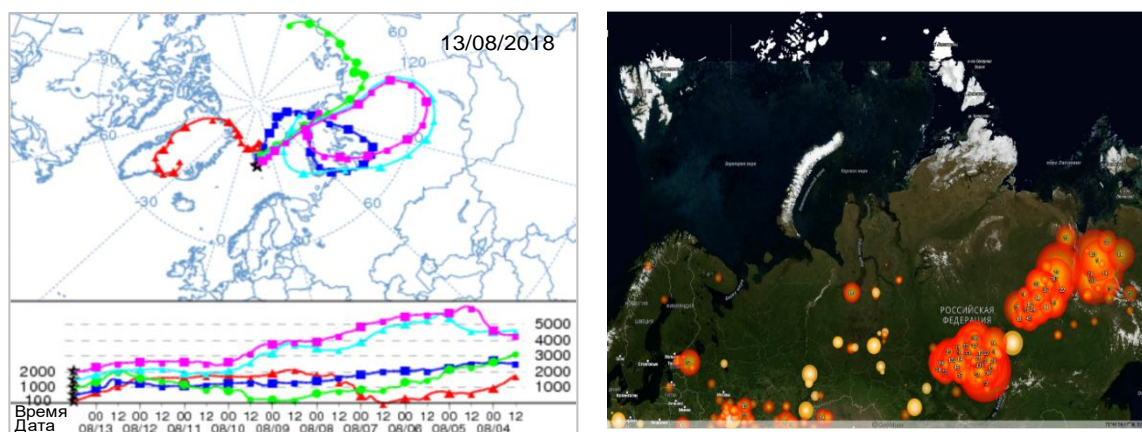


Рисунок 1.2 – Карта обратных траекторий за 13 августа (слева) для арх. Шпицберген (aeronet.gsfc.nasa.gov) и карта пожаров (справа) за период 03-13 августа 2018 г. (fires.kosmosnimki.ru/)

В динамике влагосодержания (рис. 1.1), 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.

Диапазон вариаций массовой концентрации сажи за полный период измерений составил $0,002 \div 3,87 \text{ мкг} \times \text{м}^{-3}$ при среднем значении $0,093 \text{ мкг} \times \text{м}^{-3}$. Минимальные значения концентраций наблюдаются в зимний период (рис. 1.3).

Одним из отличий является максимум значений, связанный с влиянием «арктической дымки», который в 2018 г. наблюдался в апреле (в 2017 г. – в марте). Тенденция уменьшения массовых концентраций «сажи» в мае-июне, с последующим их ростом до сентября, наблюдается в Баренцбурге практически ежегодно. Вторым явным отличием 2018 г. является минимум в июне 2018 г., по значениям сопоставимый с зимними значениями. После начала круглогодичных измерений (с 2016 г.) также регулярно наблюдаются и повышенные значения концентраций «сажи» в сентябре с дальнейшим их уменьшением к концу года.

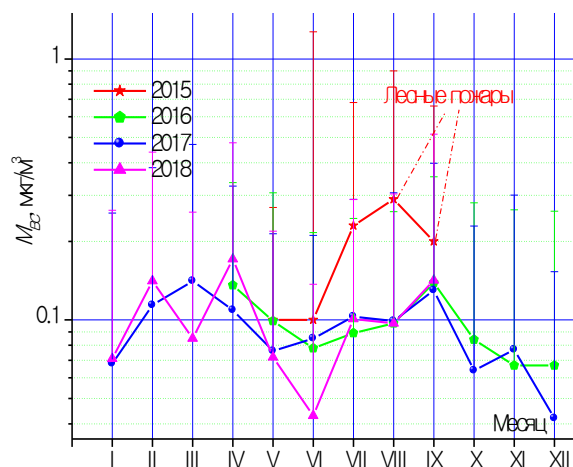


Рисунок 1.3 – Среднемесячные значения массовых концентраций сажи в 2015–2018 годах в Баренцбурге.

Диапазон вариаций массовой и счетной концентраций аэрозоля с октября 2017 г. по сентябрь 2018 г. составил: $M_A = 0,008 \div 211,8 \text{ мкг} \times \text{м}^{-3}$ при среднем значении $4,28 \text{ мкг} \times \text{м}^{-3}$; $N_A = 0,106 \div 92,0 \text{ см}^{-3}$ (среднее $6,96 \text{ см}^{-3}$). Среднемесячные значения массовой концентраций аэрозоля с октября 2017 г. по март 2018 г. (когда в измерениях находился счетчик AZ-10, №415) значительно превышают соответствующие значения в измерениях с апреля по сентябрь 2018 г. (счетчик – AZ-10, №248) (рис. 1.4). Анализ среднемесячных объемных распределений частиц по размерам показал, что счетчик AZ-10 №415 сильно завышает концентрации крупных частиц, которые и дают максимальный вклад при оценках массовой концентрации аэрозоля.

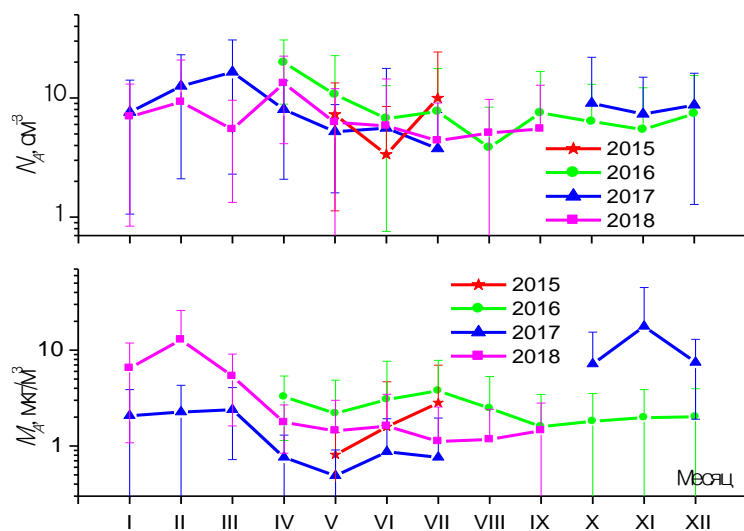


Рисунок 1.4 – Среднемесячные значения счетной (вверху) и массовой (внизу) концентраций аэрозоля в 2015–2018 годах в пос. Баренцбург

По абсолютным значениям счетной концентрации среднемесячные данные 2018 г. в зимний период меньше, чем в 2017 г., а в период «полярного дня» наоборот выше. Для массовой концентрации аэрозоля формы «годового» хода в 2015-2018 гг. хорошо согласуются между собой. Значения M_A в 2018г. занимают промежуточное положение между данными 2016 и 2017 гг. Традиционно максимальные значения концентраций частиц мелкодисперсной фракции размеров (радиусом менее 0,5 мкм) наблюдались в апреле-мае (рассматривая только значения с апреля по сентябрь). В летний период происходит уменьшение значений концентраций до минимальных в июле. В крупнодисперсной фракции

максимальные значения концентраций регистрировались в июне, а минимальные – также в июле 2018 г.

Средние значения коэффициентов полного и обратного аэрозольного рассеяния по данным измерений с помощью интегрирующего нефелометра TSI 3563 составляют: для полного рассеяния: $10,8 \pm 9,61$ ($\lambda=450$ нм); $7,99 \pm 7,38$ ($\lambda=550$); $5,70 \pm 5,47$ ($\lambda=700$); для обратного рассеяния: $1,62 \pm 1,37$ ($\lambda=450$); $1,28 \pm 1,21$ ($\lambda=550$); $1,09 \pm 1,09$ ($\lambda=700$). Параметр Ангстрема для коэффициента полного рассеяния составил 1,45, для коэффициента обратного рассеяния – 0,89.

Исследование теплового баланса снежно-ледникового покрова в районе пос. Баренцбург

Целью данного раздела работ было уточнение влияния загрязненности снежного покрова на его отражательные характеристики на примере ледника Альдегонда и пос. Баренцбург и исследования теплового баланса снежных (весной) и ледниковых (летом) покровов для корректного описания процессов абляции и процессов энергомассообмена атмосферы с подстилающей поверхностью и физических процессов в радиационно-активном деятельном слое ледников и снежного покрова тундры.

В ходе выполнения работ проводилась специальная снегомерная съемка в непосредственной близости от метеоплощадки ГМО «Баренцбург»; отбор проб снега в пос. Баренцбург и на леднике Альдегонда для последующего анализа химического состава загрязнений; выполнялись маршрутные измерения альbedo в двух спектральных диапазонах различных типов поверхности в пос. Баренцбург (зоны промышленного влияния) и на леднике Альдегонда и прямые измерения составляющих теплового и радиационного баланса на леднике Альдегонда и в районе поселка Баренцбург; были получены данные по микроклимату на леднике Альдегонда; проведены экспериментальные работы с использованием БПЛА для оценки отражательной способности ледника.

В весенний период альbedo снежного покрова ледника Альдегонда изменялось в пределах от 79% до 90% для диапазона 300-3000 нм и от 82 до 91,5 % для диапазона ФАР. Минимальные значения альbedo в видимом диапазоне 300-3000 нм наблюдаются в средней части ледника для диапазона ФАР, минимальные значения наблюдаются в нижней части ледника. В 2018 г. для диапазона измерений 300-3000 нм отсутствовало выраженное снижение альbedo к краям ледника, средний уровень был выше, чем в прошлые годы 85% - 2018 г., 80,5% - 2017 г., 79,9% - 2016 г. Для диапазона ФАР средний уровень в 2018 г. соответствовал уровню прошлого года (2018 - 87,9%, 2017 - 87,8%) и превышал значения, измеренные в 2016 г. - 83,8% (рис. 1.5).

В среднем количество взвешенного вещества в пробах собранных в ходе полевых работ 2018 г. оказалось практически в полтора раза ниже, чем в предшествующие годы. Средняя масса взвешенного вещества в пробах составила 0,0021 г/л.

В пос. Баренцбург, где основным фактором загрязнения снежного покрова является деятельность ТЭЦ и добыча угля, минимальное значение альbedo составили 70 % (77% для

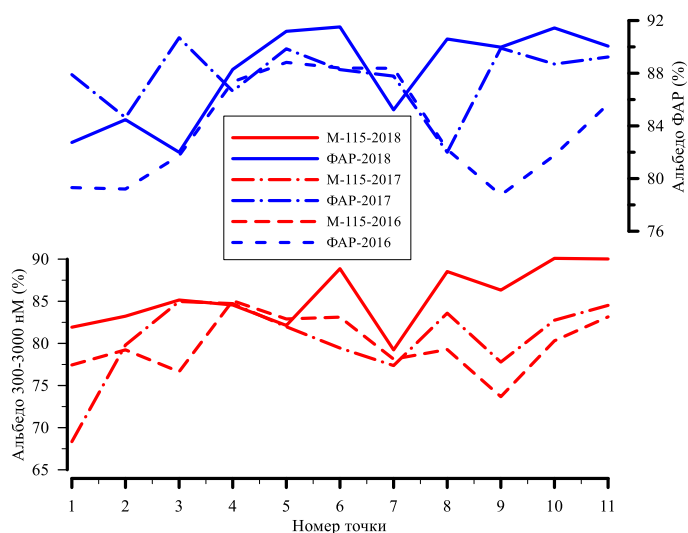


Рисунок 1.5 – Альbedo снежного покрова ледника Альдегонда по результатам экспедиций 2016-2018 гг. (M-115: диапазон 300-3000 нм, ФАР: 400-700 нм)

диапазона ФАР), максимальные – 88 % (90 % – ФАР). Прямой зависимости альbedo от концентрации взвеси (загрязняющие вещества) в верхнем слое снега не прослеживалось, так как нанесенная ранее ветром на поверхность угольная пыль оказалась покрыта слоем свежего снега в период исследования.

В ходе экспедиции 2018 г. была проведена серия непрерывных измерений проходящей, отраженной и проникающей под поверхность снежного покрова солнечной радиации в диапазоне ФАР и проходящей и отраженной солнечной радиации видимого диапазона. С помощью теплоприемников суммарного теплового потока измерялись потоки тепла в снежном покрове на двух уровнях 10 и 15 см с одновременной фиксацией температуры поверхности и ИК температуры атмосферы с помощью высокоточного ИК радиометра Aropgee SI-111. На леднике Альдегонда максимальный поток тепла был зафиксирован в ночной период на уровне 10 см и составил $8,3 \text{ Вт/м}^2$, направлен вверх (рис. 1.6). Временная развотка хода температуры снежного покрова ледника Альдегонда на разных горизонтах указывает на постепенный прогрев толщи снега.

Измерения профиля температуры в снеге, выполненные в точке в непосредственной близости от метеоплощадки Баренцбурга в период с 1 по 21 апреля 2018 г. показывают схожие результаты. При этом несмотря на то, что при опускании температуры воздуха верхние слои снега перестают прогреваться, в слоях снега ниже 70 см наблюдается слабый рост температуры. Полученные синхронные данные прямых измерений потока тепла в толще снега и временной изменчивости температуры снега на разных горизонтах позволили выполнить оценку значений коэффициента теплопроводности исходя из закона теплопроводности Фурье. Он составляет $0,37\text{-}0,42 \text{ Вт/(м}\times\text{К)}$ при плотности снега 350 кг/м^3 на леднике Альдегонда и $0,19\text{-}0,25 \text{ Вт/(м}\times\text{К)}$ при измеренной плотности снега 213 кг/м^3 вблизи ГМО «Баренцбург».

В осенний период определялись отражательные свойства поверхности ледника. Для этого в центральной части ледника Альдегонда была установлена временная теплобалансовая мачта с двумя ИК-радиометрами «APOGEE», пиранометрами M-80 и LI-192SA, метеостанцией SkyWatch GEOS-N11. Кроме стационарных наблюдений, в районе расположения мачты выполнены тестовые полеты БПЛА (квадрокоптер Suma «X8 Pro») для определения отражательных характеристик ледниковой поверхности с помощью установленного фотометра LI-190SA. На поверхности ледника Альдегонда по двум профилям от подножья ледника к его вершине (южный и северный маршруты) производились маршрутные измерения проходящей и отраженной солнечной радиации. Во время проведения работ с автоматических метеостанций «НОВО» у подножья и на вершине

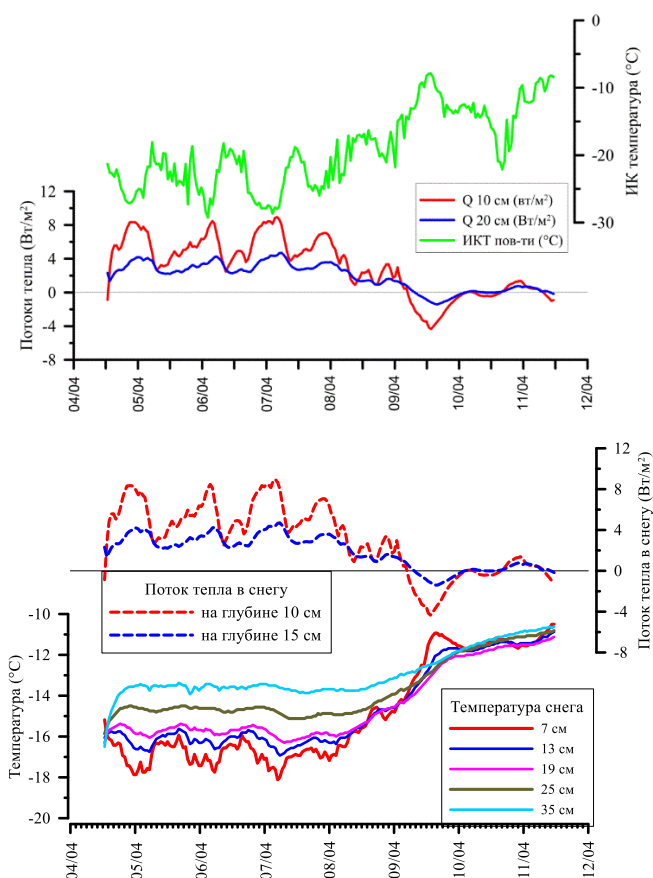


Рисунок 1.6 –Серия наблюдений на леднике Альдегонда 4-11 апреля 2018 г.: потоки тепла в снежном покрове глубине 10 и 15 см и ИК-температура поверхности. (положительным считается направление потока тепла вверх) и температура снежного покрова на разных глубинах

ледника были считаны текущие данные за период апрель-август 2018 г., также проведены профилактические работы.

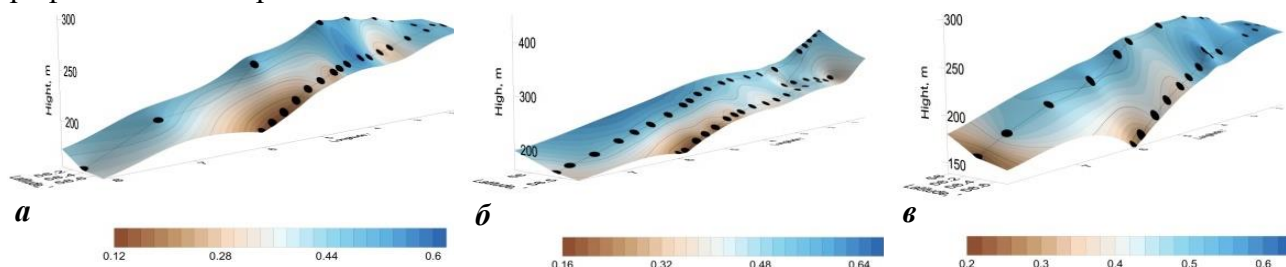


Рисунок 1.7 – Распределение альbedo на леднике Альдегонда (а) – 17.08.18, (б) – 20.08.18, (в) – 20.08.18

Площадные измерения альbedo (рис. 1.7) выявили существенную пространственную изменчивость фотосинтетически активной радиации (500-700 нм). В период измерений менялись условия освещенности (облачность, атмосферные явления), однако, основное влияние вносило состояние поверхности ледника, поскольку отдельные его участки имели различное поверхностное загрязнение, разную степень увлажнения поверхностными тальми водами, разную степень «обсыхания».

Общая выявленная закономерность – это низкие, по сравнению с другими участками, величины альbedo в нижней части ледника и вдоль его северной границы, что обусловлено высокой концентрацией обломков горных пород и отражением солнечной радиации от горных склонов вдоль северной границы ледника. Южная часть ледника в утренние часы затенена и подвержена влиянию только рассеянной солнечной радиации, это было впервые отмечено в 2015 г. и подтверждено съемками 2016 и 2017 гг. В этой зоне ледника, а также на его вершине (на высоте более 400 м) встречаются участки со слоем фирна на поверхности, что увеличивает альbedo. В целом диапазон изменения альbedo суммарной солнечной радиации составил 10-60%. В результате обработки данных удалось подтвердить количественную связь величин альbedo с высотой поверхности ледника над уровнем моря, что было отмечено в съемках 2016 и 2017 гг.

Таким образом, альbedo поверхности ледника испытывает значительную пространственную изменчивость в летний период и это обстоятельство имеет большое значение для корректных расчетов радиационного баланса и доли энергии солнца затрачиваемой на нагрев, таяние поверхности и внутрислойное таяние. Все это должно учитываться в современных математических моделях различного уровня разрешения.

Измерение микроклиматических параметров на леднике позволили количественно оценить связь метеорологических условий на леднике и в районе ГМО «Баренцбург». В настоящий момент проводится критический контроль данных, полученных в 2017-2018 гг., и выявление статистических связей для отдельных месяцев года. Наши оценки за 2016 г. для срочных и осредненных данных (сутки, месяц) составили 0,97-0,98. Данные двух АМС на леднике позволят уточнить взаимосвязь метеоусловий на леднике и ГМО для всех месяцев года и не только уточнить формулу (Священников и Рагулина, 2010), позволяющую оценивать толщину стаявшего льда на поверхности ледника по данным о температуре воздуха и суммарной радиации в августе на метеоплощадке ГМО, но и получить оригинальные формулы для расчета турбулентных потоков явного и скрытого тепла на леднике по данным ГМО.

В ходе отработки методики применения БПЛА было получено 836 фотоснимков поверхности ледника с различных высот. По результатам полетов были выявлены и сформулированы минимальные требования к БПЛА, выполнение которых необходимо, для дальнейшего развития и улучшения методики дистанционного зондирования отражательных свойств ледовых поверхностей.

Исследования режима осадков, формирования снежного покрова и коррекция методик наблюдений

Основные ошибки при измерении на метеорологической станции с использованием осадкомера Третьякова связаны как с недоучетом выпавших твердых осадков, так и вследствие их переоценки. Наибольшие погрешности, связанные с выдуванием и надуванием осадков с поверхности, наблюдаются при измерении твердых осадков и могут достигать десятков процентов. Для оценки погрешности, вызванной действием аэродинамических факторов при измерении твердых осадков, были проведены специальные снегомерные наблюдения в непосредственной близости от метеорологической площадки ГМО «Баренцбург», но без нарушения однородности прилегающей к площадке подстилающей поверхности. В каждом шурфе встречаются фирнизованные прослойки, характерные для периодов потепления и таяния верхнего слоя (оттепели).

По полученным данным о высоте и плотности снежного покрова вычислено среднее значение по всем измерениям и определен водный эквивалент слоя снега, который составил 360 мм. Это практически в два раза превышает данные 2016 г. (177 мм), но меньше чем полученный при аналогичных наблюдениях 2013 г., когда водный эквивалент составил 557 мм. Результат измерений этого года близок к данным полученным в сезоне 2017 г. 377 мм. Можно сделать вывод, что снегонакопление в сезоне 2017-2018 гг. было сравнимо с наблюдавшимся в предыдущем сезоне, и не превышает средних значений. Полученные оценки использованы для сравнения с годовым количеством выпавших твердых осадков, определенных осадкомером ОС-1 для определения соответствующих поправок и коррекции данных.

Исполнители работ: Иванов Б.В. (b_ivanov@aari.ru), Безгрещнов А.М., Шиманчук Е.В., Прохорова У.В., Уразгельдеева А.В., Драбенко Д.В.

Литература:

Kabanov D.M., Zenkova P.N., Lisitsyn A.P., Lubo-Lesnichenko K.E., Panchenko M.V., Radionov V.F., Sakerin S.M., Sidorova O.R., Terpugova S.A., Shevchenko V.P. Peculiarities of spatial-temporal variability of the aerosol optical depth of the atmosphere over Kara and Barents Seas in 2016 // Proceedings of SPIE. 2017. V. 10466. P. 10466 2G.

Священников П.Н., Рагулина Г.А. Оценка поверхностного таяния ледника Альдегонда. арх. Шпицберген. Материалы международной научной конференции «Комплексные исследования арх. Шпицберген» (под. ред. Акад. Г.Г. Матишова). Мурманск, 27-30.10.2010. Вып.10, 2010, СС. 469-474.

Мероприятие 2. Комплексный мониторинг гидрологического цикла и состояния водных объектов архипелага Шпицберген

Мероприятие 2 включает комплексный мониторинг гидрологического цикла и состояния водных объектов архипелага Шпицберген. Гидрологические исследования проводились в весенне-осенний период и продолжили экспедиционные наблюдения ААНИИ, начатые в 2001 году.

Весенние наблюдения велись с целью получения новой информации о распределении снеготопливных запасов на водосборах исследуемых рек (рис. 2.1), характера структуры и текстуры залегания снежно-ледяного покрова акваторий архипелага, о степени загрязненности снежного покрова. Работы по данному этапу продолжались с 27 марта по 27 апреля 2018 г. Исполнители: Ромашова К.В. (romashova.kv@hotmail.com), Кочанова О.В., Коробов П.В., Звегинцев Д.И.

Целью летнего этапа гидрологических исследований являлся комплексный мониторинг гидрологического цикла и состояния водных объектов, включая проведение наблюдений за гидрохимическими характеристиками и элементами водного баланса речных

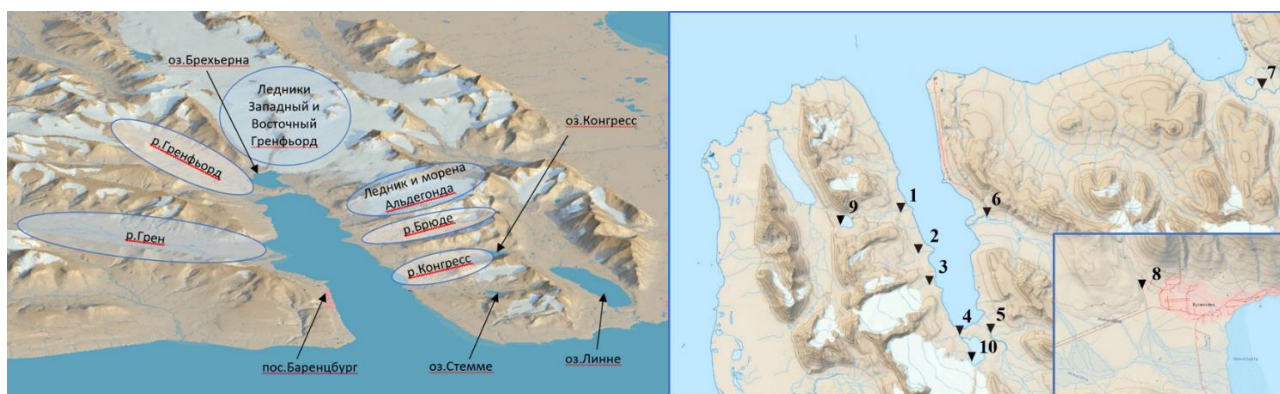


Рисунок 2.1 – Районы проведения гидрологических работ (слева) весной 2018 г. и (справа) летом 2018 г. Цифрами обозначены реки 1-Конгресс, 2-Брюде, 3-Альдегонда, 4-Бретьерна, 5-Гренфьорд, 6-Грен, 7-Колес (бухта Колес), 8-Эльза (пос. Пирамида); озера 9-Конгресс, 10-Бретьерна

водосборов архипелага Шпицберген, проведение специализированных лимнологических наблюдений (рис. 2.1). Наблюдения в рамках полевых работ выполнялись в период с 16 мая по 30 сентября 2018 г. Исполнители: Ромашова К.В., Звегинцев Д.И., Головатских М.А., Василевич И.И.

Особенности снегонакопления на водосборах рек и ледниках залива Гренфьорд

Характер снегонакопления в 2018 г. определялся повторяющимися с декабря по февраль сильными оттепелями, что привело к довольно низкой высоте снежного покрова на ледниках и водосборах рек и образованию приземного конжеляционного льда толщиной от 3 до 130 см (в долине реки Грён). Ледяная корка отсутствовала только в долине р. Конгресс (табл. 2.1). В шурфах снега встречались ледяные корки и прослойки плотного зернистого снега. Плотность снега в разных точках опробования и в разных слоях снега менялась значительно до 5 раз.

Высота снежного покрова на ледниках и в долинах во многом зависела от топографии и морфометрии склонов, ветрового воздействия. Запасы воды в слое снега оказались ниже среднемноголетних, полученных за предыдущие годы исследований (табл. 2.1). В связи с отступанием ледников для будущих исследований перенесены точки измерений снежных характеристик на моренах и на ледниках.

Особенности режима озер в весенний период

Сильные оттепели также, очевидно, влияли на уровень озер в окрестностях Гренфьорда. Так уровнемер, работавший на оз. Стемме в течение года (рис. 2.2), показал стремительное понижение уровня воды в октябре, что связано с понижением температуры и соответственно ледообразованием и нарастанием толщи льда и повышению в конце декабря-начале января за счёт таяния ледяного покрова озера и склонового притока талого снега. После этого уровень воды в озере снова снизился одновременно с понижением температуры воздуха и начал расти с весенним таянием льда и снега.

Таблица 2.1. Общий запас воды на водосборах рек бассейна залива Грэнфьорд

Географический объект	Общий запас воды в снежном покрове, мм в.э.	Из него в ледяной корке, мм в.э.
л. Альдегонда	360	-
морена л. Альдегонда	380	180
долина р. Грён	290	193
л. З. Грэнфьорд	440	-
л. В. Грэнфьорд	337	-
долина р. Конгресс	165	0
долина р. Брюде	556	248
долина р. Грэнфьорд	445	315

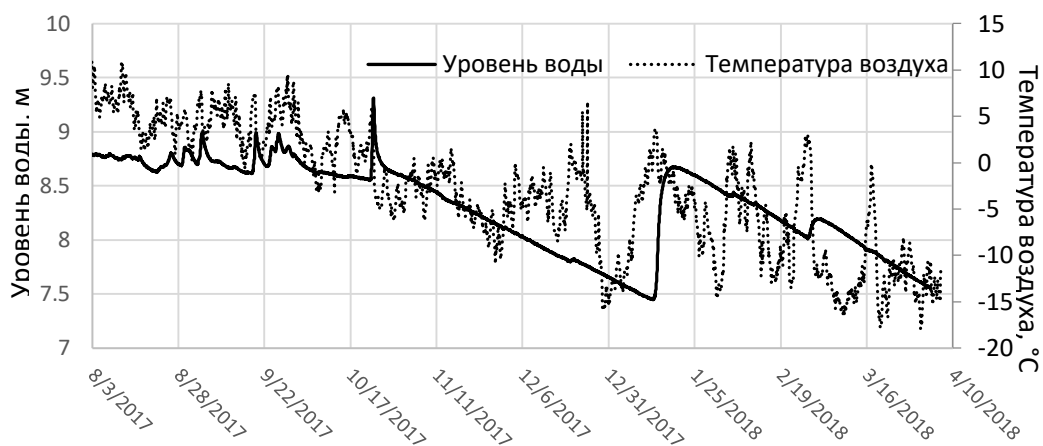


Рисунок 2.2 – Ход уровня воды озера Стемме в зимний период 2018 г. и температуры воздуха по данным метеостанции Баренцбург

Распределение гидрохимических параметров зависит во многом от глубины озера. В Конгрессе и Линне наблюдалась обратная стратификация, подо льдом присутствовал переохлажденный менее минерализованный слой воды, затем с глубиной температура повышалась и стабилизировалась в придонном слое. В мелководных озерах, как Стемме и Бретьерна, стратификация выражена не так сильно в связи с полным перемешиванием вод (рис. 2.3). Содержание основных ионов менялось по глубине незначительно, в структуре вод оз. Конгресс и Линне выделялись слои с повышенным и пониженным содержанием отдельных ионов и органического углерода, однако не на всех точках опробования. В озерах Стемме и Бретьерна зависимость содержания минеральных компонентов от глубины незначительна. Мутность воды меняется незначительно, лишь в оз. Бретьерна отмечается резкое увеличение содержания взвеси в подледном слое.

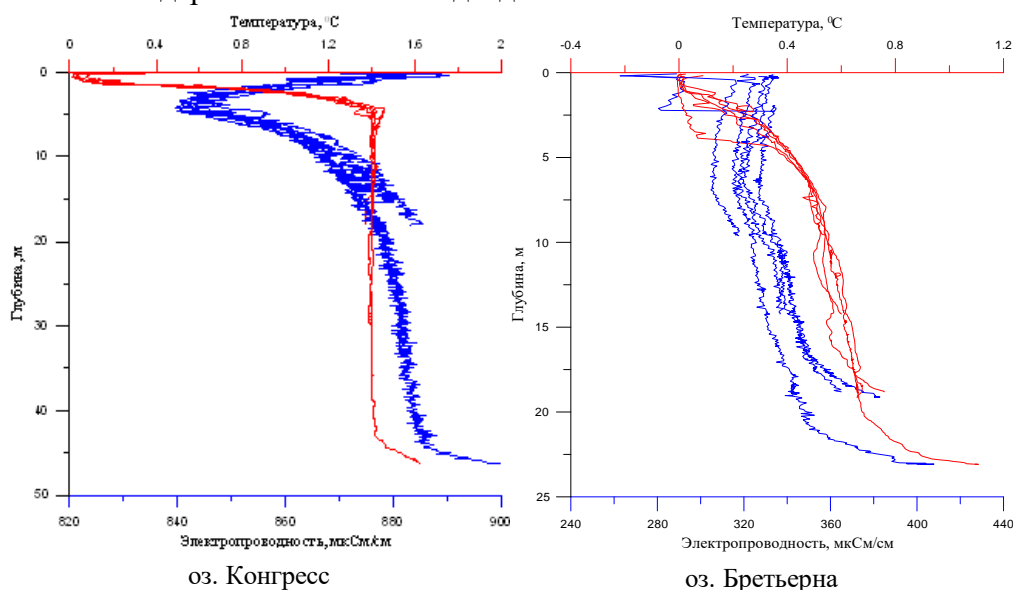


Рисунок 2.3 – Распределение температуры и электропроводности с глубиной весной 2018 г в озерах бассейна зал. Гренфьорд

Особенности динамики водного баланса рек бассейна Грэнфьорд

Анализ изменения температуры на арх. Шпицбергене, измеренной в ГМО Баренцбург показал сдвиг теплого сезона практически на месяц (рис. 2.4). Несмотря на то, что в апреле температура воздуха опускалась до -17°C , уже в мае преобладали положительные температуры воздуха. Переход температур через ноль произошел сравнительно рано 18 сентября и после небольшой оттепели 23-25 сентября, продолжала снижаться. Таким

образом наблюдался теплый май (среднесуточная температура 0,6 °С) и холодный сентябрь (1,3 °С), в то время как в 2017 году был холодный май (-4,6 °С) и теплый сентябрь (4,7 °С).

Это определило раннее вскрытие рек и раннее осеннее замерзание. На расход рек оказали влияние относительно сухие периоды в апреле и июне и увеличение осадков (по сравнению с 2017 г.) в мае и июле. 18 августа количество выпавших осадков составило 46 мм, что практически является среднемесячной нормой.

Динамика расхода воды в реках зависит от источника питания и расположения и размера водосборной территории. Реки Грэн и Грэнфьорд имеют протяженную долину и смешанное питание от ледников, осадков и подземных/грунтовых вод. Отклик расхода воды происходит с задержкой по сравнению с количеством выпадающих на водосборе атмосферных осадков. При этом расход воды и количество взвешенных наносов (мутность) меняются пропорционально, так как взвешенное вещество собирается с водосбора.

Для реки Грэн высокие расходы воды и высокая мутность характерны в июне-июле, затем наступила межень, связанная с минимумом атмосферных осадков, и в конце августа выделился кратковременный пик, согласующийся с динамикой атмосферных осадков (рис. 2.5). В измеренном в июле суточном ходе параметров реки максимум расхода воды приходится на 15:00 и минимум на 9:00. Однако, анализируя данные за предыдущие годы, можно сказать, что это не является устойчивой моделью и значительно зависит от условий на всем водосборе. Особенностью р. Грэн является то, что она в районе створа имеет широкую долину, в различную гидрологическую фазу река может иметь одно или несколько русел. В течении сезона совместно с изменением количества рукавов, меняются как морфометрические характеристики, так и распределение направлений течения реки.

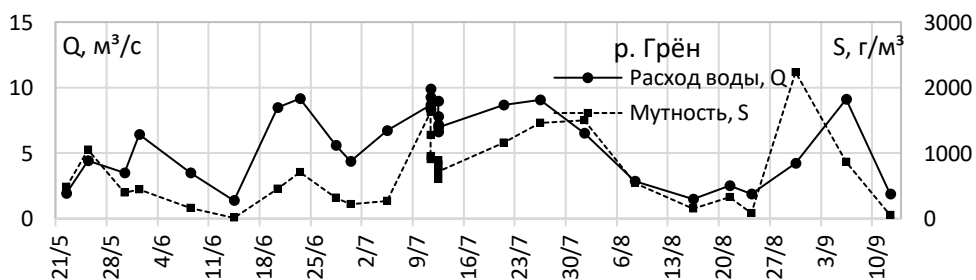


Рисунок 2.5 – Динамика расходов и мутности воды р. Грэн в 2018 г.

Временная динамика расходов воды реки Грэнфьорд схожа с р. Грэн, но изменения – рост и падение – расходов и мутности воды происходит более сглажено. Минимум стока зафиксирован в 20-х числах сентября, мутность в 2-3 раза ниже, чем в р. Грэн. По мере уменьшения расхода реки Грэнфьорд ширина русла изменяется незначительно, но существенно уменьшаются скорости и глубины.

Река Бретьерна, хоть и имеет ледниковое питание – воды поступают в основном при таянии ледников Западный и Восточный Грэнфьорд, но вытекает из одноименного озера, которое не регулирует сток, но играет роль осадительного бассейна, поэтому связь между расходом воды и мутностью потока не прослеживается в течение года. После достижения максимального значения в начале второй декады июля, мутность реки стремительно падает и

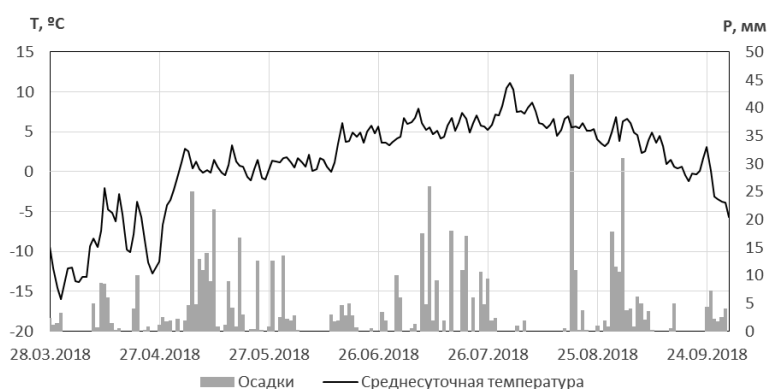


Рисунок 2.4 – Изменение температуры воздуха и количества осадков в период экспедиционных исследований по данным ГМО «Баренцбург»

до конца сезона не зависимо от динамики расходов варьируется в пределах от 0 до 10 г/м³. Расход воды повышается с конца июня по конец июля, после следует плавное понижение до конца сентября, прерванное пиком в конце августа из-за обильных и продолжительных осадков. В течение года расход реки меняется более чем в 35 раз, при этом существенно меняется ширина, глубина и скорость потока.

На реке Альдегонда хорошо заметна положительная связь между динамикой расходов воды и мутности, однако временная динамика смещена по сравнению с другими реками, что связано с основным ледниковым питанием реки. Расход реки слабо меняется с начала второй декады июня по начало второй декады августа и варьируется около значения 2 м³/с, за исключением паводка в конце третьей декады июля. При этом пик в конце августа, связанный с обильными осадками, отсутствует. Начиная с 5 сентября расход реки плавно снижается, достигая минимума стока 19 сентября.

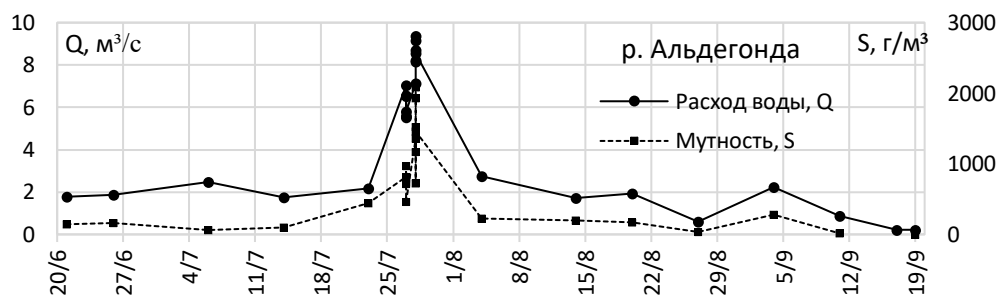


Рисунок 2.6 – Динамика расходов и мутности воды р. Альдегонда в 2018 г.

Суточные измерения параметров р. Альдегонда (27-28 июля) показали максимум стока в 4:00, минимум в 14:00 при амплитуде суточного колебания расхода 3,84 м³/с. Характер внутрисуточного распределения расходов определялся обильным выпадением осадков во время проведения серии измерений, суточным ходом температуры воздуха и соответственно суточным изменением объемов абляции ледника, максимум которой, как правило, приходится на вторую половину дня. С учетом времени добегания талых и дождевых вод, которое во многом определяется дренажной системой бассейна, максимум расхода воды в реке приходится на ночное, а минимум – на дневное время.

На реке Брюде в конце июня наблюдался паводок, после чего расход реки плавно снижался до конца августа, где в результате осадков происходит кратковременное увеличение расхода. Минимум стока наступает в конце второй декады сентября. Связь между стоком и мутностью положительная. По мере увеличения расхода реки Брюде соответственно увеличивается скорость течения. В меньшей степени изменяются остальные морфометрические характеристики.

Для гидрографа р. Конгресс характерны поочередно сменяющие друг друга периоды с высокими и относительно низкими расходами. Максимальные расходы хорошо соотносятся с периодами обильных осадков. Морфометрические характеристики реки практически не меняются, изменение стока реки происходит за счет увеличения и уменьшения скорости потока.

Химический анализ речных вод на содержание макро и микрокомпонентов показал, что, несмотря на разную минерализацию, которая уменьшается с увеличением стока, соотношение ионов остается постоянным для каждой реки. Содержание биогенных элементов во всех реках низкое. Минерализация наибольшая в р. Конгресс и наименьшая – в р. Брюде. Минерализация рек определяется преобладанием сульфат-иона.

Особенности режима озер в летний период

Уровнемерные наблюдения на озерах, за исключением Стемме, начались в апреле. Резкий подъем уровня озера Бретьерна произошел 16 июня, величина подъема составила 80 см, в целом колебания уровня происходили преимущественно в сторону увеличения, а

начиная с 11 сентября уровень озера равномерно снижался в среднем на 7-8 см в сутки. Средняя величина многосуточных колебаний составила 20-30 см. По сравнению с весенним периодом уменьшилась минерализация воды. Температурная стратификация летом полностью отсутствует. Минеральный состав меняется с глубиной незначительно, из солей в нем преобладают сульфаты, содержание питательных и органических веществ очень низкое.

На оз. Конгресс уровневый комплекс проработал с октября 2017 г. по июнь 2018 г. и показал резкое снижение уровня озера в конце октября, небольшое, но значимое повышение уровня в январе-феврале и затем резкий рост в июне, что хорошо коррелирует с изменениями в оз. Стемме. Стратификация оз. Конгресс летом значительно отличается от зимней – у поверхности вода прогрета и температура постепенно понижается до глубины 20 м, после чего остается постоянной около $+2^{\circ}\text{C}$ по всему столбу. Минерализация в верхнем слое 15-17 м остается постоянной 450 мг/л и затем скачком повышается до среднего значения около 600 мг/л, в придонном слое она еще растет до 700-750 мг/л. Такое распределение объясняется распреснением в верхнем слое воды и притоком подземных минерализованных вод у дна. В солевом составе воды преобладают сульфаты, что также связано с питанием озера подземными сульфатными-сероводородными водами. Питательные вещества присутствуют в малых количествах, часто на пределе чувствительности методики определения. По сравнению с весенним периодом заметна более хорошая аэрация придонных слоев вод озера.

Помимо гидрологических измерений на всех реках велась топогеодезическая съемка, которая позволила получить плано-высотную привязку участков рек Грэн и Альдегонда, на которых расположены гидростворы, составить схемы продольных профилей рек, уточнить положение русла и рукавов. Для плано-высотной привязки реперов и уровневых свай на реках была перенесена высотная отметка от известных реперов системы треста «Арктикуголь» (Rp№ 4226 и Rp№ 3) на закрепленную точку в порту («Rp. №1»), а также монтаж и определение плано-высотной отметки «базовой станции» возле аппаратной ВППИ.

Также на реке Брюде проводились экспериментальные работы по измерению расходов воды методом смещения (метод ионного паводка) по единовременному добавлению в воду потока индикатора. Метод смещения является более точным и весьма практичным в реках со сложным поперечным сечением русла и большими скоростями течения, например, горные ручьи, типичные для Шпицбергена.

Выводы:

В 2018 г. и характер снегонакопления, и временная динамика расхода рек определялись особенностями атмосферной циркуляции и изменения приземной температуры воздуха. Малая мощность снежного покрова объясняется многочисленными оттепелями и малым количеством осадков в целом. Эти же условия повлияли на повышение уровня в озерах зимой. Сдвиг периода положительных температур на месяц вперед привел к раннему вскрытию рек и максимальному паводку в июле.

На всех реках заметно некоторое повышение стока воды и взвешенных наносов по сравнению с 2017 г. При этом внутри наблюдаемого сезона, в результате выпадения большого количества осадков в конце августа–начале сентября, последние годы фиксируется также значительный рост расходов воды и взвешенных наносов. В 2018 году расходы паводочной волны превысили максимальные расходы половодья практически на всех реках. Водность реки Альдегонда в два-три раза выше, чем в 2017 году.

Мероприятие 3. Мониторинг океанографических условий на внутренних акваториях архипелага Шпицберген

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 является основной целью исследований. В 2018 г. работы выполнялись по четырем направлениям:

- Ледоисследовательские работы с 5 по 16 марта 2018 г в заливе Ван-Майенфьорд и бухте Браганцаваген (совместно с Университетским центром на Шпицбергене);
- Термохалинное профилирование заливов Гренфьорд и Исфьорд в весенний (17-25.03.2018) и летний периоды (24.08.2018 – 10.09.2018);
- Исследование микроструктурных характеристик водной толщи в пороговой зоне залива Биллефьорд;
- Контроль уровнемерного комплекса, установленного в пос. Баренцбург.

Полевые работы выполняли нач. отдела океанологии Фильчук К.В. (kirill@aari.ru) и инженер отдела океанологии Рыжов И.В.

Исследования ледообразования и трансформации водных масс в зал. Ван-Майенфьорд

Основным объектом исследования в ходе океанографических работ, выполнявшихся в районе посёлка Свеа, был узкий канал, через который происходит водообмен озера Валлунден с проливом Свеа. Исследовались динамические эффекты, возникающие при взаимодействии струи приливного течения, распространяющейся по каналу, с ледяным покровом и баровой грядой в устьевой части канала на входе в озеро.

В кутовой части залива Ван-Майенфьорд, бухте Браганцаваген, и в озере Валлунден на долгий срок устанавливались регистраторы давления, температуры и солёности в придонном и подлёдном слоях. В озере Валлунден выполнена площадная STD-съёмка, а также STD-профилирование с малым пространственным интервалом по оси канала, через который происходит водообмен озера с проливом Свеа, в канале был установлен акустический профилограф течений (рис. 3.1).

Чтобы выявить особенности ледообразования на участках акваторий, подверженных воздействию периодически возникающих поверхностных течений со значительными скоростями, в озере Валлунден была выполнена площадная съёмка толщины льда в районе устья канала. С целью исследования влияния роста припая на промерзание донного грунта в бухте Браганцаваген был выполнен комплекс работ, включающий постановку STD-регистраторов в мористой и центральной частях бухты, STD-профилирование по руслу реки Кьеллстром, отбор проб грунта на разрезе поперёк русла.



Рисунок 3.1 – Положение океанографических и ледоисследовательских станций, выполненных в заливах Свеа, Браганцаваген и в озере Валлунден весной 2018 г. Серый, красный – донные станции; оранжевый, жёлтый – пункты отбора проб донного грунта; белый – пункты STD-профилирования

Полученные результаты позволяют оценить разницу уровней и временной сдвиг наступления максимального прилива в бухте и озере (рис. 3.2). Измерения колебаний температуры и солёности в бухте показывают, что во время приливной фазы температура воды несколько увеличивается и солёность падает. На фазе отлива солёность увеличивается, а температура уменьшается. Во время фазы прилива вода транспортируется из широкой и глубокой части бухты. На фазе отлива вода переносится обратно с узкой и мелкой (до 1 м глубины) куты, где происходит охлаждение струи; следовательно, температура воды уменьшается и её солёность увеличивается из-за засоления воды при замерзании.

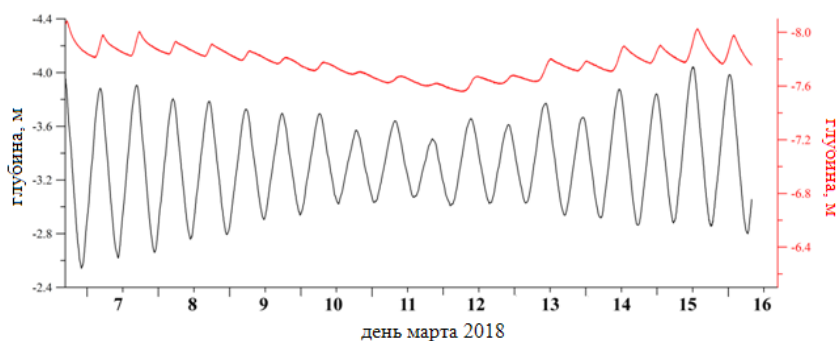


Рисунок 3.2 – Колебания уровня моря, обусловленные приливом: черная линия – бухта Браганцаваген, красная линия – озеро Валлунден

Значения скорости течения во время интенсивного прилива, превышали 12 см/с во всей толще воды. Во время отливной фазы приливного колебания скорости были низкими. Максимальные скорости течения наблюдались, когда разница между уровнем поверхности моря в бухте и озере достигала наибольших значений. Максимальные флуктуации температуры наблюдались при сильных токах из пролива, что очевидно, поскольку реактивный поток преодолевает мелкий (1,5 м) каменный бар, расположенный сразу же в конце пролива, что вызывает нестабильность потока и генерацию внутренних волн. Наличие пиков в спектрах флуктуации температуры позволило предположить существование внутренних волн, генерируемых при преодолении потоком приливо-отливного течения мелкого порога.

Отобранные пробы грунта описывались на месте и анализировались в лаборатории в пос. Баренцбург, их физические характеристики будут использоваться для дальнейшего математического моделирования состояния криосферы в мелководных шельфовых районах Арктического региона.

Динамика водных масс в заливах Грэнфьорд и Исфьорд

В связи с погодными условиями океанографические исследования ААНИИ в зал. Исфьорд весной не состоялись, данные термохалинного профилирования в запланированных точках получены от ММБИ, проводившего работы с борта судна «Дальние Зеленцы» в апреле 2018 г. Летние океанографические работы осуществлялись по плану. Расположение станций океанографического полигона показано на рис. 3.3.

В весенний период в Грэнфьорде не выявляются ни Атлантическая водная масса (АВ, здесь и далее классификация водных масс дана по [1]), ни трансформированная атлантическая водная масса (ТАВ), практически вся чаша залива заполнена арктической водой (АрВ). Это распределение водных масс существенно отличается от зафиксированного в марте 2017 г. (рис. 3.4), когда на всём протяжении разреза от поверхности до дна была выявлена трансформированная атлантическая водная масса, образовавшаяся в результате смешения атлантической воды и арктической водной массы. Аналогичная ситуация наблюдалась и в апреле 2014 г. Это подтверждает гипотезу [2] о том, что механизм, обуславливающий проникновение АВ в заливы архипелага Шпицберген, – атмосферные

форсинги. Прохождение глубоких циклонов в проливе Фрама, по-видимому, вызывает нагон масс воды к береговой линии Западного Шпицбергена, что модулирует детерминированную перепадом высот водной поверхности баротропную составляющую Западного Шпицбергенского течения на шельфовом склоне, при этом возникают топографически направленные потоки в желоба на шельфе Западного Шпицбергена.

В сентябре в Исфюрге Атлантическая водная масса (АВ) вклинивается на глубинах 100-250 м только в самой западной части продольного разреза (рисунок 3.5), температура АВ достигает значения $+4,5^{\circ}\text{C}$, положение границы совпадает с положением изотермы $+4^{\circ}\text{C}$. В слое от поверхности до глубин 30-50 м на протяжении разреза выявляется поверхностная водная масса (ПВ), образующаяся поздней весной и летом под влиянием увеличения объема речного стока, таяния морского льда и радиационного прогрева. Температура в ПВ варьируется в пределах от $+4,5$ до $+6^{\circ}\text{C}$. Под ПВ на большей части акватории Исфюрга (за исключением западной периферии) залегают промежуточная водная масса (ПрВ), формирующаяся в результате смешения ПВ и АВ, и трансформированная атлантическая водная масса (ТАВ), образующаяся в результате смешения АВ и арктической водной массы (АрВ).



Рисунок 3.3 – Положение океанографических станций в заливах Исфюрд, Биллефюрд и Грэнфюрд в 2018 г.

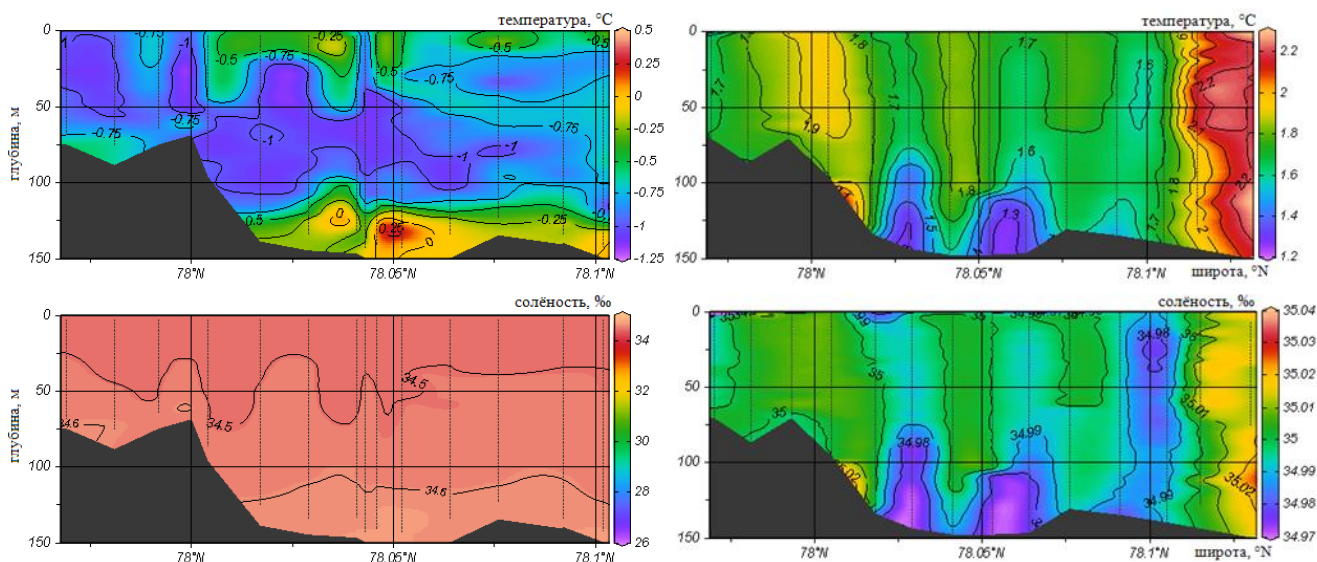


Рисунок 3.4 – Распределение температуры и солёности на вертикальном меридионально ориентированном разрезе через заливы Грэнфюрд в апреле 2018 г. (слева) и марте 2017 г. (справа)

Залив Биллефюрд от дна до глубины 50 м занят водными массами, формирующимися здесь в осенне-зимний период: локальной водной массой (ЛВ), формирующейся в осенне-зимний период в результате охлаждения ПВ или ПрВ (50-60 м) и зимней охлажденной водной массой (ЗВ), формирующейся в результате выхолаживания воды до температуры

замерзания при данной солёности и выделения рассола при формировании льда (60-дно), что является следствием влияния топографического барьера, препятствующего свободному водообмену с Исфьордом.

В горле Исфьорда значения температуры в струях АВ, локализующихся в южной и центральной областях на горизонтах от 140-160 м до 220-240 м, достигают +4 +4,5°C. ПВ образует слой мощностью до 50 м на всём протяжении разреза. Под ПВ залегает ПрВ, ниже – ТАВ, образуя ячеистую структуру со струями АВ. В целом, наблюдаемое в Исфьорде и Биллефьорде распределение водных масс не отличается существенно от зафиксированного в 2016 и 2017 гг.

В заливе Грэнфьорд в 2018 г. установлена структура распределения водных масс характерная для летнего периода и соответствующая закономерностям, обобщенным в [3]. При этом результаты повторного термохалинного профилирования 27 августа и 1 сентября на поперечном разрезе на траверзе мыса Финнесет показали значительное расхождение (Рисунок 3.6): по сравнению с августом появилась четко локализованная в западной части разреза струя ТАВ при залегании ПрВ непосредственно поверх АВ. Это подтверждает высокую временную изменчивость в распространении водных масс.

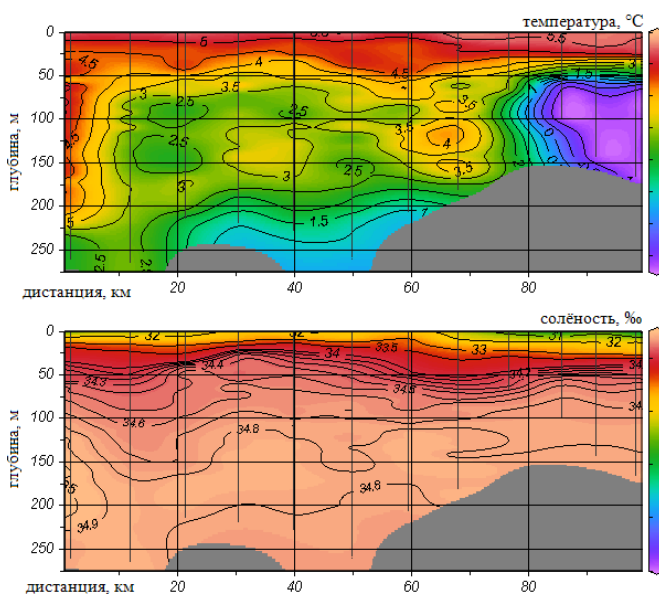


Рисунок 3.5 – Распределение температуры (вверху) и солёности (внизу) на вертикальном продольно ориентированном разрезе через залив Исфьорд

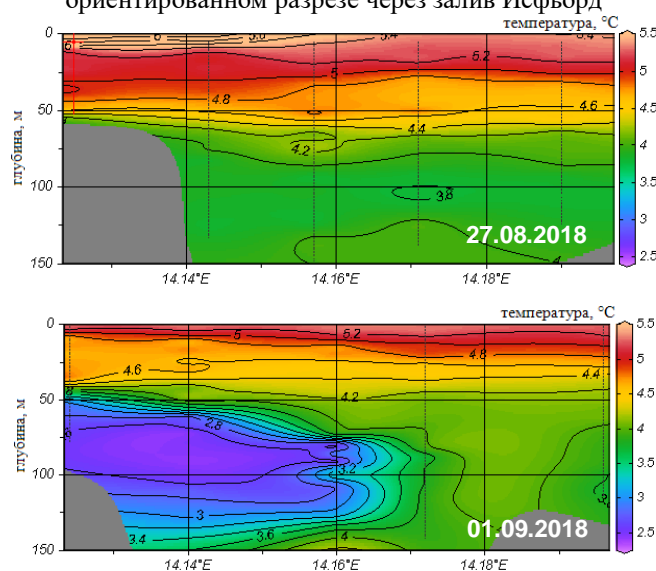


Рисунок 3.6 – Распределение температуры на вертикальном поперечном разрезе через залив Грэнфьорд в районе мыса Финнесет в разные дни

Изучение микроструктурных характеристик и турбулентности в заливе Биллефьорд

Измерения микроструктурных характеристик и параметров турбулентности морской воды проводилось в Биллефьорде в районе фьордового порога прибором ISW Wassermesstechnik MSS60 на пяти вертикальных профилях над северным склоном мелководного порога на траверзе мыса Фантом (Phantomodden). Параллельно с измерениями параметров турбулентности вблизи судна дрейфовал профилограф скоростей течений Teledyne RD Instruments Workhorse Sentinel 300 КГц, установленный в плавучесть ADCP Buoy BH37-0500 излучателями вниз и регистрировал параметры течений на 98 горизонтах с интервалом 1 м и временной дискретностью 6 секунд.

По результатам регистрации микропульсаций были рассчитаны значения скорости диссипации турбулентной энергии (ϵ) на различных горизонтах. Существенное увеличение скорости диссипации турбулентной энергии, которое можно было бы ожидать в условиях прохождения волны баротропного прилива через мелководный топографический барьер, не наблюдается ни на одном профиле. Результаты регистрации скоростей течений на

вертикальном профиле в районе наблюдений за турбулентностью подтверждают отсутствие значительных сдвигов скорости от горизонта к горизонту.

Контроль уровнемерного комплекса в пос. Баренцбург

В Баренцбурге были выполнены работы по контролю функционирования автономного уровнемерного регистрирующего комплекса в составе датчика гидростатического давления и температуры 3001 LT Levelogger Edge M10/F30, логгера Campbell Scientific CR1000, спутникового трансмиттера Iridium SBD 9602, развёрнутого на уровнемерном посту ГМО «Баренцбург».

Автономный уровнемерный комплекс в течение года устойчиво передавал данные об уровне и температуре воды. Анализ рядов данных за год выявил расхождение с результатами наблюдений за уровнем, выполняемых в ГМО «Баренцбург» (рисунок 3.7). В качестве возможной причины может рассматриваться отсутствие барокомпенсации. Доработка комплекса в направлении введения учёта колебаний атмосферного давления не представляется технически сложной и может быть включена в программу работ в 2019 г.

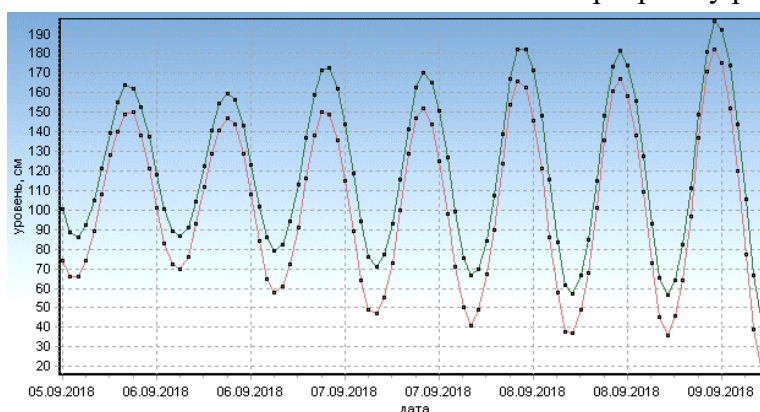


Рисунок 3.7 – Фрагмент временного ряда значений уровня моря, зарегистрированных автономным уровнемерным комплексом и СУМ на посту ЗГМО «Баренцбург» (красный – данные СУМ, зелёный – результаты регистрации автономным комплексом)

Литература:

1. Svendsen H., Beszczynska Moller A., Hagen J.O., Lefauconnier B., Tverberg V., Gerland S., Orbaek J.B., Bischof K., Papucci C., Zajaczkowski M., Azzolini R., Bruland O., Wiencke C., Winther J.-G., Dallmann W. The physical environment of Kongsfjorden–Krossfjorden, an Arctic fjord system in Svalbard. *Polar Research*. 2002, 21: 133–166.

2. Nilsen F., Skogseth R., Vaardal-Lunde J., Inall M. A Simple Shelf Circulation Model: Intrusion of Atlantic Water on the West Spitsbergen Shelf // *Journal of Physical Oceanography*. 2016. V. 46. №4. P. 1209 — 1230.

3. Е.В. Блошкина, К.В. Фильчук. Современное состояние вод фьордов Западного Шпицбергена // *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2018. Том 64. № 2. С. 125 - 140. DOI: 10.20758/0555-2648-2018-64-2-125-140

Мероприятие 4. Наблюдения за динамикой баланса массы ледников Западного Шпицбергена

Гляциологические исследования продолжили ряд наблюдений за состоянием ледников на архипелаге Шпицберген, начатых в 2003-2004 гг. и нацеленных на получение оценочных характеристик их масс баланса и включали измерения составляющих масс-балансовых показателей, наблюдения за ходом абляции и трансформацией поверхности ледников. В 2018 г. гляциологические исследования были дополнены геодезическими измерениями, направленными на выявление таких параметров исследуемых ледников, как

рельеф и скорость движения их поверхности. Объектами исследований были ледники Альдегонда и Западный Грэнфьорд (рис. 4.1).

Ответственным исполнителем гляциологических работ, проводившихся с середины июля по конец сентября 2018 г., являлся ведущий инженер палеогеографического отряда РАЭ-Ш В.Э. Демидов (vasdemidov@mail.ru). Геодезические измерения выполнил ведущий инженер палеогеографического отряда А.В. Терехов на леднике Альдегонда.

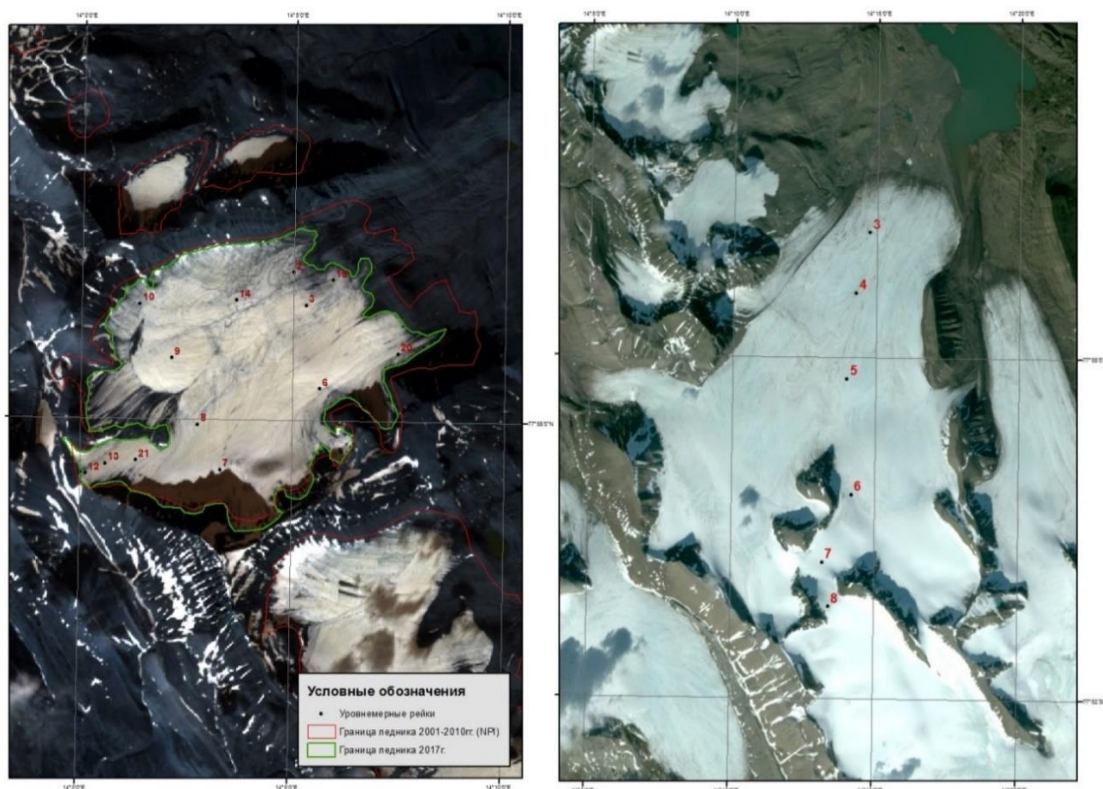


Рисунок 4.1 – Расположение границ и уровнемерных реек на ледниках Альдегонда (слева) и Западный Грэнфьорд (справа)

Изучение баланса ледниковой массы является важной гляциологической задачей, т.к. балансовые показатели и климатические изменения тесно связаны. На арх. Шпицберген сезон таяния ледников начинается в июне и заканчивается в конце сентября–начале октября, за это время формируется новая летняя поверхность. Величина абляции рассчитывается путем измерения толщины стаявшего льда с учетом его плотности. Наибольший вклад в уменьшение ледниковой массы вносит расход поверхностной ледниковой массы путем таяния и испарения, в основном под влиянием солнечной радиации, тепла атмосферного воздуха и выпадающих осадков (абляция).

Полевые гляциологические работы включали:

- поиск установленных на ледниках в сентябре 2017 г. уровнемерных реек и измерение по ним величин абляции (изменение высоты освободившегося ото льда участка рейки);
- перебуривание глубже старых и забуривание новых реек в случае угрозы их выпадения (или при выпадении) для продолжения непрерывного ряда гляциологических измерений;
- наблюдения за изменением высоты сезонной снеговой линии на ледниках Альдегонда, Западный Грэнфьорд.

Для выполнения задач было проведено 7 маршрутов на ледник Альдегонда и 5 на ледник Западный Грэнфьорд (рис. 4.1). В течение сезона абляции на ледниках забуривались новые рейки, параллельные тем, которые практически вытаяли. Вследствие быстрого отступления края ледников из наблюдений на леднике Альдегонда с 2017 г. исключена рейка № 11, а на леднике Западный Грэнфьорд рейка № 1, они находились на высотах 157 м и 36 м,

соответственно. Это свидетельствует о выраженной деградации ледника Альдегонда и существенного отступания ледника Западный Грэнфьорд.

Отличием гляциологических измерений 2018 г. стала установка стационарных вешек для геодезических измерений скорости движения ледников Альдегонда и Западный Грэнфьорд. Геодезические рейки-репера устанавливались в каждой точке наблюдений непосредственно рядом с гляциологическими уровнемерными, чтобы исключить потерю данных по скорости абляции при полном вытаявании одной из рек. Дополнительно была выполнена геодезическая съёмка поверхности ледника Альдегонда. Программные геодезические измерения включали: подготовительные работы (организация постоянно действующей базовой станции); топосъёмку поверхности ледника Альдегонда; точное позиционирование реперных рек с целью заложения основы для определения скоростей движения льда.

Для выполнения геодезических и топографических задач спутниковыми методами была организована постоянно действующая базовая станция, обеспечивающая дифференциальный режим спутниковых наблюдений в окрестностях Баренцбурга. Для удобства выполнения работ на леднике Альдегонда, в его окрестностях были заложены два новых пункта планово-высотной привязки (ALDA и ALDB). Пункты находятся в прямой видимости друг от друга и могут быть использованы также для тахеометрической съёмки.

Съёмка ледника Альдегонда производилась в режиме кинематики с пост-обработкой относительно заложенного пункта ALDA. Всего по леднику пройдено около 50 км, маршруты покрыли практически всю свободную от морены поверхность льда за исключением наиболее крутых частей на южном склоне долины (рис. 4.2). Суммарная площадь отснятой территории – около 5 км².

Для определения скоростей движения поверхности ледников Альдегонда и Западный Грэнфьорд методом быстрой статики относительно пунктов с известными координатами ВППИ и ALDA было произведено точное позиционирование вбуренных в лёд рек.

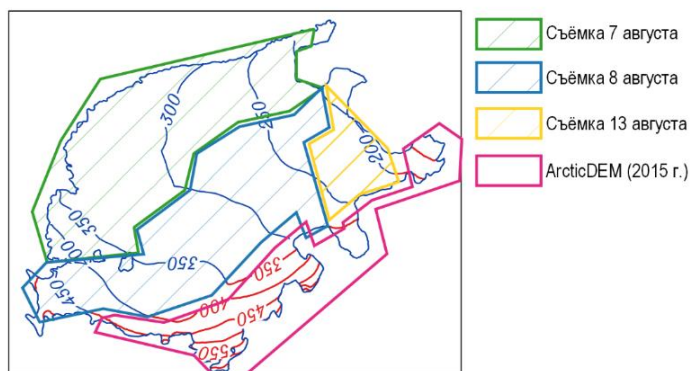


Рисунок 4.2 – Районы покрытия ледника съёмкой 7, 8 и 13 августа; изображение крутой части ледника на юге получены по цифровой модели рельефа ArcticDEM (снимки 2015 г.)

Динамика баланса массы ледника Альдегонда

Оценка абляции ледников проводилась совместно с анализом данных метеоусловий, способствовавших поверхностному таянию ледника: среднесуточная поступающая радиация, температуры (метеостанция НОВО U30, расположенной на морене на внешнем крае ледника Альдегонда) и осадков (ГМО Баренцбург, сайт <http://rp5.ru/>).

Сезон летней абляции приходится на период устойчивых положительных температур воздуха на л. Альдегонда – между серединой июня и 12 сентября. Максимумы осадков пришлись на июль и самый конец августа. Отмечались высокие показатели приходящей радиации и невысокие температуры воздуха в начале сезона таяния. Таяние поверхности ледника Альдегонда происходит неравномерно при наличии основной тенденции уменьшения абляции с увеличением высоты.

Максимальное таяние на леднике приходится на вторую половину июля–первую половину августа (табл. 4.1), что связано с максимумами годовой температуры воздуха, которая является для ледника Альдегонда ведущим фактором абляции. Осадки и солнечная радиация, максимумы которых пришлись на смежные периоды, играли второстепенную роль

в ускорении абляции. Начиная с 10 сентября, измерения по рейкам показали полную остановку абляции, что связано с наступлением морозной погоды.

Таблица 4.1 – Динамика абляции по периодам наблюдений на леднике Альдегонда

период	дни	ср. абляция за период, мм в.э.	ср. абляция за день, мм в.э.
18.07-20.08	33	903	27
20.08-19.09	30	321	11

Зависимость абляции от высоты расположения рейки обратная. На основании выделения районов однородной абляции и с учетом спутниковых снимков Sentinel-2, показывающих реальную площадь ледника Альдегонда, была рассчитана суммарная абляция с поверхности ледника. За период с сентября 2017 года по сентябрь 2018 года она составила 9,87 млн м³ в. э., что несколько меньше, чем за аналогичный период прошлого балансового года, когда суммарная абляция достигала величины в 10,53 млн. м³ в.э.

Зона абляции занимает все высотные уровни, что говорит об активной деградации ледника Альдегонда в настоящее время. Зона аккумуляции приурочена только к очень небольшим площадям на крутых склонах западного борта долины (где установка реек затруднена и измерения не ведутся), и не может по масштабам поступления льда восполнить потери его на всей остальной площади.

Динамика баланса массы ледника Западный Грэнфьорд

На леднике Западный Грэнфьорд максимальное таяние в целом (как и на леднике Альдегонда) пришлось на вторую половину июля–первую половину августа (табл. 4.2). Как и в случае с ледником Альдегонда, следует отметить значительные величины абляции ледника Западный Грэнфьорд за предшествующий наблюдениям период с сентября 2017 г. по июль 2018 г.

Таблица 4.2 – Динамика абляции по периодам наблюдений на леднике Западный Грэнфьорд

Период	дни	ср. абляция за период, мм в.э.	ср. абляция за день, мм в.э.
16.07-19.08	32	1027	32
19.08 -18.09	30	369	12

Прослеживается четкое линейное соблюдение основной тенденции уменьшения абляции при увеличении высоты с коэффициентом зависимости 0,97. Такая упрощенная картина, по сравнению с регистрируемым характером абляции на леднике Альдегонда, вызвана в первую очередь методикой наблюдений – линейным, а не площадным расположением реек. Дополнительный вклад вносит ориентировка ледника Западный Грэнфьорд по оси север-юг, исключая затенение с бортов долины средних и нижних высотных уровней.

Суммарная абляция с сентября 2017 по сентябрь 2018 года составила 18,79 млн м³ в.э., что на 2,34 млн м³ в.э. больше, чем за аналогичный период прошлого балансового года. В текущем году воздействие высоких температур и сравнительно невысокое снегонакопление привели в августе к выходу рейки № 6 из зоны аккумуляции. Таким образом, уровень 350–400 м ледника Западный Грэнфьорд находится на самой границе области абляции. Выше него на северных скатах ледника простирается зона аккумуляции (наблюдения за которой в настоящее время затруднены из-за наличия большого количества трещин).

Геодезические измерения ледника Альдегонда

В результате обработки данных выполнения топосъемки ледника Альдегонда была построена точная карта его поверхности. Модель поверхности в виде раstra с пространственным разрешением 20 м/пикс получена путём интерполяции высот точек методом естественной окрестности (natural neighbour). Топографическая съёмка была дополнена горизонталями, полученными по открытой цифровой модели рельефа ArcticDEM, созданной на основе стереофотограмметрической обработки высокодетальных снимков спутника WorldView-2 за июль 2015 г. Из построенной модели поверхности получены

горизонтали. Карта поверхности ледника представлена на рисунке 4.3. Контур ледника представлен (жёлтым цветом) по топографическим картам масштаба 1:100 000, составленным Норвежским полярным институтом (NPI) на основе материалов аэрофотосъёмки.

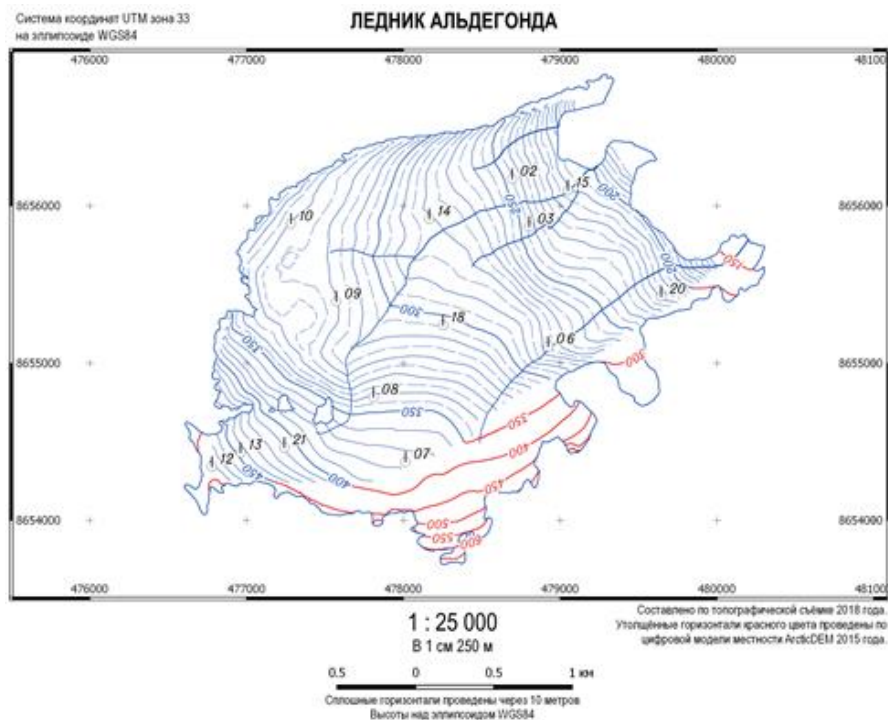


Рисунок 4.3 – Поверхность ледника Альдегонда в августе 2018 г. (высоты над эллипсоидом WGS84, метры)

Точная карта поверхности ледника Альдегонда послужит основой для анализа многолетних изменений массы ледника, а, вместе с полученными в 2018 г. результатами георадарной съёмки рельефа ложа ледника, послужит основой для оценки мощностей ледникового тела и моделирования теплофизических процессов и характеристик по всей толще ледника.

Мероприятие 5. Палеогеографические исследования

Целью палеогеографических исследований являлось выполнения реконструкции хронологии, параметров и механизмов изменений климата и природной среды архипелага Шпицберген за последние столетия и тысячелетия. Экспедиционные работы на арх. Шпицберген проводились 25 июля–23 августа 2018 г. под руководством зав. отделом географии полярных стран С.Р. Веркулича (verkulich@aari.ru). Исполнители: Полещук К.В.; Соловьева Д.А.; Демидов В.Э.; Терехов А.В., Екайкин А.А. Район работ находился в долинах рек Колес, Грэнфьорд и Холлендер вблизи пос. Баренцбург (рис. 5.1). Исследования включали два направления:

- Палеогеографические реконструкции;
- Сбор материалов на анализ изотопов кислорода и водорода.

Задача полевых палеогеографических исследований – сбор материала для последующего проведения реконструкций изменения окружающей среды в районе Грэнфьорда и Исфьорда в голоцене–конце позднего неоплейстоцена. Полевые работы строились в виде пеших маршрутов с изучением особенностей рельефа и наземных четвертичных отложений. Естественные обнажения четвертичных отложений (разрезы) зачищались, описывались; из них отбирались образцы отложений на различные виды анализов (датирование возраста, диатомовый и палинологический анализы). В маршрутах проводилось также ботаническое описание и отбор поверхностных проб почв, грунтов и

растительности для определения современного спорово-пыльцевого комплекса в районе. Изотопные исследования были нацелены на сбор образцов вод разного происхождения для последующего лабораторного анализа и определения условий, при которых происходило формирование влаги, реконструкции прошлых изменений температуры, скорости снегонакопления, для выяснения происхождения природных вод, для различных масс-балансовых расчетов.



Рисунок 5.1 – Районы палеогеографических исследований

Исследования в долине реки Колес

В долине реки Колес было выполнено 4 маршрута, описано 42 точки наблюдений, расчищено и изучено 11 разрезов отложений, а также отобрано 89 образцов отложений на различные виды анализов. Полевые работы проводились, используя полевой лагерь ПМГРЭ.

В Колесдален были выделены несколько геоморфологических уровней: первая морская аккумулятивно-абразионная терраса на высотах 10-15 м (встречается только на побережье бухты, зафиксирована на восточном побережье); вторая морская аккумулятивная терраса на

высотах около 25-30 м; структурная терраса высотой 50-60 м, которая перекрывается делювиально-солифлюкционными отложениями; структурная терраса на высотах 90-100 м, сложенная преимущественно грубообломочным неокатанным и слабоокатанным материалом. Составлена генетическая схема ландшафтов долины (рис. 5.2).

Исследованные разрезы четвертичных отложений небольшие, что связано с особенностями территории и активным действием водных, водно-ледниковых и солифлюкционных процессов. Тем не менее, удалось провести описание и отбор образцов из разрезов в диапазоне от 15 и до 47 м над уровнем моря. Отбор образцов проводился через 5–20 см в зависимости от необходимости детального изучения каждого горизонта.

Наибольший интерес представляют два генетических типа отложений: отложения второй морской аккумулятивной террасы, и биогенные отложения, приуроченные к останцам первой и второй надпойменных террас, представленные торфяниками. Приуроченность образований к одному высотному уровню (20–25 м), вероятно, свидетельствуют об их одновременном формировании в пределах поймы реки до понижения уровня моря. Органический материал из этих разрезов отобран на радиоуглеродное датирование. Пример таких отложений представлен на рисунке 5.3

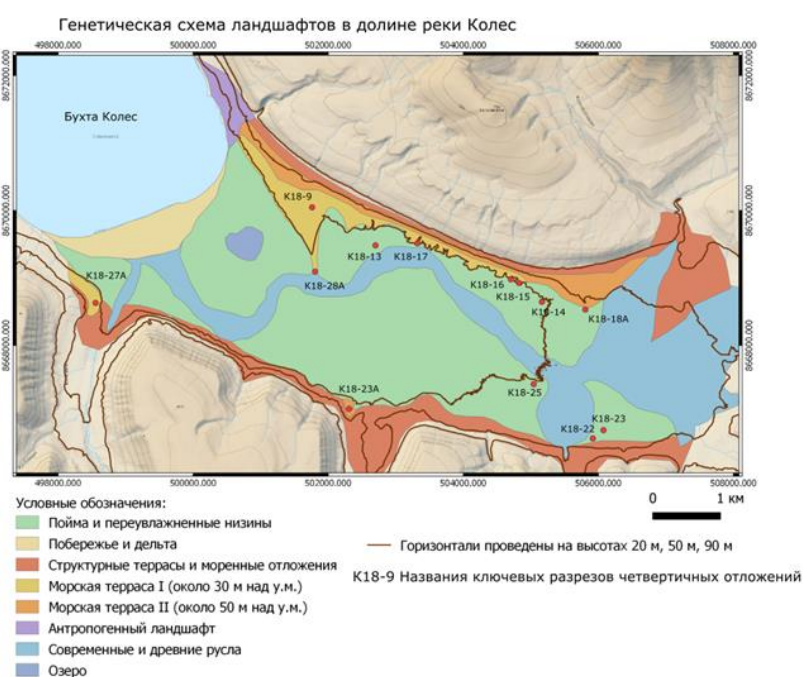


Рисунок 5.2 – Генетическая схема ландшафтов долины реки Колес

в условиях заболоченной поймы реки. По всей мощности разреза были отобраны образцы на спорово-пыльцевой и диатомовый анализ, а также 3 образца на радиоуглеродное датирование.

ТН – K18-16 (78.09533°, 15.20435°)
Н(GPS)=22м

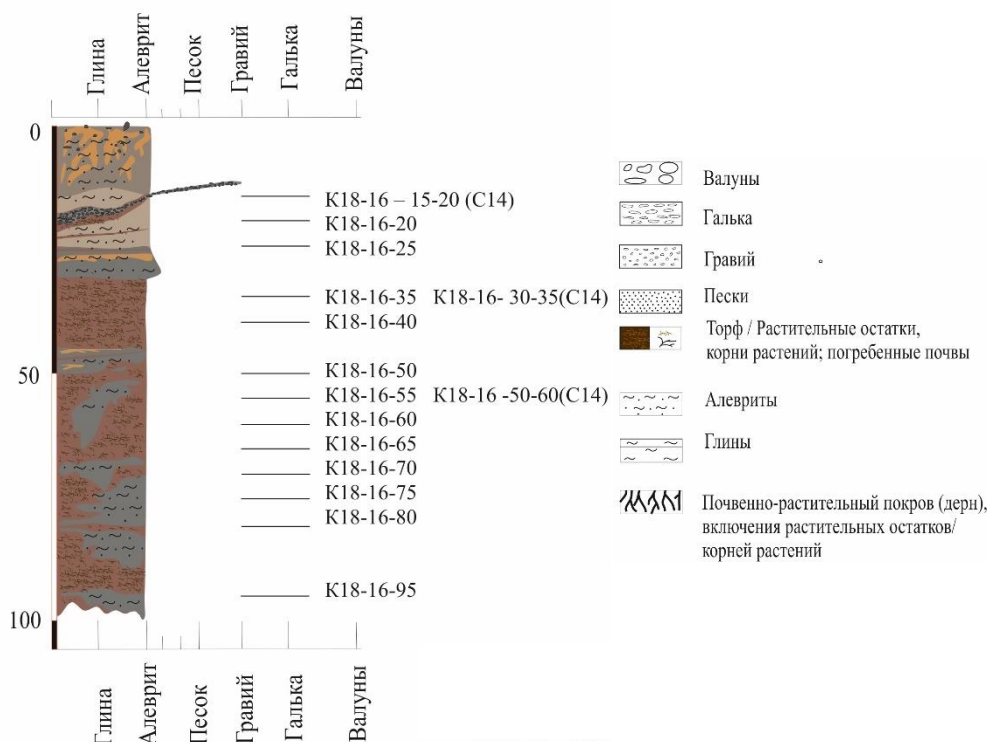


Рисунок 5.3 – Литологическая колонка четвертичных отложений, вскрытых в точке K18-16

Исследования в районе Холлендердален

В результате геоморфологической съемки были выделены основные генетические типы рельефа и определено их высотное положение (рис. 5.4). Первая морская аккумулятивная терраса расположена на высоте 10 м, сложена преимущественно песчано-алевритовым материалом с раковинами морских моллюсков *in situ*. Вторая морская терраса расположена на высотах около 30 м, сложена песчано-алевритовым материалом с ритмичным переслаиванием и раковинами морских моллюсков *in situ*. Обе террасы сформированы в генетически более древнем теле. Также к высотной отметке 30 м приурочены останцы в среднем течении р. Холлендер. Останцы сложены монолитными алевритами с включениями раковин морских моллюсков плохой сохранности, перекрытыми несортированным материалом с большим количеством включений крупных галек и валунов. Отложения, слагающие данные формы изучены в расчистке

Генетическая схема ландшафтов в долине реки Холлендер

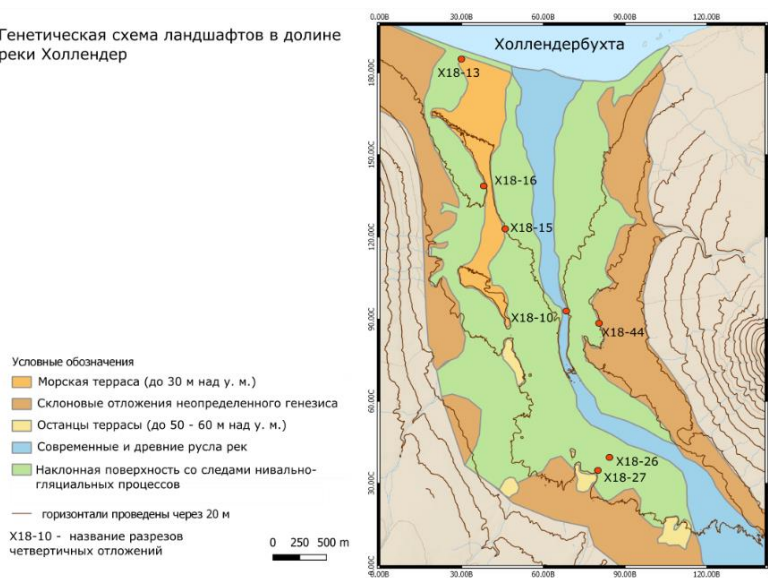


Рисунок 5.4 – Генетическая схема ландшафтов долины реки Холлендер

X18-10 (рис. 5.4).

Выше 50 м над уровнем моря располагаются останцы одновысотной террасы, прорезанные многочисленными каналами. Каналы образуют наклонную поверхность высотой 40-50 м, направление и характер каналов указывают на вероятное водно-ледниковое происхождение этой поверхности. Останцы сложены преимущественно гравийным материалом, в их основании обнажаются пески и алевриты. На высоте 60 м и выше также обнаруживается терраса с останцами. Останцы возвышаются на 10 м, сложены гравийно-песчаным материалом плохой степени сортировки. Генезис форм рельефа долины предположительно связан с воздействием изменений уровня моря и приледниковых вод.

Благодаря большей мощности четвертичных отложений в долине Холлендердален были подробно описаны разрезы до 10 м глубиной. В разрезах X18-10 и X18-13 обнаружено много включений раковин моллюсков и детрита раковин, отобранных на радиоуглеродный анализ.

Исследования в районе Грёндален

Особый интерес в долине представляет группа пинго (булгуныхов), где проводилась топографическая съёмка. Съёмка охватила два крупных булгуныха и пространство между ними и рекой Грён, где расположены буровые скважины 9,10,11. Площадь отснятой территории примерно 25 га (рис. 5.5).

Кроме того, изучалась геоморфология и залегание четвертичных отложений долины: были описаны 9 точек наблюдений и один разрез отложений Г18-5 (отобрано 2 образца), расположенный в теле останца. Останец сложен преимущественно гравийно-галечным материалом, содержит линзу растительного детрита, находится выше изученного ранее разреза ГД1 и позволит дополнить представление о развитии долины в позднем неоплейстоцене–голоцене.

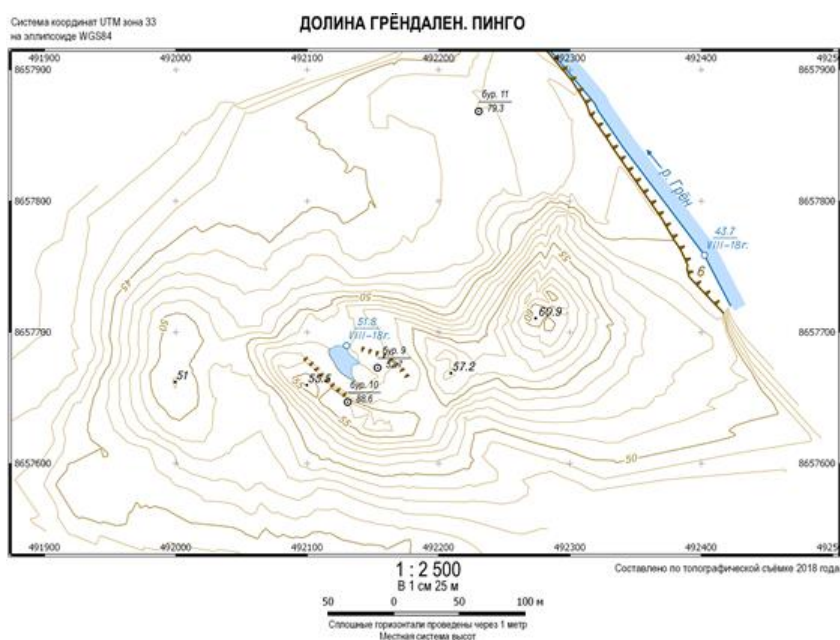


Рисунок 5.5 – Карта района развития булгуныхов (долина реки Грёндален)

Палинологический мониторинг и анализ диатомовых

С целью выявления закономерностей воздушного переноса спор и пыльцы и их распределения на земной поверхности в районах палеогеографических исследований устанавливались сменные и стационарные пыльцевые ловушки. Пыльцевые ловушки были установлены на трех различных высотных поверхностях в окрестностях Баренцбурга. Также, в период работ в Колесдален, пыльцевые ловушки были установлены на трех высотных уровнях на побережье бухты. Также, в рамках палинологических изысканий с целью выявления субрецентных спорово-пыльцевых спектров проводился отбор поверхностных проб в ходе всех маршрутов палеогеографического отряда. Подготовка материала для пыльцевых ловушек проводилась в химико-аналитической лаборатории Баренцбурга и включала приготовление растворов, первичную обработку полученных проб и подготовку к их транспортировке в Санкт-Петербург.

Аналитические исследования ископаемой диатомовой флоры выполнялись лаборатории РАЭ-Ш в Баренцбурге. Работы включали первичную подготовку образцов, приготовление постоянных препаратов и микроскопирование. Первичная подготовка образцов проводилась по стандартной методике и включала просеивание, разрыхление и отмучивание породы. Приготовление постоянных препаратов производилось с использованием среды Эляшева, а также предметных и покровных стекол. Оценка видового состава, подсчет створок и микрофотографирование велось на микроскопе Zeiss Axio A2 с 1000-кратным увеличением с использованием иммерсии. Результат диатомового анализа образцов четвертичных отложений позволит восстановить генезис и экологические характеристики условий среды, в которых формировались отложения.

Мониторинг изотопного состава природных вод

Отбор проб природных вод с целью мониторинга их изотопного состава выполнялся в августе 2018 г. В общей сложности был отобран 61 образец по методике, разработанной сотрудниками Лаборатории изменений климата и окружающей среды ААНИИ (Стабильные изотопы..., 2016). Отбор проводился в долине Колесдален, Холлендердален (включая расположенные в верховьях долины ледники), Грэндален, на ледниках Западный и Восточный Грэнфьорд, Альдегонда, озере и долине реки Конгресс, леднике Форингбреен, устьях рек Олаф и Брюде. Помимо этого, сотрудником лаборатории ААНИИ Игорем Лякушиным в период с января по август 2018 г. были отобраны 20 проб свежеснеженных атмосферных осадков.

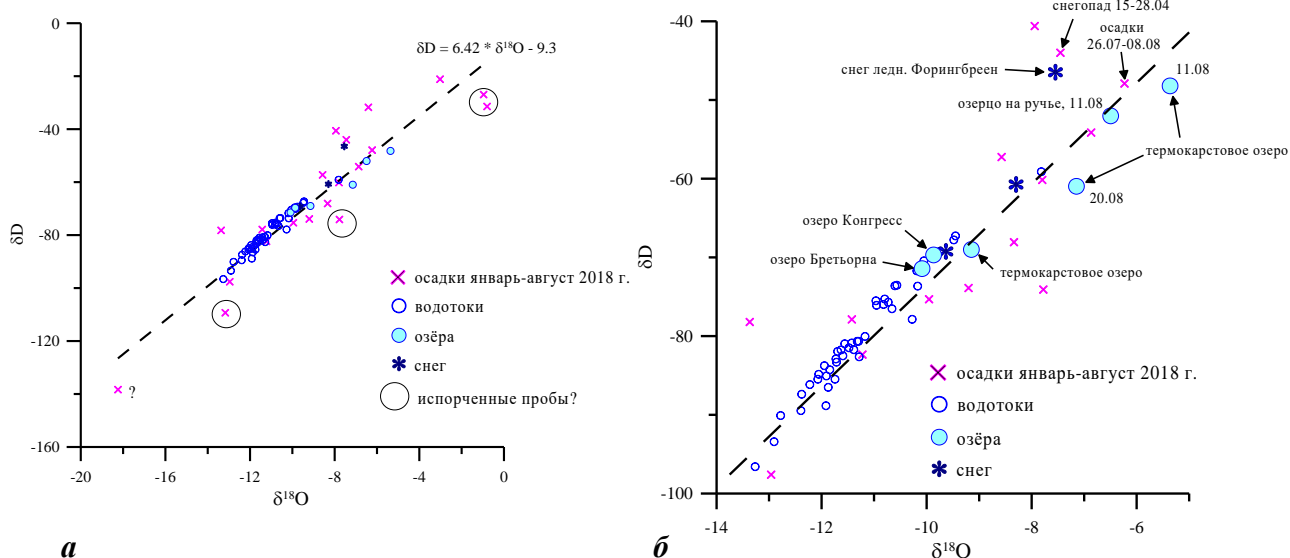


Рисунок 5.6 –Результаты определения изотопного состава проб: (а) атмосферных осадков и природных вод, отобранных в районе бассейна зал. Грэнфьорд в период с января по август 2018 г. и (б) детально водотоков, озёр и снега, собранных в августе 2018 г.

Изотопный состав осадков образует локальную линию атмосферных осадков (LMWL) с наклоном 6,4 (рис. 5.6а). Это значение близко значению 6,9, определённому по результатам предыдущих исследований (Скакун и др., 2019). Низкие значения δx_s очевидно указывают на испарение в пробоотборной таре, в то время как пробы с высокими значениями δx_s (19-28 ‰) отобраны в холодное время года и ассоциируется с арктическим вторжением, когда осадки приходят из высоких арктических широт. Полученная линия LMWL является основой для интерпретации данных об изотопном составе природных вод.

Изотопный состав водотоков во всех случаях располагается вблизи LMWL (рис. 5.6б), что указывает на то, что водотоки имеют атмосферное питание. Река, вытекающая из озера Конгресс, имеет изотопный состав -9,9 и -69,7 ‰ (здесь и далее: первое число соответствует концентрации кислорода 18, второе - дейтерия), такое же, как и у самой озёрной воды, что существенно выше изотопного состава озера по результатам исследований 2016 и 2017 гг.

(Скаун и др., 2019). Это подтверждает заметную межгодовую изотопную изменчивость озера, вероятно связанную с изменчивостью сезонного хода и/или изотопного состава осадков.

Изотопный состав водотоков чётко различается в зависимости от типа питания. Реки и ручьи с атмосферным питанием имеют более высокий и приблизительно одинаковый изотопный состав (от -65 до -75 ‰ по дейтерию), близкий к среднему годовому изотопному составу осадков. Мелкие ручейки могут иметь очень высокий изотопный состав, который отражает состав недавно прошедшего дождя. Реки с ледниковым питанием имеют пониженный изотопный состав (от -75 до -90 ‰ по дейтерию) и характеризуются большим разбросом изотопных значений. Самое низкое значение (-13,3 и -96,5) обнаружено в маленьком ручейке, стекающем по нижней части языка ледника Западный Грэнфьорд. Очевидно, разброс значений обусловлен относительным вкладом тающего льда (имеющего низкий изотопный состав) и сезонного снега (имеющего более высокий изотопный состав).

Нередки случаи, когда находящиеся рядом притоки одной и той же реки имеют отличный изотопный состав, что связано с разным типом их питания, как например в долине Холлендердален. Интересен также изотопный состав водотоков в долине Колес. Все крупные притоки реки Колес, имеющие ледниковое происхождение (Фардален, Тродален, Лайладален), характеризуются соответствующим низким изотопным составом (-81...-89 ‰ по дейтерию). Но и более мелкие правые притоки в нижней части долины Колес, которые не имеют ледникового питания, также характеризуются низким изотопным составом (-82...-87 ‰). Возможным объяснением может являться погребённый лёд, в изобилии присутствующий в окрестностях залива Грэнфьорд, таяние которого, вероятно, также может давать свой вклад в речной сток.

Изотопный состав озёр является интегральной характеристикой, осредняющей изотопный состав питающих озеро рек за большой период времени. Однако изотопный состав озер в районе Баренцбурга сильно варьируется. При этом оз. Бретьерна ледникового питания имеет схожий изотопный состав воды с оз. Конгресс подземного питания, а малые термокарстовые озера подвержены существенному изменению изотопного состава во времени в зависимости от осадков и таяния льда.

Снег из фирновой зоны ледника Альдегонда имеет низкий изотопный состав (-9,6 и -69,1) и вероятно ассоциируется с осадками, которые выпадали во второй половине июля (-10,0 и 75,3). На леднике Восточный Грэнфьорде изотопный состав снега оказался равным -8,3 и -60,7, что позволяет идентифицировать этот снег, как осадки тёплого периода. На леднике Форингбреен изотопный состав очень специфичен -7,5 и -46,5, δ_{D} 13,6, что позволяет идентифицировать образовавший его снегопад: почти такие же значения изотопного состава осадков наблюдались во время снегопада 15-28 апреля.

Выводы

Палеогеографические исследования 2018 года позволили получить новые натурные данные и собрать уникальную коллекцию образцов, дальнейший анализ и интерпретация которых значительно уточнит и обновит существующие представления:

- о временных границах и параметрических характеристиках изменений климата, оледенения и уровня моря в районе Грэнфьорда и Исфьорда в послеледниковое время (последние 10-12 тысяч лет);
- об изменениях рельефа, растительности и мерзлоты района в среднем-позднем голоцене (последние 6-5 тысяч лет);
- о природных условиях оптимума голоцена в районе (обводненность территории, ландшафты, размеры ледников).

В ходе работ по мониторингу изотопного состава природных вод получены не только данные, подтвердившие результаты предыдущих экспедиций, но также данные по ранее не

изученным районам (долины Колес и Холлендардален). Изотопный анализ всех вновь полученных проб и интерпретация изотопных данных позволила сделать следующие выводы:

- интерпретация данных об изотопном составе природных вод может быть проведена лишь совместно с интерпретацией изотопного состава атмосферных осадков;
- изотопные данные позволяют надёжно выявлять различные типы питания водотоков и водоёмов (атмосферное и ледниковое питание), а также относительный вклад каждого из источников;
- изотопный метод позволяет выявлять водоёмы с существенным вкладом испарения и/или подземного питания;
- выявлены водотоки, источником воды в которых предположительно является таяние погребенного ледникового льда.

Литература:

Стабильные изотопы воды в гляциологии и палеогеографии. – Методическое пособие, Санкт-Петербург, 2016 г., 63 с.

Скаун А.А., Чихачев К.Б., Верес А.Н., Козачек А.В., Екайкин А.А., Владимирова Д.О., Веркулич С.Р., Сидорова О.Р. Изотопный состав атмосферных осадков и ледникового стока в районе Баренцбурга (Шпицберген) в 2016-2017 годах. – Лёд и Снег, 2019, в подготовке.

Мероприятие 6. Современное состояние и динамика многолетней мерзлоты

Исследования мерзлоты направлены на изучение отклика многолетнемерзлых пород на текущие изменения климата, восстановление условий образования мерзлоты, динамика в голоцене, характеристики подводной мерзлоты в заливе и озерах, а также генезис и трансформация мерзлотных форм рельефа. Основное внимание в 2018 г. уделялось изучению булгуняха, динамике мерзлоты и состоянию полигона CALM (рис. 6.1).

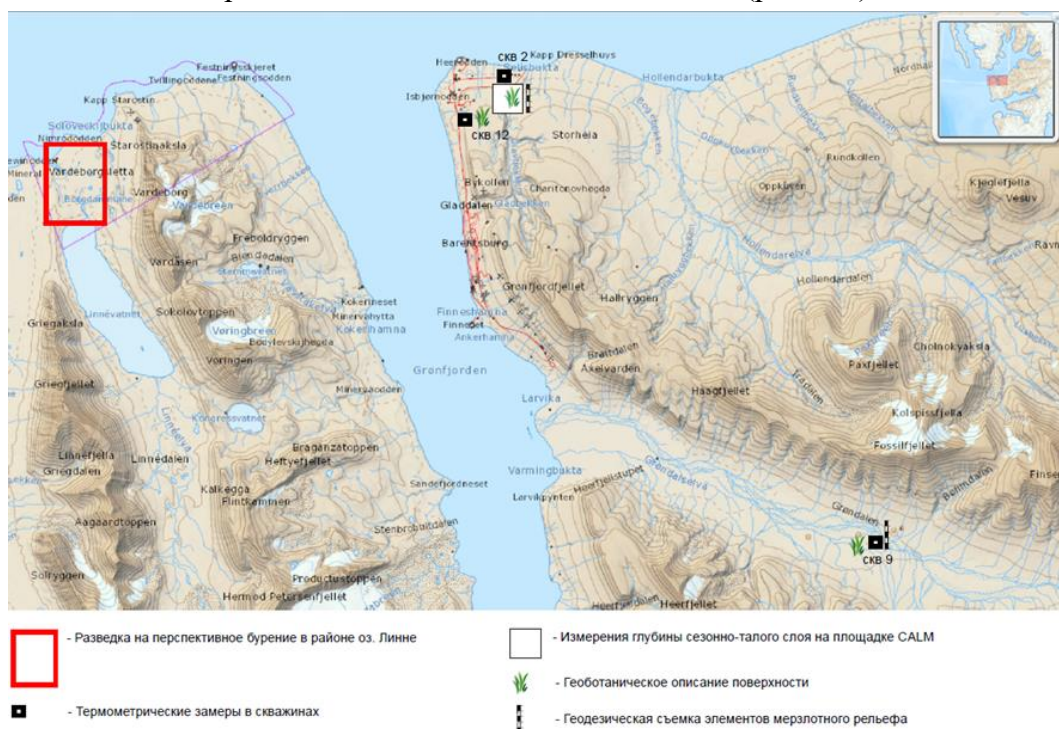


Рисунок 6.1 – Карта проведения мерзлотных работ на летнем этапе 2018 г.

Исследования проводились в весенний и летний периоды и включали следующие работы:

- бурение скважин в районе пинго (булгуняха) в долине Грёндален,

- термометрические замеры в скважинах,
- пробоподготовку и химические анализы отобранных кернов мерзлых пород и льда,
- рекогносцировку припая в кутовой части залива Гренфьорд с целью выбора точек для бурения скважин со льда в последующие сезоны;
- съем данных с наблюдательных скважин 2, 12, 9 и постановку новой термометрической косы в скважину 12,
- проведение замеров мощности СТС на площадке CALM,
- проведение рекогносцировочного маршрута в долину озера Линне,
- геодезические работы на площадке CALM и в районе булгуныа, батиметрическую съемку внутреннего Грэнфьорда для последующего бурения с припая,
- геоботаническое описание площадки CALM, необходимое для регистрации площадки в международной наблюдательной сети.

Структура и механизм образования бугра пучения – булгуныа в долине реки Грэн

В апреле 2018 г. бурение скважин проводилось с целью изучения строения и механизма образования одного из бугров пучения – булгуныа в долине реки Грэн, отбора проб льда из его ледяного ядра и проб вмещающих отложений. Группа булгуныа в Грэндален представляет собой интереснейший мерзлотный объект, генетически связанный с выходом долины из-под уровня моря и промерзанием морских отложений. Кроме того, интерес к булгуныа обусловлен их подверженностью к быстрой деградации в связи с потеплением климата.

Скважиной номер 9 глубиной 25 м (продолжение бурения с отметки в 11,5 м, достигнутой в 2017 г.) в центральном кратере булгуныа было пройдено ледяное ядро, сверху представленное чистым льдом, а в нижней части льдом с включением глинистого материала. Подстилающие отложения – мерзлые глины с линзами и шпирами льда встречались с глубины 23,5 м (рис. 6.2). Скважина номер 10 глубиной 12 м и номер 11 глубиной 5,5 м были пробурены для выявления строения стенки кратера и незатронутых пучением отложений вне булгуныа, соответственно. Методика бурения описана ранее Демидовым и др. (2016). Образцы из керна отбирались на следующие виды анализов: геология, изотопные анализы ледогрунта и льда, микробиология, влажность. Пробоподготовка, химический анализ водной вытяжки из мерзлых кернов и льда ядра булгуныа выполнялись при участии специалистов химико-аналитической лаборатории ААНИИ по соответствующим общепринятым методикам. Изотопный анализ ядра булгуныа проводился в лаборатории ЛИКОС ААНИИ.



Рисунок 6.2 – Пример фотодокументации кернов из скв. 9. Контакт льда и подстилающих глин на глубине 23,4-23,7 м

В соответствии с задачами скважина номер 9 была оборудована под долговременный мониторинг температурного состояния мерзлоты, логгер запрограммирован на снятие четырех отсчетов в сутки. Устье скважины затампонировано.

В целях мониторинга морфометрии булгуныа и привязки скважин для построения геологических разрезов была проведена геодезическая съемка (см. рис. 5.5). Кроме этого, на булгуныа оборудована термометрическая скважина. Подобные детальные исследования булгуныа на Шпицбергене до этого не проводились. Полученные данные позволят

ответить на вопросы о времени и механизмах образования булгуняха не только на Шпицбергене, но и в криолитозоне Арктики в целом. До конца 2018 г. планируется провести интерпретацию полученных данных и подготовить к печати соответствующую статью.

На данном этапе обработки материалов (рис. 6.3) можно предположить, что 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).

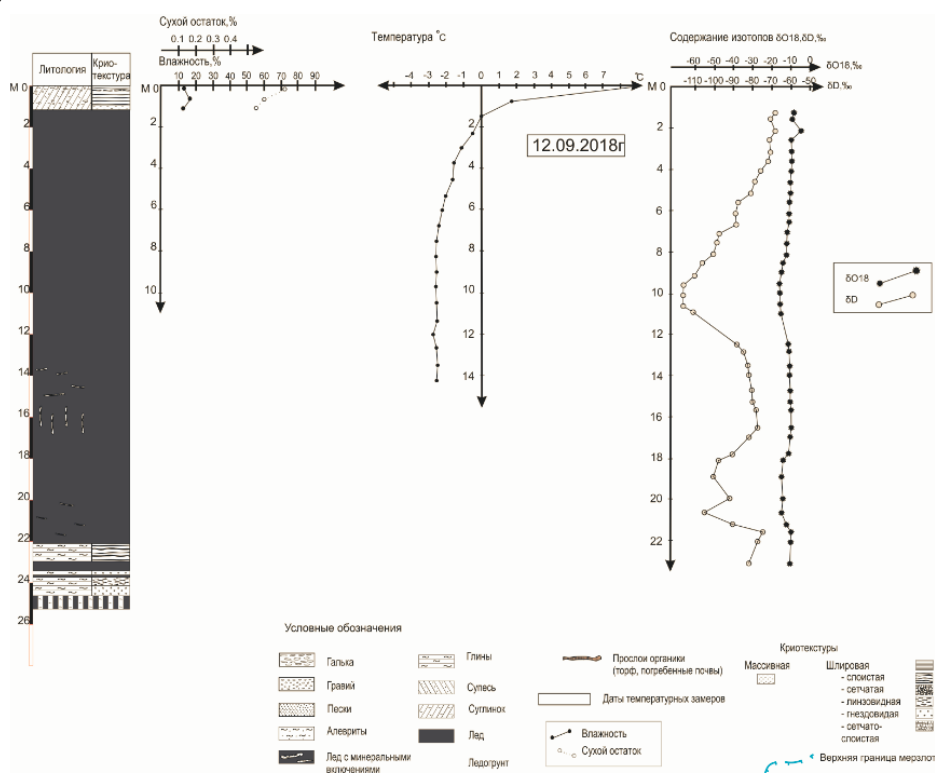


Рисунок 6.3 – Геологическая колонка скважины 9 на булгуняха с результатами термометрических замеров и результатами определения изотопии льда

На весеннем этапе в буровых работах участвовал сотрудник Университетского центра на Шпицбергене (UNIS) инженер Улрих Нойман. Это положило начало практическому взаимодействию специалистов ААНИИ и UNIS в области исследований вечной мерзлоты Шпицбергена.

Мониторинг температуры многолетнемерзлых отложений и мощности сезонно-талого слоя

Сеть термометрических скважин в окрестностях Баренцбурга представлена четырьмя скважинами. Скважина 2 на площадке CALM призвана проводить мониторинг на останце типичных для Баренцбурга морских террас. Скважина 12 предназначена для мониторинга температурного поля в скальных породах. Скважина 8 расположена на типичных для долины Грэндален четвертичных отложениях. Скважина 9 призвана проводить мониторинг на булгуняха в долине Грэндален. Температурные кривые по скважинам 2 и 12 показаны на рисунке 6.4. В скважине 12, в добавок к ранее установленной косе, была установлена более длинная коса на глубину 19 м производства ОАО “МГУ-Геофизика”, что позволило проводить наблюдения на глубине нулевых годовых амплитуд. Температура на забое

скважин варьировала от $-2,12$ до $-2,57^{\circ}\text{C}$. Учитывая эти данные и наличие засоленных пород в разрезе скважин с температурой начала замерзания порядка -1°C можно говорить о том, что даже незначительное потепление климата может привести к частичной деградации мерзлоты.

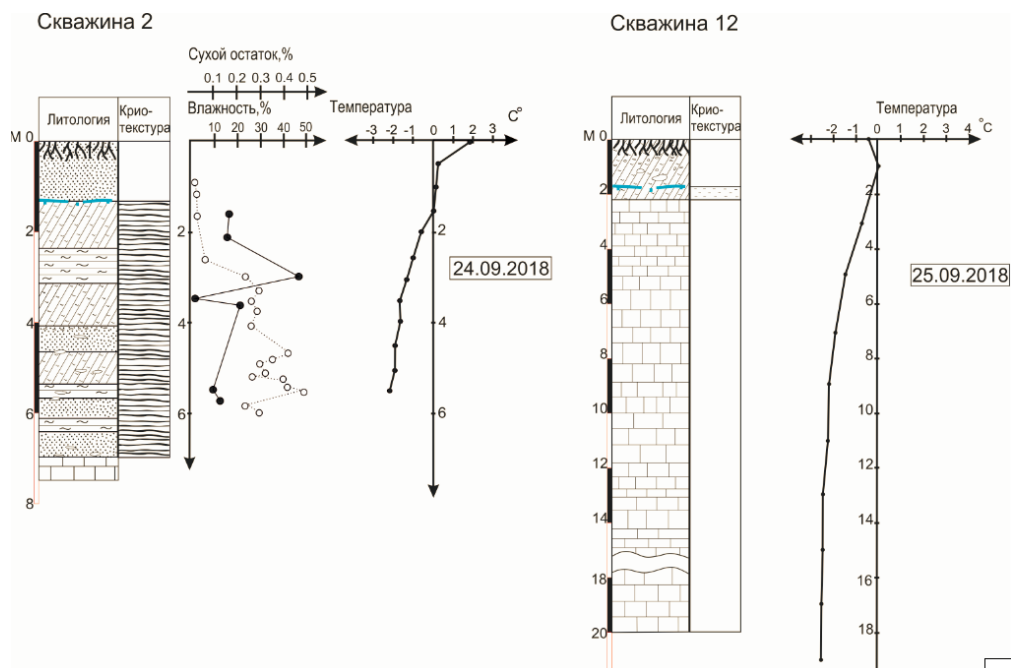


Рисунок 6.4 – Геологические колонки скважин 2 и 12 с результатами термометрических замеров

Мощность СТС на мониторинговой площадке варьировала от 121 до 170 см при среднем значении 145 см (таблица 6.1). В 2017 г. среднее значение мощности СТС на площадке также составило 145 см.

Таблица 6.1 – Результаты определения мощности СТС на площадке CALM в виде схемы (север вверху)

148	143	148	151	142	146	145	133	127	133	135
144	148	160	154	170	137	137	144	148	134	131
132	155	157	156	128	137	125	125	121	137	131
159	158	144	146	144	135	160	140	125	142	133
146	147	139	135	139	139	137	138	133	129	135
149	143	144	139	145	131	144	131	141	145	141
148	151	147	154	145	148	131	131	137	145	144
161	151	147	157	149	139	146	156	146	141	150
152	150	165	164	155	141	151	140	149	148	146
158	150	163	163	155	154	149	150	141	140	143
144	150	160	159	166	157	135	135	142	135	152

Характеристики площадки CALM были дополнены геоботаническим описанием. Растительность мерзлотного полигона описывалась в соответствии с общепринятыми методиками геоботанических исследований на 4 квадратных геоботанических площадках площадью 100 м^2 (Полевая геоботаника, 1964, 1976; Миркин, 1985; Миркин и др., 1987). Центры описываемых геоботанических площадок приурочены к углам полигона. При описании растительности определялись средняя высота и проективное покрытие ярусов, покрытие слагающих их видов (в процентах от площади геоботанической площадки), а также мощность очеса.

Мерзлотный полигон расположен на древней морской террасе, занятой типичной ожиково-моховой пятнистой тундрой (ассоциация *Luzulo confusae-Salicetum polaris* Hadac 1989). Общее проективное покрытие растительности варьирует от 50% до 95%. Растительность занимает в основном канавки (иногда сильно размытые) между пятнами морозного кипения. Для пятен-медальонов характерно покрытие поверхности очень тонкой водорослево-лишайниковой коркой, часть площади пятен обычно занимает открытый грунт, иногда отмечаются камни. На описанных геоботанических площадках были отобраны образцы мхов для дальнейшего определения в камеральных условиях. Планируется закончить определения в начале декабря 2018 г. После этого будет составлена сводная таблица геоботанических описаний, проведенных на мерзлотном полигоне.

В августе в долине оз. Линне пройден рекогносцировочный маршрут. Были обследованы террасы по правому борту р. Линне в районе развития мерзлотных полигонов с целью определить участки на перспективное бурение. Исследуемая территория расположена в пределах геологического заказника Фестнинген и вне пределов птичьего резервата Капп Линне. В районе наблюдений отмечена высокая (до 20 м) плоская терраса, повсеместно сложенная с поверхности плотной пачкой валунов и крупной гальки плохой и средней степени окатанности с незначительным по объему рыхлым заполнителем. Встречены отдельные крупные глыбы до 1 м в диаметре. По валуннику развивается сеть полигонов с узкими неглубокими трещинами (ширина 0,2-0,3 м, глубина 0,1-0,2 м). В правом борту встречен мощный разрез рыхлых отложений. На протяжении маршрута далее вдоль берега оз. Линне до подъема на перевал к оз. Конгресс под осыпями и моренными грядами встречены отдельные обломки раковин морских моллюсков. Можно ожидать, что в верховьях долины к югу от оз. Линне могли сохраниться останцы террас, возможно частично погребенные под мореной.

Выводы

Завершено создание наблюдательной сети за температурным режимом мерзлых пород и мощностью СТС в объеме необходимом и достаточном для включения данных баренцбургского полигона в международные базы GTNP и NorPerm. Полученные данные по булгунаху являют собой одни из наиболее детальных данных, посвященных изучению этого мерзлотного феномена. В ходе рекогносцировочных маршрутов на Пирамиде и оз. Линне, а также в ходе рекогносцировки припая и батиметрической съемки проведен поиск участков интересных для проведения бурения в 2019 г. Участие в полевых работах на весеннем этапе бурового мастера Ульриха Ноймана положило начало взаимодействию между специалистами ААНИИ и UNIS в области исследований вечной мерзлоты Шпицбергена.

Исполнители работ: Демидов Н.Э. (nikdemidov@mail.ru), Веркулич С.Р., Демидов В.Э.

Литература:

Демидов Н.Э., Караевская Е.С., Веркулич С.Р., Никулина А.Л., Саватюгин Л.М. Первые результаты мерзлотных наблюдений на криосферном полигоне Российского научного центра на архипелаге Шпицберген (РНЦШ) – Проблемы Арктики и Антарктики. 2016. №4(100). Стр. 67-79.

Миркин Б.М. Теоретические основы современной фитоценологии. М.: Наука, 1985. 136 с.

Миркин Б.М., Горская Т.Г., Янтурин С.И., Григорьев И.Н. Опыт анализа сукцессии в травосмесях. Уфа. 1987. 120 с.

Полевая геоботаника. Том 3// Корчагин А.А., Лавренко Е.М.(ред.). М.-Л.: Наука, 1964. 530 с.

Полевая геоботаника. Том 5// Корчагин А.А., Лавренко Е.М.(ред.). Л.: Наука, 1976. 320 с.

Мероприятие 7. Спутниковый мониторинг акватории и побережья Северного ледовитого океана и арктических морей

Выносной пункт приема-передачи спутниковой информации (ВППИ) (рис. 7.1), размещенный в пос. Баренцбург, является важнейшим элементом инфраструктуры РАЭ-Ш ААНИИ.

ВППИ представляют собой комплекс технических и программных средств приема, первичной обработки и передачи спутниковой информации. Управление работой комплекса осуществляется из удаленного пункта управления и тематической обработки (УПУ), развернутого в здании ААНИИ в Санкт-Петербурге. Техническое обслуживание комплекса, первичную обработку и отправку информативных, с точки зрения отображения ледяного покрова спутниковых данных, осуществляет инженер-оператор непосредственно из Баренцбурга.

Основу комплекса составляют 3 станции MEOS 3,8 м, производства норвежской компании Kongsberg Spacetec AS, установленные на отроге горы Улаф (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, Suomi-NPP, FY, JPSS-1;
- станция meos-bg3 (резервная) – для приема данных L-диапазона и X-диапазона со спутников системы NOAA, METOP, TERRA, AQUA, FY3, Suomi-NPP, JPSS-1.

ВППИ обеспечивает круглосуточный прием и передачу в ААНИИ плановой ледовой и гидрометеорологической информации, которая используется в целях:

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



Рисунок 7.1 – 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). Зона обзора ВППИ в Баренцбурге почти полностью охватывает акваторию Северного Ледовитого океана, а также над архипелагом находится точка схождения орбит спутников дистанционного зондирования Земли, благодаря чему эти спутники попадают в зону видимости ВППИ. При условии одновременной работы трех станций это обеспечивает прием максимально возможного количества информации.

В течение 2018 г. зимовочным составом РАЭ-Ш обеспечивались прием, первичная обработка и передача в ААНИИ и систему ЕСИМО гидрометеорологической информации (табл. 7.1). Для передачи использовался широкополосный интернет – канал, предоставляемый по контракту с ААНИИ норвежским оператором Telenor ASA.

Таблица 7.1 – Объем переданной ВППИ гидрометеорологической информации за период в IV кв. 2017 г. – III кв. 2018 г.

Количественные показатели информации	2017 г.	2018 г.			Всего
	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.	
Количество сеансов приема информации с ИСЗ	10 938	10 693	11 873	13 951	47 455
Количество подготовленных и переданных в ААНИИ tif - файлов	3 158	2749	5 186	7 248	18 341

ВППИ работал круглосуточно, серьезных сбоев в его работе допущено не было, за исключением единичных случаев кратковременных плановых отключений электричества в пос. Баренцбург. Следует также отметить, что 12 июля 2018 г. из-за повреждения подводящих основного и резервного кабелей произошло отключение электропитания на ВППИ. Комплекс был переведен на резервную схему электропитания и продолжал функционировать в таком режиме вплоть до 18 июля 2018 г. до полного восстановления подачи электропитания по основному кабелю. Потери спутниковой информации были минимизированы.

В марте и октябре 2018 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.

В мае 2018 г. компанией Kongsberg Spacetec AS выполнены работы по регламентному техническому обслуживанию и модернизации ВППИ в соответствии с заключенным между компанией и ФГБУ «ААНИИ» контрактом. Работы включали проверку кабельных соединений антенных комплексов, юстировку положения антенн, замер уровня сигнала и шума и другие технические операции. Кроме того, проведена замена всех серверов на новые, обновлено программное обеспечение ВППИ. Проведенные работы повысили надежность функционирования ВППИ, а также увеличили количество спутников, информация с которых стала доступна для приема. В частности, появилась возможность получать снимки с NOAA15, JPSS1 (NOAA20), NPP, FY3B, FY3C и FY3D.

Мероприятие 8. Экологические исследования

В 2018 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), велось изучение источников полициклических ароматических углеводородов в поселке, а также поисковые исследования фторорганических соединений в районе Баренцбурга. Также велось изучение микробиоты в поселке Баренцбург, заброшенных объектах инфраструктуры в пос. Колес и Грумант, на ледниках и у птичьих базаров.

1. Мониторинг состояния приземного воздуха автоматическими станциями

Две станции контроля качества атмосферного воздуха в поселке и на горе над пос. Баренцбург работали в 2018 г., однако в течении года некоторое оборудование было отключено, так как выходило из строя и требовало ремонта. Оборудование станций

анализирует содержание оксидов азота, диоксида серы, сероводорода, озона, углекислого газа, угарного газа, газообразной ртути и пыли в приземном воздухе, параллельно регистрируя метеорологические параметры. В 2018 году станции контроля качества атмосферного воздуха участвовали в совместном с международными организациями проекте по отслеживанию концентраций диоксида серы, оксидов азота и пыли в приземном воздухе в летний период (мероприятие 10, раздел 4). Анализ данных ведется также совместно с Голобоковой Л.П., Лимнологический институт Сибирского отделения РАН.

Анализ непрерывных рядов концентраций дает представление о временном ходе естественных газовых примесей и загрязняющих веществ, сезонной динамике состава приземного слоя атмосферы, вкладе локальных, удаленных и антропогенных источников загрязнений. Сравнение рядов данных по оксидам азота и серы, полученных в процессе работы станций, дает представление об экологической ситуации в поселке Баренцбург. Исходя из суточных данных за 2017 и 2018 года, можно говорить о том, что годовая динамика остается неизменной и с началом открытия навигации, в летнее время, в пос. Баренцбург возрастает концентрация оксидов азота, что связано с заходом и стоянкой кораблей в порту и на рейде (рис. 8.1). При этом над поселком эта закономерность мало выражена. На содержание газовых примесей большое влияние оказывают метеорологические условия, которые характеризуются частыми сильными ветрами, температурными инверсиями, резкой сменой температуры.

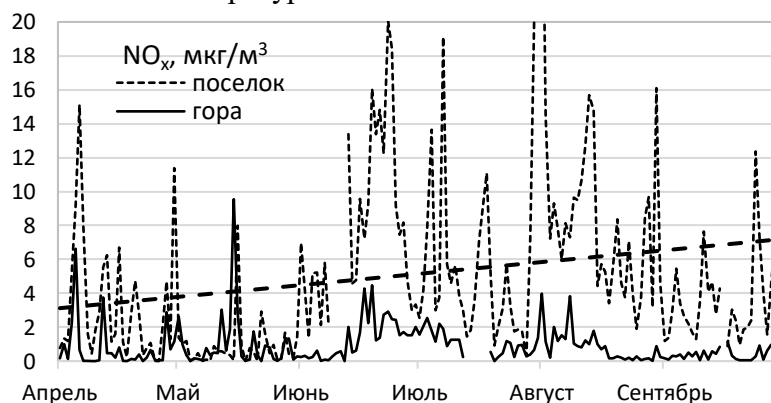


Рисунок 8.1 – Содержание оксидов азота (суммарное) в воздухе на двух станциях с апреля по сентябрь 2018 г. Жирная пунктирная линия – линия тренда для концентраций, измеренных на станции «Поселок»

Особый интерес в условиях низких температур и многолетней мерзлоты представляет годовой и суточный цикл содержания ртути в приземном воздухе. 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 (рис. 8.2). 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,

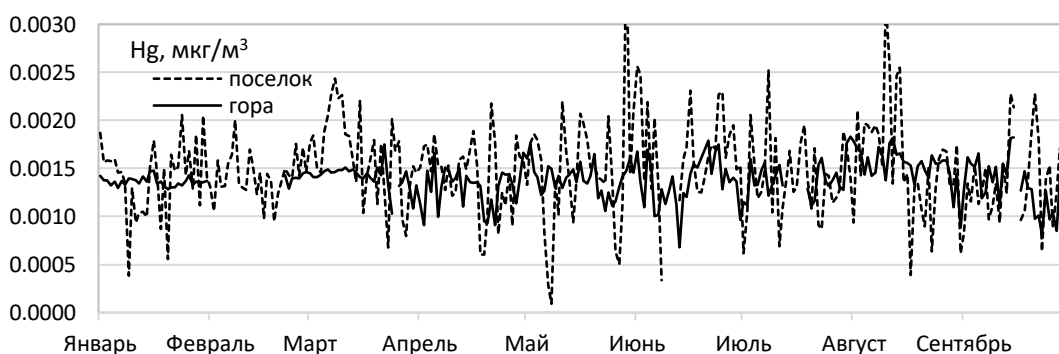


Рисунок 8.2 – Содержание ртути в воздухе на двух станциях с января по сентябрь 2018 г.

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. Таким образом зимой основной источник загрязнения – локальный антропогенный (ТЭЦ), а летом видно наложение естественного испарения ртути и локального загрязнения.

Для консервативных газов (диоксид углерода, озон), содержание которых в воздухе практически постоянно, характерна сезонная динамика. Предварительно можно заключить, что в изменении концентраций озона прослеживается влияние атмосферной циркуляции (рис. 8.3). Помимо синхронных суточных колебаний выявлены более длительные колебания, находящиеся в явной противофазе с атмосферным давлением. Обратная зависимость концентраций озона, видимо, связана с интенсивностью горизонтальных и вертикальных ветровых переносов. Кроме того, антропогенные примеси (оксиды серы и азота) способствуют стоку озона. Заметна связь изменения концентраций озона и оксидов серы и азота, преимущественно связанных с переносами слабо рассеянных шлейфов от ТЭЦ.

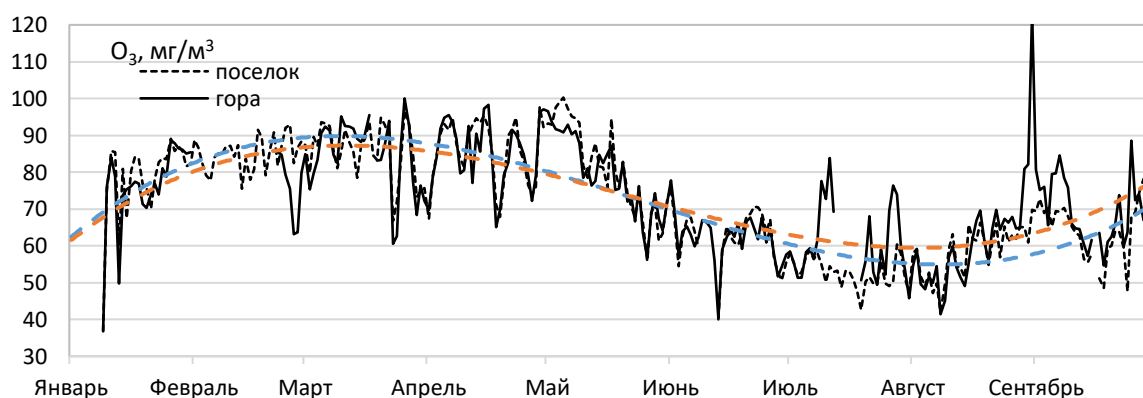


Рисунок 8.3 – Содержание озона в воздухе на двух станциях с января по сентябрь 2018 г. Синий пунктир – линия тренда для станции «Поселок», красный пунктир – линия тренда для станции «Гора»

Сбор данных со станций ККАВ будет продолжаться в 2019 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.

2. 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 на фоне трансграничного переноса. В декабре 2017 г. – феврале 2018 г. сотрудники лаборатории (Михайлова В.М. и Лякушин И.Д. при содействии инженера-метеоролога Медведева Е.В.) проводили экспериментальный отбор проб свежеснегавшего снега при смене погодных условий и, предположительно, воздушных масс на трех точках: в районе ТЭЦ, к югу от поселка и к северу в районе вертолетной площадки. Таким образом получался «мгновенный снимок» загрязнения, по которому предполагается определить радиус влияния ТЭЦ и влияние на него метеорологических условий. В период максимального снегонакопления перед началом таяния были отобраны три кумулятивные пробы, чтобы определить общее количество загрязняющих веществ в снежном покрове, накопившееся за год и постепенно попадающее в среду во время таяния. Всего было проведено 9 отборов после крупных снегопадов (27 проб в трех повторностях) и отобрано три кумулятивные пробы в конце сезона.

Суммарно отбиралось такое количество снега, что получить около трех литров талой воды. Вода фильтровалась через предварительно взвешенные мембранные фильтры Владипор 45 мкм, фильтрат экстрагировался для анализа на 16 ПАУ. 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 (три экстракта с одной точки отбора объединялись) 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 (РАН Mixture PM-831-1, 500 µg/ml, Ultra Scientific).

Фильтры со взвешенным веществом после фильтрации высушивались в естественных условиях и взвешивались, чтобы определить долю взвешенных компонентов. Фильтры хранятся в лаборатории для последующего анализа на содержание ПАУ. Все фильтраты были проанализированы в течении года зам. начальника лаборатории Михайловой В.М. на содержание ПАУ, также в пробах определялось рН, электропроводность и содержание основных ионов (Лякушин И.Д).

Концентрации ПАУ в растворенной фазе очень низкие. Однако независимо от направления ветра и расположения точки отбора в них присутствуют флуорен, фенантрен, нафталин и пирен. Фенантрен является довольно стабильным соединением и выделяется не только при неполном сжигании угля, но и при сгорании дизельного и бензинового топлива в транспортных двигателях. Источником нафталина и пирена также является сгорание ископаемого топлива. Наличие флуорена указывает на петрогенное происхождение загрязнения. Канцерогенный бензапирен в растворенной фазе обнаружен не был.

Предварительный анализ концентраций компонентов смеси ПАУ показывает, что влияние ТЭЦ на загрязнение снежного покрова велико, несмотря на смену атмосферных условий и направления ветра. Учитывая, что зимой преобладают ветры южных направлений, шлейф выбросов ТЭЦ распространяется над поселком. Сажа встречается во всех пробах, но ее значительно меньше в районе геофизического полигона. Дальнейший анализ данных совместно с метеорологическими условиями возможно позволит выделить роль трансграничного переноса в загрязнении ПАУ.

3. Мониторинг микробиологического состояния природной среды Баренцбурга

Микробиологические исследования составляют важный элемент экологического мониторинга в условиях Крайнего Севера. Изменения видового состава и структуры микробных сообществ являются отражением происходящих климатических изменений, влияния человека на арктические природные сообщества. Кроме того, исследование микробиоты Арктики открывает новые возможности для понимания механизмов адаптации микроорганизмов к экстремальным условиям существования. Основной задачей исследований на Шпицбергене стало обследование ключевых участков полярных ландшафтов в районе пос. Баренцбург, сбор полевого материала и проведение комплексных микробиологических исследований, нацеленных на выявление состава и структуры микробных сообществ как важнейшего компонента арктических экосистем.

В 2017 г. было отобрано более 300 образцов разных сред для последующего изучения. Это позволяет установить не только особенности микробиоты и местообитаний микробных сообществ, но и выявить пути циркуляции микроорганизмов в экосистемах архипелага Шпицберген. В настоящее время продолжается работа с образцами, отобранными в 2017 г. Практически завершена обработка проб воздушной среды. Проведены клеточно-молекулярные исследования биопленок, отобранных в прибрежной зоне пос. Баренцбург, частично проанализированы пробы почв. В 2018 г. основными задачами являлись:

- сравнительный анализ ненарушенных ценозов и рекультивируемых участков после угольного загрязнения по составу почвенных микроорганизмов, определение структуры почвенных микробных сообществ как индикаторов сукцессионных процессов в Арктике;

- анализ микобиоты антропогенных и орнитогенных субстратов с целью выявления источников накопления условно-патогенных микроорганизмов в арктических экосистемах;
- отбор и анализ образцов воды пресной и морской (в прибрежной зоне) с целью выявления биоразнообразия микробных сообществ в водных местообитаниях, выявления терригенных видов, а также индикаторов антропогенного загрязнения;
- отбор и анализ образцов микобиоты в орнитогенных местообитаниях с целью оценки роли птиц в распространении микроорганизмов, в том числе условно-патогенных, а также определения разнообразия микобиоты на зоогенных субстратах;
- изучение разнообразия микроскопических грибов (мицелиальных и дрожжевых), а также бактерий в почвах и мерзлых грунтах (на разной глубине) в прибрежной части залива Грэнфьорд;
- отбор и первичный анализ проб мерзлотных почв в зоне оттаивания (в летний период) и оценка структуры микробных комплексов на участках с различным типом растительного покрова;
- отбор и первичная обработка образцов загрязненных почв (в районах угольного загрязнения) и сравнение полученных данных с результатами исследования почв в относительно «чистых» районах.

В полевой сезон 2018 г. (июнь) отбора микробиологических проб включали: моренные комплексы ледников, орнитогенные местообитания, участки горных тундр, нарушенные сообщества (в местах угольного загрязнения, находящихся на различных стадиях рекультивации), а также зоны активной хозяйственной деятельности в районе пос. Баренцбург и пос. Грумант, выбранные с учетом наблюдений и данных исследований 2017 года. Сбор биологических образцов, ассоциированных с перелетными птицами проведен в прибрежной зоне Гренфьорда и Исфьорда.

В связи с отмечающимся в последние десятилетия процессом деградации ледников, обусловленной климатическими изменениями, и возможностью вытаивания из льда палеомикроорганизмов при проведении полевых исследований особое внимание было уделено изучению микобиоты ледниковых отложений. Основными локализациями, в которых был осуществлен обор проб явились моренные комплексы ледников Альдегонда и Восточный Грэнфьорд. В ходе полевых работ наибольшее внимание было уделено сбору образцов биоматериала в биоценозах, не подвергшихся антропогенному влиянию, учитывая потенциально высокую научную ценность образцов данного типа, а также орнитогенного материала в связи с задачей мониторинга интродукции в Арктику неиндигенной микобиоты перелетными птицами. Всего было отобрано 119 проб биоматериала.

Бактериологические исследования проводились методом посева, бактериальную ДНК из культур получали методом горячего лизиса. Полученную таким образом ДНК использовали для амплификации фрагмента *HP1* фланкированного внутренними участками генов *irp1* и *irp2*, отвечающими за продукцию высокомолекулярных регуляторных протеинов *HMWP1* и *HMWP2*. Идентификацию данного участка проводили с использованием олигонуклеотидных праймеров *irp2-1up* 5'-ACCTCTTCACCCACCCCTTCT-3' и *irp1-1lp* 5'-TTCAGGAAAATGGCAGGCGT-3' и условий полимеразной цепной реакции, предложенных Н. Karch и др. [1]. Выделение микромицетов из проб почв, грунтов, орнитогенных материалов и древесины проводили методом «глубинного посева».

В ходе полевых исследований было установлено, что наиболее удобными объектами исследований являются популяции обыкновенной меевки (*Rissa tridactyla*) и представители отряда *Anseriformes*, в частности гуменника короткоклювого (*Anser brachyrhynchus*), гнездовья и скопления этих птиц были обнаружены на побережье Исфьорда и Гренфьорда в непосредственной близости от пос. Баренцбург.

Микробиологическим посевам в полевых условиях были подвергнуты все собранные образцы. В результате было выделено 245 изолятов мезофильных бактерий, в т.ч. 62 изолята было выделено из орнитогенного материала. Исследования по таксономической идентификации выделенных изолятов бактерий проведены в лаборатории кафедры эпидемиологии, паразитологии и дезинфектологии ФГБОУ ВПО СЗГМУ им. И.И. Мечникова и лаборатории функциональной геномики и протеомики микроорганизмов ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины» с использованием технологии время-пролетной масспектрометрии с применением матрично-активированной лазерной десорбции/ионизации (MALDI-ToF), являющейся в настоящее время перспективным экспресс-методом точной идентификации таксономической принадлежности микроорганизмов, основанным на изучении масс-спектров рибосомальных протеинов [2]. Проведенные исследования позволили установить таксономическую принадлежность 222 изолятов (91% всех выделенных культур) (рис. 8.4). В остальных случаях дополнительно предполагается провести секвенирование фрагмента гена 16SrRNA [3].

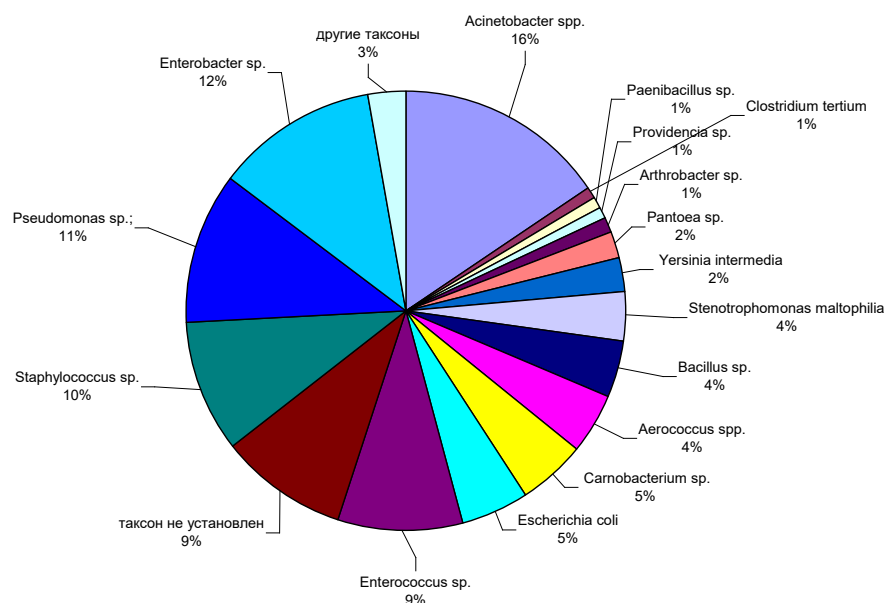


Рисунок 8.4 – Удельный вес отдельных родов бактерий, выделенных из природных экосистем Западного Шпицбергена в ходе сезона 2018 г.

При анализе полученных данных обращает на себя внимание идентификация в орнитогенных биоценозах и в воде поверхностных водоемов нескольких штаммов бактерий, филогенетически родственных патогенным иерсиниям – *Yersinia intermedia*. Ранее [4] отмечалась множественная экстремофильность этого вида микроорганизмов, позволяющая ему длительное время сохранять жизнеспособность в условиях низких температур, высушивания, повышенной радиации, имитирующих пребывание в атмосфере Марса.

Одним из аспектов проводимых исследований являлось изучение микробных сообществ, ассоциированных с тающими ледниками. Установлено, что вода, содержащаяся во временных водотоках в зонах абляции ледников и в ледниковых озерах содержит гетеротрофные бактерии, отнесенные к группе условно-патогенных (псевдомонады, энтерококки и т.п.) (табл. 8.1).

В дальнейших исследованиях было целесообразно оценить распространенность штаммов грамотрицательных бактерий, содержащих остров высокой патогенности иерсиний. Наличие данного генетического элемента маркирует вирулентные штаммы условно-патогенных бактерий [1], в частности, штаммы возбудителей нозокомиальных инфекций, как было показано нами ранее [5]. ПЦР-скрининг на наличие острова высокой патогенности был проведен в репрезентативной выборке грамотрицательных бактерий, выделенных из орнитогенных субстратов (фекалии гусеобразных птиц, орнитогенные почвы, погадки и т.п.).

Таблица 8.1 – Таксономический состав микробиоты, ассоциированной с водой ледников Западного Шпицбергена

источник выделения бактерий	локализация	виды бактерий
вода ледникового озера	ледник Альдегонда 77°58.764' E 14°06.235' высота 169 м	<i>Pseudomonas sp.</i>
вода ледникового озера	ледник Альдегонда 77°58.764' E 14°06.235' высота 169 м	<i>Aerococcus viridans</i>
вода ледникового озера	ледник Альдегонда 77°58.764' E 14°06.235' высота 169 м	<i>Enterococcus hirae</i> , <i>Bacillus cereus</i>
ручей Ирадален	Верховья ручья Ирадален N 78°01.508' E 14°40.376', 385 м	<i>Enterobacter cloacae</i> ; <i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
вода озера	озеро Бретъерна N 77°57.499' E 14°19.112'	<i>Leuconostoc lactis</i> ; <i>Aerococcus viridans</i> ; <i>Pantoe agglomerans</i> ; <i>Acinetobacter sp.</i>
вода озера	озеро Бретъерна N 77°57.499' E 14°19.112'	<i>Enterobacter cloacae</i>
вода из озера на морене	морена ледника Альдегонда 77°59.313' E 14°10.360' высота 5 м	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i> ; <i>Enterobacter cloacae</i> ; <i>Aerococcus viridans</i> ; <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> ; <i>Staphylococcus lugdunensis</i> ; <i>Staphylococcus epidermidis</i> ; <i>Escherichia coli</i>

Искомый мобильный генетический элемент был обнаружен у 9 штаммов, что составило 42,8%. Таким образом, имеются основания предполагать, что перелетные птицы, в частности гуси *Anser brachyrhynchus* могут представлять собой вектор для переноса вирулентных штаммов условно-патогенных микроорганизмов.

Учитывая выраженный геномный полиморфизм прокариот, преобладающих в природных экосистемах Шпицбергена, полагаем, что последующие исследования должны быть направлены на изучение патогенного и биотехнологического потенциала выделенных штаммов, с использованием метода полногеномного секвенирования в качестве базового.

Для изучения микробиоты было отобрано 250 образцов, обработка проб ведется в Санкт-Петербурге.

По окончании полевых и части аналитических микробиологических работ можно сделать следующие выводы:

1. В ходе исследований в июне-июле 2018 года собраны обширные коллекции биологического материала, характеризующие экосистемы, различающиеся по степени антропогенного воздействия;

2. Выбраны популяции птиц, которые могут быть использованы при проведении дальнейших мониторинговых исследований в качестве индикаторов процессов интродукции аллохтонной микробиоты в Арктику – представители отряда *гусеобразных (Anseriformes)*.

3. Микробиота вод зоны абляции ледников Альдегонда и Гренфьорд содержит условно-патогенные гетеротрофные бактерии родов *Pseudomonas sp.*, *Enterococcus sp.*, *Bacillus sp.*, *Enterobacter sp.*, *Acinetobacter sp.*

4. Орнитогенные биоценозы Западного Шпицбергена могут быть резервуарами штаммов условно-патогенных бактерий родов *Enterobacter*, *Escherichia*, *Acinetobacter*, обладающих островом высокой патогенности иерсиний (HPI).

5. Создана коллекция мезофильных и психрофильных бактерий, которая будет использована на последующих этапах исследований для изучения патогенного и биотехнологического потенциала микробиоты различных экосистем Западного Шпицбергена.

Работы выполнялись под руководством д.б.н. Д.Ю. Власов (СПбГУ), исполнители: к.б.н. И.Ю. Кирцидели (Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН), д.м.н. А.Е. Гончаров (ФБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины»).

Литература:

1. Karch H. A genomic island, termed highpathogenicity island, is present in certain non-O157 Shiga toxin-producing *Escherichia coli* clonal lineages / H. Karch [et al.] // *Infect. Immun.* — 1999. — № 67 (11). — P. 5994–6001.

2. Mellmann A, Cloud J, Maier T, Keckevoet U, Ramminger I, Iwen P, Dunn J, Hall G, Wilson D, Lasala P, Kostrzewa M, Harmsen D. Evaluation of Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization-Time-of-Flight Mass Spectrometry in Comparison to 16S rRNA Gene Sequencing for Species Identification of Nonfermenting Bacteria // *J Clin Microbiol.* — 2008. — № Jun;46(6). — С. 1946-54.

3. Weisburg W.G. et al. 16S ribosomal DNA amplification for phylogenetic study. *J. Bacteriol.* — 1991. — Vol. 173. — P. 697–703.

4. Beblo-Vranesevic, K., Bohmeier, M., Perras, A. K., Schwendner, P., Rabbow, E., Moissl-Eichinger, C., ... & Monaghan, E. P. (2017). The responses of an anaerobic microorganism, *Yersinia intermedia* MASE-LG-1 to individual and combined simulated Martian stresses. *PloS one*, 12(10), e0185178.

5. Гончаров А. Е. и др. Идентификация острова высокой патогенности иерсиний у госпитальных штаммов энтеробактерий. // *Профилактическая и клиническая медицина.* — 2013. — №. 1. — С. 66-68.

4. ММБИ совместно с ААНИИ: Накопление тяжелых металлов в трофической цепи (бентосных организмах) и оценка современного состояния фитоценозов заливов Исфьорда

В 2018 г. продолжены совместные исследования Мурманского морского биологического института и ААНИИ по изучению миграции экологических токсикантов в экосистемах заливов Шпицбергена. Исследования ранней весной 2018 г. в пос. Баренцбурге и его окрестностях на архипелаге Шпицберген были посвящены изучению накопления тяжелых металлов в теле ракообразных Гренфьорда. Исследования в июле 2018 г. в пос. Баренцбурге и его окрестностях на архипелаге Шпицберген были посвящены: 1) изучению накопления тяжелых металлов (ТМ) в бентосе и среде обитания в заливе Колсбей и 2) изучению выноса ТМ морскими птицами из морской экосистемы на птичьи базары.

Исследования выполняли в весенний период с 22 марта по 18 апреля 2018 г. и летом в период со 2 по 25 июля 2018 г. в окрестностях российского пос. Баренцбург и заливе Колсбей (о-в Западный Шпицберген) (рис. 8.5).

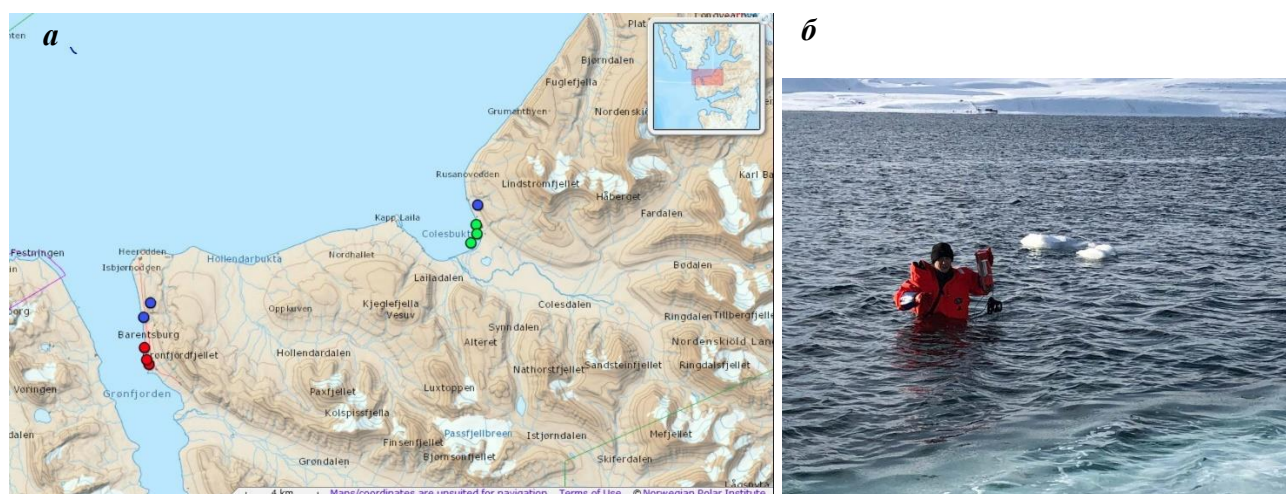


Рисунок 8.5 – (а) Схема отбора проб в окрестностях пос. Баренцбург (арх. Шпицберген). Места установки ловушек для исследования накопления ртути и ТМ в ракообразных в марте и июле 2018 г. (красные точки): 1 – у берега залива Финнесхамна; 2 – вблизи берега у «Тритона» ММБИ; 3 – угольный причал. Места отбора проб почвы на содержание ТМ: в наземных экосистемах – синие точки. Места отбора проб бентоса в июле – зеленые точки. (б) Отбор ракообразных из ловушек И.В. Берченко, окрестности м. Финнисет

Экотоксикологические исследования:

Для исследования накопления токсических металлов в ракообразных их собирали ловушками на приманку, установленными в разных пунктах береговой зоны Грэнфьорда в окрестностях пос. Баренцбург (рис. 8.5б). В этих же точках были выполнены сборы бентосных организмов, грунта и воды с поверхности.

В заливе Колсбэй во время рейса НС «Дальние Зеленцы» в июле 2018 г. на трех точках были отобраны драгой бентосные организмы и поверхностные донные отложения, а морская вода отобрана с поверхности батометром. Все организмы были определены О.Л. Зиминной. Животных просушивали фильтровальной бумагой и взвешивали на аналитических весах фирмы AND с погрешностью не более 0,002 г. Для мелких организмов были составлены совокупные пробы (2–40 экз.); проба была представлена одной особью для крупных организмов. Организмы, отобранные для анализа, замораживали при -20°C. Донные отложения высушены в лиофилизаторе и перетерты для дальнейшего анализа.

В процессе исследований было отобрано: весной – 12 кумулятивные образцов биологических объектов и по 3 пробы донных отложений и морской воды; летом – 105 проб (одиночных и объединённых) биологических объектов из заливов Грэнфьорд и Колсбей, а также 9 проб воды и грунта из залива Колсбей. Все образцы переданы для дальнейшего определения концентраций тяжелых металлов в лабораторию Российского научного центра на Шпицбергене.

Исследования переноса металлов птицами из морских экосистем в птичьи базары: В июле 2018 г. были отобраны почвенные образцы для исследования ТМ в трех местообитаниях: на птичьем базаре Бьюколлен (n=12) (рис. 8.6), склоне с типичной тундрой с карликовой березой («березняк») (n=12) и в районе подсобного хозяйства (n=5). Пробы для анализа тяжелых металлов (n=29) переданы для анализа в химико-аналитическую лабораторию в пос. Баренцбург.

Определение содержания ртути выполняется 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) измеряются методом атомно-абсорбционной спектроскопии на Shimadzu AA7000.

Получены данные по содержанию ТМ в пробах, отобранных в весенний период. Данные обрабатываются. Материал, отобранный летом 2018 г. будет анализироваться в ноябре 2018-феврале 2019 г. сотрудниками лаборатории ААНИИ.

В 2018 г. проанализированы данные по содержанию ртути в морских организмах и окружающей среде, отобранных весной 2016 г. и летом 2017 г., по материалам подготовлены к публикации и опубликованы статьи:

Лебедева Н. В., Зимина О. Л., Фатеев Н. Н., Никулина А. Л., Берченко И. В., Мещеряков Н. И. Ртуть в гидробионтах и среде обитания Грен-фьорда (Западный Шпицберген) ранней весной// Геохимия. 2018. № 4. С. 351-362.



Рисунок 8.6 – Место отбора почвенных проб на птичьем базаре Бьюколлен

Лебедева Н.В., Фатеев Н.Н., Никулина А.Л., Зимина О.Л., Гарбуль Е.А. Ртуть в компонентах экосистемы заливов Западного Шпицбергена в летний период 2017 года // Проблемы Арктики и Антарктики. 2018. Т. 64. №3. С. 311-325.

5. Разработка методик анализа и поиск новых загрязняющих веществ на архипелаге Шпицберген в районе посёлков Баренцбург и Пирамида. Изучение факторов, влияющих на распределение и разложение загрязняющих веществ

«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/ЕС), а также вызывают интерес АМАР (Программа арктического мониторинга и оценки). К новым загрязняющим веществам, механизмы накопления которых в средах, биодоступность и биоэффекты мало изучены, относятся устойчивые продукты метаболизма лекарственных препаратов, силоксаны, продукты разложения средств личной гигиены, замедлители горения, добавляемые в полимерную продукцию и строительные материалы. Распространение таких веществ происходит в основном через водную среду с глобальным переносом из густонаселённых районов Европы, так и от локальных источников – поселений на Шпицбергене.

В 2017 году в лаборатории был введён в эксплуатацию жидкостной хромато-масс-спектрометр с тройным квадруполом LCMS-8040, что открыло новые возможности в области анализа и поиска органических загрязняющих веществ. Во время наименьшей загруженности лаборатории ведется методическая работа по определению группы перфторированных кислот в образцах почвы, растительности и сыворотки и плазмы крови. Также оптимизируются методики пробоподготовки в этих матрицах: экстракции, концентрирования и очистки образцов от мешающих факторов.

В рамках экспериментальных работ в 2018 г. в качестве объекта анализа были выбраны пробы сыворотки (12 образцов для интеркалибрации между Норвежским институтом исследования воздуха NILU, НПО «Тайфун» и ААНИИ, в рамках проекта BareLab), а также образцы плазмы крови (16 образцов плазмы крови сотрудников научных организаций на архипелаге Шпицберген, все пробы обрабатывались анонимно с согласия испытуемых), которые являются наиболее простым объектом исследования с точки зрения пробоподготовки. Также были проанализированы образцы растительности (13 штук, см. рис. 8.7) и образцы почвы (8 штук), отобранные в окрестностях Баренцбурга.

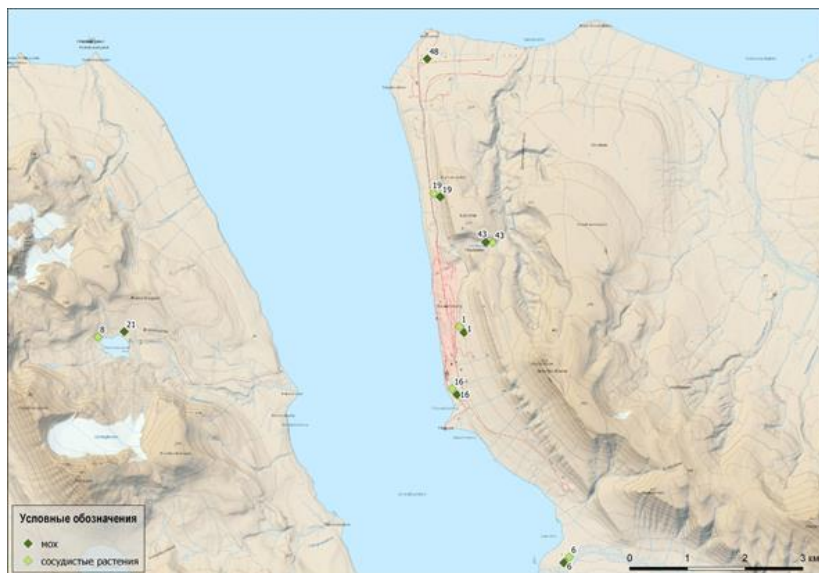


Рисунок 8.7 – Расположение станций отбора проб растений – сосудистых и мхов, в окрестностях пос. Баренцбург

В 2018 г. пробы были подготовлены и экстрагированы согласно методике пробоподготовки, принятой в аналитической лаборатории NILU, модифицированной под текущие возможности лаборатории. Был разработан, оптимизирован и поставлен метод определения перфторированных кислот, оптимизированы и откалиброваны рабочие параметры прибора, проведена калибровка прибора на стандартных растворах выбранных соединений при консультативной поддержке специалистов NILU.

Выполнен тестовый анализ содержания перфторированных карбоновых и сульфокислот (объединённо PFAS) в образцах почвы, растительности, плазмы и сыворотки крови. Для определения выбраны следующие 8 компонентов: перфторгексановая кислота (PFHxA), перфторгексансульфоновая кислота (PFHxS), перфтороктановая кислота (PFOA), перфторнонановая кислота (PFNA), перфтороктансульфоновая кислота (PFOS), перфтордекановая кислота (PFDA), перфторундекановая кислота (PFUnDA), перфтортетрадекановая кислота (PFTeDA).

Во всех пробах плазмы и сыворотки крови были обнаружены перфторированные кислоты, причём в интеркалибрационных образцах сыворотки крови канадских рожениц были обнаружены значительные количества PFOA и PFOS: до 25 и 115 нг на мл сыворотки соответственно. Также были обнаружены PFHxA, PFHxS, PFNA и PFUnDA в умеренных количествах в пределах 1-5 нг/мл. В образцах плазмы крови научных сотрудников, находящихся в Баренцбурге, были также обнаружены некоторые кислоты из приведённого списка в пределах 25 нг/мл суммарно, также с преобладанием PFOA и PFOS, что позволяет делать выводы о повсеместном распространении и значительной биоаккумуляции PFAS, в первую очередь октановой и октансульфоновой кислот.

Ни в одной из проанализированных проб почвы, отобранных на арх. Шпицберген (в районе Баренцбурга 5 проб и Пирамиды 3 пробы), не были обнаружены перфторированные соединения, тогда как в некоторых пробах растительности были обнаружены значимые количества PFAS (см. табл. 8.2). На данный момент, ввиду незначительности выборки не представляется возможности сделать конкретные выводы о распределении PFAS в окрестностях Баренцбурга.

Таблица 8.2 – Содержание PFAS в пробах растительности в окрестностях посёлка Баренцбург, пг/г сухого веса

Объект анализа	Номер станции отбора	Концентрация перфторированных кислот пг/г сух.веса							
		PFHxA	PFHxS	PFOA	PFOS	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFTeDA
сосудистые растения	1	n/a	n/a	162	n/a	n/a	122	400	n/a
	6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	75	249	n/a
	8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	366	n/a
	16	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	58	164	n/a
	19	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	288	n/a
	43	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	53	242	n/a
мох	1	n/a	n/a	122	n/a	93	173	343	n/a
	6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	64	200	n/a
	16	n/a	n/a	91	93	137	123	246	n/a
	19	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	139	n/a
	21	n/a	n/a	63	n/a	140	138	310	n/a
	43	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	94	n/a
48	n/a	n/a	n/a	n/a	53	66	191	n/a	

В целом отсутствие данных по многим кислотам на данный момент говорит скорее о недостаточно качественной и проработанной процедуре очистки пробы и, следовательно, высоком уровне шума и, соответственно, недостаточно хорошему пределу обнаружения, на хроматограммах ввиду отсутствия некоторых необходимых реактивов и подходящих картриджей для твердофазной экстракции. На рис. 8.8 представлены примеры хроматограмм: стандартного образца с концентрацией PFUnDA 1,5 нг/мл и образца растительности с концентрацией 400 пг/г, что соответствует 400 пг/мл экстракта.

В случае стандартного образца соотношение сигнал/шум составляет приблизительно 100, а в случае реальной пробы с мешающими влияниями матрицы около 10, хотя концентрация

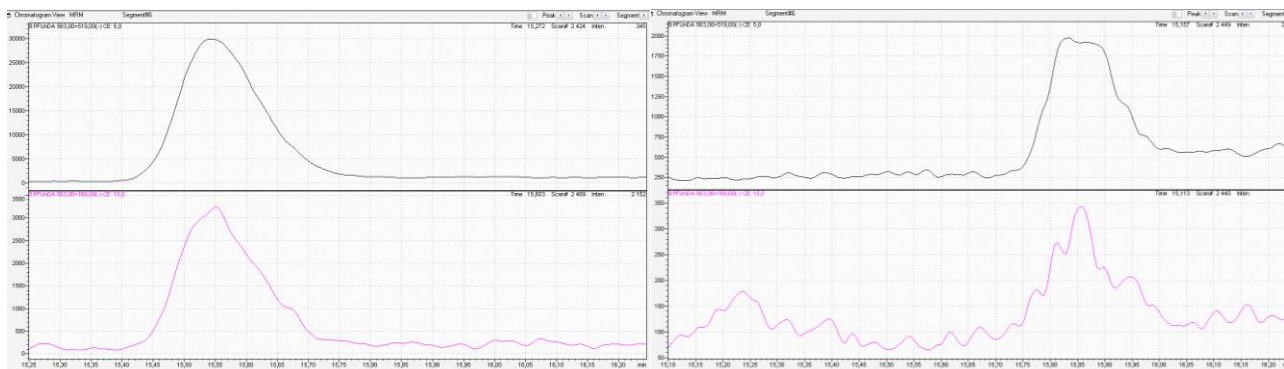


Рисунок 8.8 – Масс-хроматограммы PFUnDA: в стандартном растворе 1,5 нг/мл (слева) и в пробе растительности 400 пг/мл (справа)

меньше в 3,75 раз. Кроме того, наблюдается падение чувствительности от пробы к пробе при последовательном анализе, контролируемое по стандартной добавке (RSTD).

В связи с этим требуется дальнейшая проработка методики пробоподготовки и подбор расходных материалов и реактивов. В дальнейшем планируется расширить метод на определение 13 перфторированных карбоновых и сульфокислот и продолжить анализ образцов, отобранных летней экспедицией для лучшего понимания распределения

перфторированных соединений в районе архипелага Шпицберген. Кроме того, намечено расширить список анализируемых хроматомасс-спектрометрическим методом показателей группой метаболитов фармацевтических препаратов для анализа сточных и природных вод, а также метаболитов полициклических ароматических углеводородов, которые образуются при горении и в ходе естественного разложения ПАУ в природной среде.

Мероприятие 9. Проведение учебной практики для студентов-географов на базе РНЦШ

В 2018 г. ФГБУ «ААНИИ» обеспечил проведение научно-производственной практики на базе инфраструктуры РАЭ-Ш в пос. Баренцбург для одной группы студентов (4 студента – бакалавры последнего года и магистранты и преподаватель) из МГУ, географический факультет, кафедра криолитологии и гляциологии. Руководитель практики от МГУ с.н.с. кафедры криолитологии и гляциологии Кизяков А.И., руководитель полевого этапа Ермохина К.А. Практика проходила с 24 августа по 15 сентября 2018 г. в окрестностях пос. Баренцбург (рис. 9.1).

Перед студентами были поставлены следующие задачи: изучение чехла поверхностных отложений, изучение криогенных форм рельефа, выполнение комплексных ландшафтно-геоботанических описаний, гляциологические наблюдения на ледниках.

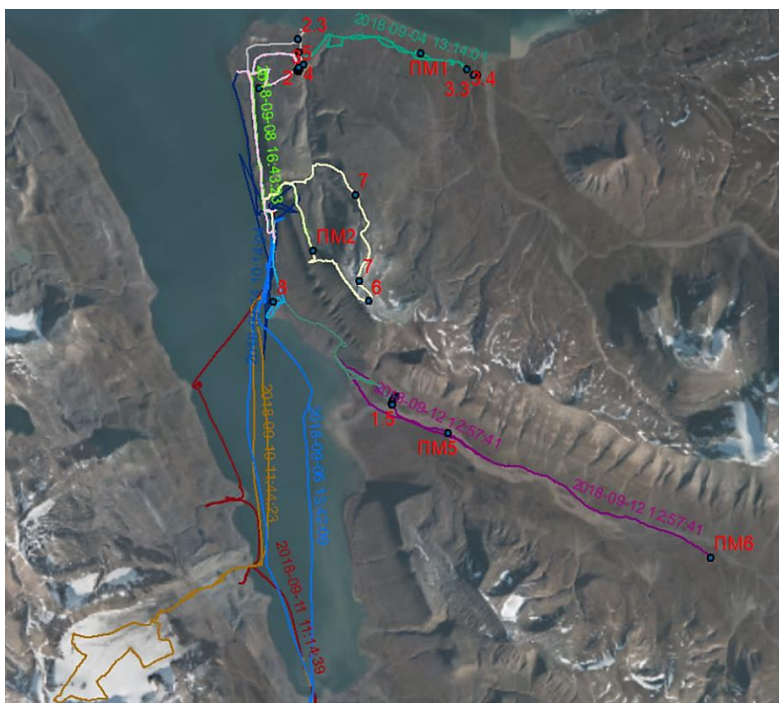


Рисунок 9.1 – Карта фактического материала: маршрутов (указана дата) и точки, на которых велись исследования (красные цифры)

В летне-осенний период студентами и их руководителем были выполнены следующие виды работ:

- пройдены три геоморфологических профиля с комплексным описанием на разных геоморфологических уровнях,
- сделаны геоботанические описания и криолитологические исследования на мерзлотной площадке и окрестностях поселка Баренцбург,
- выполнены термометрические наблюдения в трех скважинах, расположенных в разных ландшафтных условиях,
- проведены гляциологические наблюдения на ледниках Альдегонда и Западный Гренфьорд,
- отобраны образцы мха для дальнейшего определения видов в Санкт-Петербурге.

Геоморфологический блок работ включал выделение форм рельефа, ориентируясь по местности, космическим снимкам сверхвысокого пространственного разрешения и мозаике аэрофотоснимков (привязываясь к местности по GPS). Выполнение шурфов и зачистки для описания строения поверхностных отложений и определения литологического состава.

Криолитологические исследования включали выделение морфологических и морфометрических характеристик криогенных форм рельефа, изучение их строения в результате зачистки или выполнения шурфов. Настройка, установка и снятие температурных данных с термокос, устанавливаемых в скважины. Для термометрических наблюдений использовались термокосы GeoPrecision с логгерами M-Log5W.

Геоботанические описания являются индикационными исследованиями, тесно связанными как с характеристикой растительности, так и с определением экологических условий территории, поэтому в качестве основного при проведении полевых работ был использован метод комплексного ландшафтного профилирования. После предварительного камерального дешифрирования космоснимков и проведения рекогносцировочных маршрутов были заложены профили по катенам, пересекающим основные элементы рельефа. На профилях проведены описания растительности и рельефа, в пределах доминантных фаций заложены точки комплексного описания с детальной характеристикой растительных сообществ, морфологии и морфометрии рельефа (экспозиции, формы склона и др.), глубины протаивания и других характеристик многолетнемерзлых пород и сезонно-талого слоя. При полевых работах растительность описывалась в соответствии с общепринятыми методиками геоботанических исследований на площадках 10x10 м или в границах растительных сообществ (Полевая геоботаника, 1964, 1976; Миркин, 1985; Миркин и др., 1987).

При обработке материалов использовались: настольная ГИС (ESRI ArcGIS), программа обработки данных термокос (GP5W-SELLWIRELESS), полевые записи в дневниках, данные с GPS-приемников.

Полевые маршруты студентов включали ключевые формы рельефа и объекты исследования в районе Баренцбурга (рис. 9.1): окрестности геофизического полигона участка побережья между Сэлисбухта и Холлендербухта, подножье горы Улаф и ее окрестностей, долина реки Грэн, ледники Альдегонда и Западный Грэнфьорд.

Проведены геоботанические описания площадок CALM и вокруг градиентной метеомачты для оценки растительного покрова и оценки теплофизических свойств растительности.

РАЭ-III обеспечил группе студентов проезд до Баренцбурга, проживание и питание. Зимовочный состав РАЭ-III обеспечил логистическое сопровождение практики: обеспечение экспедиционным снаряжением, средствами связи, средствами защиты от белых медведей, доставка в районы работ на автомобиле и лодке с мотором. Курировал полевую работу студентов ведущий инженер зимовочного состава ААНИИ Демидов В.Э. Студенты

включались в состав полевых групп, проводящих гидрологические, мерзлотные, гляциологические, палеогеографические и актинометрические наблюдения.

Сотрудники зимовочного состава РАЭ-Ш провели ознакомительные экскурсии на выносной пункт приема-передачи спутниковой информации (ВППИ) в пос. Баренцбург, химико-аналитическую лабораторию РАЭ-Ш. Были организованы лекции по океанологии (ААНИИ), гидрологии (ААНИИ), археологии (ИА РАН), гляциологии региона (ИГ РАН).

Мероприятие 10. Работы по линии международного сотрудничества на арх. Шпицберген

1. ААНИИ: Участие в работе международных форумов

- Участие во регулярном форуме SSF (Svalbard Science Forum) представителей научных организаций, работающих на Шпицбергене 24-25 апреля 2018 г. (Лонгиербюен) и 1-3 октября 2018 г. (Лонгиербюен);
- Участие в международном симпозиуме Норвежский симпозиум по токсикологии окружающей среды – на пути к решению проблемы загрязнения в теплеющей Арктике (Norwegian Environmental Toxicology Symposium – Towards a Solution for Pollution in a Warming Arctic), 14-16 марта 2018 г., Лонгиербюен, Норвегия. Представление двух докладов: о накоплении ртути в морской среде и гидробионтов и о результатах работы станций контроля качества атмосферного воздуха в Баренцбурге.
- Участие в международной конференции 6-я Международная конференция по новым загрязняющим веществам (6th International Conference on Emerging Contaminants), 25-28 июня 2018 г., г. Осло, Норвегия.
- Участие в заключительном семинаре совместного проекта БарЛаб (BareLab) по развитию и интеграции химико-аналитической лаборатории в пос. Баренцбург в международное сотрудничество в Арктике, 28 июня 2018 г., г. Кьеллер, Норвегия.
- Участие в международной школе-конференции для молодых ученых «Влияние изменения уровня моря в прошлом и будущем» (Impacts of sea-level rise from past to present), 26-29 августа 2018 г., г. Утрехт, Нидерланды.
- Участие в работе семинара «Стратегические атмосферные исследования в Нью-Олесунне» (Ny-Ålesund Atmosphere Flagship open workshop), 15-19 октября 2018 г., Потсдам, Германия, и др.

2. ААНИИ, НПО «Тайфун», NILU (Норвегия), NMBU (Норвегия), UNIS (Норвегия): Реализация российско-норвежского проекта «Интеграция новой химико-аналитической лаборатории в Баренцбурге в международное сотрудничество в Арктике» (BareLab)

Основная часть работ по проекту касалась завершения методических работ по постановке методики определения перфторированных кислот в пробах различных природных сред с использованием жидкостной хроматографической системы с тройным квадруполом Shimadzu LC-MS 8040 (Мероприятие 8, раздел 5) при поддержке сотрудников NILU. Несмотря на то, что условия хроматографирования и детектирования подобраны, в химико-аналитической лаборатории будут продолжаться работы по доработке методики пробоподготовки.

Ведется сравнение результатов, полученных при анализе природных образцов в лабораториях Баренцбурга, СЗФ НПО «Тайфун» и NILU.

При поддержке БарЛаб на базе химико-аналитической второй раз была организована полевая и лабораторная практика студентов UNIS по курсу А324/А824 «Техники детектирования сложных органических загрязняющих веществ в арктических условиях» (раздел 3).

На заключительном семинаре в июне 2018 г. в г. Кьеллер подведены итоги трехлетней работы по проекту. Все участники удовлетворены результатами, которых удалось достичь. Лаборатория развивает новые аналитические методы, становится более заметной в научном сообществе, участвует в международном сотрудничестве. Также на семинаре обсуждались дальнейшие возможности расширения сотрудничества и дополнительного финансирования, в частности развития образовательного направления в области химии окружающей среды арктического региона на базе лаборатории в Баренцбурге.

3. ААНИИ и UNIS (Норвегия): Полевая и лабораторная практика студентов UNIS в химико-аналитической лаборатории РНЦШ

В рамках реализации российско-норвежского проекта БарЛаб по развитию химико-аналитической лаборатории в Баренцбурге и сотрудничества ААНИИ и UNIS, в лаборатории Баренцбурга с 23 по 27 апреля 2018 г. во второй раз состоялась практика магистров и аспирантов UNIS по курсу А324/А824 по исследованию загрязнения окружающей среды «Техники детектирования сложных органических загрязняющих веществ в Арктике / Techniques for the Detection of Organo-Chemical Pollutants in the Arctic Environment».

В 2018 г. в полевой и лабораторной практике участвовало 17 студентов из Норвегии, Швейцарии, Англии, Китая, Словении, Чехии, Канады, их сопровождали три ассистента д-р Кине Хальсе, Карине Сундби и Татьяна Дротикова, преподаватель проф. д-р Айнар Йенсен (Университет Тромсё) и руководитель курса проф. д-р Роланд Калленборн. Курс А324/А824 сосредоточен на методических особенностях обработки и анализа проб различных сред на содержание стойких органических загрязняющих веществ (ПАУ, ПХБ, пестициды, перфторированные кислоты) в следовых количествах, однако также ставит задачу оценить роль локальных источников и глобального переноса в загрязнении арх. Шпицберген.

Несмотря на большое количество студентов (в два раза больше чем в 2017 году) и возросшую нагрузку, в лаборатории удалось разместить одновременно четыре рабочие группы, все пробы прошли необходимую подготовку. В течении недели студенты с помощью ассистентов и зимовочного состава РАЭ-Ш ААНИИ отобрали пробы снега, воздуха, почвы в пос. Баренцбург и на отрогах горы Улаф и донных отложений и рачков-амфипод в зал. Грёнфьорд на разном удалении от поселка. Все пробы были обработаны и подготовлены для дальнейших методических работ и химического анализа на базе лаборатории UNIS (рис. 10.1). Кроме полевой и лабораторной работы, студенты слушали лекции по курсу на тему особенностей применения масс-спектрометрического детектирования сложных органических загрязняющих веществ, а также познакомились с научной деятельностью, ведущейся на арх. Шпицберген сотрудниками ААНИИ.

Логистическую поддержку в проведении практики в пос. Баренцбург обеспечивали сотрудники зимовочного состава РАЭ-Ш под руководством А.Л. Новикова. Координировала проведение практики со стороны ААНИИ гл. специалист РАЭ-Ш к.г.н. А.Л. Никулина.



Рисунок 10.1 – Полевая и лабораторная практика студентов UNIS на базе химико-аналитической лаборатории ААНИИ в пос. Баренцбург в апреле 2018 г.

4. UiT, UNIS, NILU (Норвегия), AWI (Германия), ААНИИ, Университет Перуджи (Италия), Университет Вальядолид (Испания): Укрепление сотрудничества в области исследования загрязнения воздуха на Шпицбергене

Проект посвящен скоординированному исследованию качества воздуха на Шпицбергене, влиянии на него глобальных и местных факторов. В рамках проекта оборудованием, расположенным в поселках Шпицбергена Лонгиербюен, Нью-Олесунн и Баренцбург проводятся одновременно измерения содержания газовых примесей в приземном воздухе, а именно диоксида серы, оксидов азота, озона и взвешенного вещества. Наиболее интересным является период активного судоходства в июле и августе, когда предположительно повышается содержание оксидов азота в воздухе поселений.

В начале августа сотрудниками UiT и ААНИИ была проведена интеркалибровка измерительных приборов, установленных в Университетском центре на Шпицбергене в Лонгиербюене и в лаборатории ААНИИ в Баренцбурге. Калибровка проводилась по стандартным газовым смесям для диоксида серы и диоксида азота. Приборы показывают хорошую сходимости. После снятия всех данных в конце периода измерений будет проведена корректировка концентраций.

Анализ данных газоанализаторов будет производиться в конце года по завершению серии измерений. В настоящий момент идет сбор литературного материала о концентрациях интересующих веществ в разных поселках Шпицбергена и фактического материала о судах и длительности их стоянки в поселках, а также о других локальных источниках загрязнения воздуха. По результатам анализа данных планируется публикация в англоязычном журнале.

Для оценки качества совместной работы и дальнейшего развития сотрудничества в области исследования загрязнения воздуха на начало 2019 г. запланирован семинар, в котором примут участие представители всех участвующих в проекте организаций и других заинтересованных сторон.

5. ИФА РАН, AWI (Германия) и ААНИИ: Количественная оценка наблюдаемой пространственно-временной изменчивости ключевых параметров атмосферы

Совместные исследования выполняются в рамках российско-германского проекта QUARCCS – исследование быстрых климатических изменений в Арктике и их региональных и крупномасштабных последствий. Исследование ставит своей целью сопоставление, сравнение и оценку составляющих турбулентного обмена атмосферы и подстилающей поверхности, в том числе теплового потока из почвы, получаемых измерительными комплексами, установленными в пос. Нью-Олесунн и вблизи пос. Баренцбург. Одновременная установка комплексов в сравнительно схожих условиях позволяет собрать высококачественные и репрезентативные наборы данных микроволновых пульсаций и оценить пространственную изменчивость параметров турбулентного обмена, в том числе влияние на них морского льда в прилегающих акваториях.

В 2018 г. сотрудниками AWI совместно с сотрудниками ИФА в большей степени вели сбор и анализ данных:

- велся сбор текущих данных по микроциркуляции атмосферы в районе пос. Баренцбург, а также проводился первичный анализ данных. Кроме того, велся поиск публикаций, описывающих тренды температуры на различных станциях на арх. Шпицберген, проведен первый сравнительный анализ данных, собранных по Нью-Олесунну и Баренцбургу;
- собирались и объединялись данные по температуре воздуха на различных станциях Шпицбергена и данные по морскому ледовому покрову в системе заливов Шпицбергена;
- получены количественные оценки влияния облачности на радиационный баланс и турбулентные потоки тепла, в частности вдоль Северного морского пути;

- начата обработка измерений турбулентности, полученных обоими измерительными комплексами, установленными на Шпицбергене;
- начат анализ и сравнение измеренных комплексами в Нью-Олесунне и Баренцбурге компонентов баланса поверхностной энергии;

По результатам анализа данных подготовлена черновая версия статьи по оценке недавних изменений температуры приземной атмосферы в разных частях арх. Шпицберген и локальном влиянии морского ледового покрова.

Годовой цикл измерений турбулентных потоков в Баренцбурге закончен. Измерительный комплекс, установленный у вертолетной площадки, демонтирован в конце сентября 2018 г. Работа измерительного комплекса, установленного вблизи Баренцбурга, поддерживалась сотрудниками зимовочного состава РАЭ-III ААНИИ.

6. UNIS (Норвегия), Университет Ноттингема (Великобритания), Университет Дармштадта (Германия), Store Norske (Норвегия) и ААНИИ: Использование природного угольного архива на Шпицбергене для развития палеоклиматического направления исследований

Проект находится на стадии планирования. Ведется сбор литературных данных и метаданных о материале исследования, имеющихся палеоклиматических оценках и характеристиках каменного угля, образовавшегося в разных районах Шпицбергена в разное геологическое время.

7. NIVA (Норвегия), UNIS (Норвегия), НПО «Тайфун», ГОИН им. Зубова: Влияние оттаивания прибрежной многолетней мерзлоты на биогеохимию и загрязнение морской воды (ICOTA)

Проект предполагает исследовать влияние таяния многолетней мерзлоты на биогеохимические характеристики морских прибрежных вод. Мерзлота на Шпицбергене развита повсеместно, однако в результате повышения приземных температур начинает деградировать. При этом биогенные и органические вещества, находящиеся в мерзлоте, попадают опосредованно через подземные и поверхностные водотоки или напрямую в результате обрушения берега в воды фьордов Шпицбергена. Тем самым нарушается биогеохимический баланс. И кроме того в морскую среду попадают загрязняющие вещества, законсервированные в слое многолетнемерзлых пород. Проект финансируется Шпицбергенским научным форумом и выполняется в 2018 году. В рамках проекта проводятся согласованные исследования с участием сотрудников всех институтов и внедрение новых «зеленых» методов исследований, позволяющих снизить воздействие на окружающую среду.

В период 19-26 июня 2018 г. частично были выполнены экспериментальные работы, основанные на отборе и обработке полевого материала для изучения влияния на состав и свойства морской воды, поступающей в неё тающей вечной мерзлоты. В Норвежском институте исследования воды (NIVA, Осло) 19-20 июня 2018 г. проводились подготовительные мероприятия, выработана стратегия и получены необходимые инструкции по выполнению полевых и лабораторных работ участниками проекта. Полевые исследования и лабораторные исследования базировались в Университетском центре на Шпицбергене (UNIS, Лонгирбюен) с 21 по 28 июня 2018 г.

Пробы мерзлоты были отобраны на побережье Адвентфьорда в районе аэропорта. Слой мерзлоты был доступен в месте обрушения берега. Пробы морской воды были отобраны в районе причала, между пос. Лонгирбюен и аэропортом. Далее в лаборатории параллельно выполняли 2 части эксперимента:

1. В серию ёмкостей помещали навески мерзлоты, туда же добавляли морскую воду. По прошествии 1-го интервала времени из ёмкости № 1 переносили воду в склянки для различных видов анализа (щёлочность, содержание биогенных веществ и тяжёлых

металлов), по прошествии 2-го – из ёмкости № 2 и т.д. На выходе получили серию образцов морской воды с различным временем контакта с мерзлотой.

2. В серию ёмкостей помещали навески мерзлоты, туда же добавляли морскую воду, в воду погружали пассивные пробоотборники (устройства, способные накапливать тяжёлые металлы). Ёмкости с пробоотборниками устанавливали на встряхиватель. По прошествии 1-го интервала времени из ёмкости № 1 извлекали пробоотборник, по прошествии 2-го – из ёмкости № 2 и т.д. На выходе получили серию пробоотборников с различным временем экспозиции.

Полученные образцы и пассивные пробоотборники, а также пробы мерзлоты, подготовлены и отправлены для дальнейшего параллельного анализа в лаборатории NIVA, Южного отделения Института океанологии РАН, СЗФ «НПО «Тайфун». Пробы мерзлотного грунта проанализированы на содержание общей ртути в химико-аналитической лаборатории ААНИИ в пос. Баренцбург. По результатам химического анализа экспериментального материала планируется научная публикация.

Мероприятие 11. 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 РНЦЦ осуществлялось Российской научной арктической экспедицией на архипелаге Шпицберген (РАЭ-Ш) ФГБУ «ААНИИ».

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

В 2018 г. было обеспечено необходимое материально-техническое снабжение научно-исследовательской базы ААНИИ в пос. Баренцбург.

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

Ротация сотрудников зимовочного состава РАЭ-Ш и участников сезонной экспедиции «Шпицберген–2018» осуществлялась чартерными рейсами ФГУП «ГТ «Арктикуголь» по маршруту Москва–Лонгиир–Баренцбург–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 период сезонной экспедиции «Шпицберген 2018» было совершено 149 человеко-выездов, из них:

- долина р. Грен – 40 выездов;
- оз. Стемме – 8 выездов;
- долина Грендален – 23 выезда;
- ледник Альдегонда – 24 выезда;
- ледник Западный Гренфьорд – 7 выездов;
- оз. Конгресс – 4 выезда;
- оз. Бретьерна – 6 выездов;
- рр. Бретьерна, Альдегонда, Брюде, Конгресс, Гренфьорд – 21 выезд;
- долина Холландардален – 4 выезда;
- пос. Пирамида – 2 выезда;
- оз. Линне – 3 выезда;
- бух. Колес, Грумант – 2 выезда;
- зал. Гренфьорд – 3 выезда;
- ледник Восточный Гренфьорд, зал. Ван-Майнфьорд, р. Холлэндер – по 1 выезду.

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

2. Обслуживание транспортных средств, приборов и оборудования

В 2018 г. проведены работы по техническому обслуживанию транспортных средств, приборов и оборудования РАЭ-Ш.

Научное оборудование и приборы

Работы включали:

- регламентное техническое обслуживание станций контроля качества атмосферного воздуха "Гора" и "Поселок" совместно со специалистами ЗАО «Экрос–Инжиниринг»,
- проверку герметичности линий подачи ацетилена и метана и устранение течи в линии;
- техническое обслуживание лабораторных весов, подключение их к компьютеру и установка программного обеспечения для дальнейшей возможности работы при помощи программы WinСТ;
- проведение переконфигурации газового хроматографа для анализа на содержание легколетучих органических соединений (ЛОС) с заменой хроматографической колонки;
- работы по регламентному техническому обслуживанию аппаратуры и замене серверов ВППИ совместно со специалистами компании «Kongsberg Spacetec AS» (Норвегия) в соответствии с заключенным между компанией и ФГБУ «АНИИ» контрактом;
- профилактические и ремонтные работы метеорологического комплекса для измерения приземных турбулентных потоков, выполняемая в рамках проекта QUARCCS (АНИИ-АWI), совместно с немецким специалистом;
- опытно-методические работы по применению георадарного оборудования pulsEKKO PRO с антеннами 500 и 50 МГц для определения толщины снежного покрова и залегания ложа ледника Альдегонда;
- организацию проведения калибровок и поверок приборов в соответствии с регламентом организаций-производителей.

Транспортная техника

Парк транспортных средств РНЦШ включает 10 снегоходов:

- Yamaha RS Viking Professional – 5 шт;
- Yamaha RS Ventura Professional – 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.;
- лодки резиновые 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 пос. Лонгийрбьюен и обратно;
- неоднократный ремонт пробитых шин квадроциклов и автомобилей;
- техническое обслуживание и регламентные работы квадроциклов и автомобилей;
- консервирование снегоходной и колесной техники, лодочных моторов по окончании сезона работ.

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

3. Обслуживание зданий и сооружений

На балансе ФГБУ «ААНИИ» в пос. Баренцбург находится 6 зданий:

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

Помимо них, к ведению РАЭ-Ш относятся аппаратный бокс ВППИ и станции контроля качества атмосферного воздуха «Гора» на антенном поле, ангар для транспортной 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 выполнены:

- сборка и монтаж дополнительного вытяжного колпака в помещении отделения тяжелых металлов для улучшения условий труда при эксплуатации атомно-абсорбционного спектрофотометра AA-7000 Shimadzu;
- замена основного и резервного электрических кабелей, обеспечивающих электроэнергией ВППИ на антенном поле, в рамках договора между ФГБУ «ААНИИ» и ФГУП «ГТ «Арктикуголь»;
- монтаж водяного калорифера, замена электроклапана и запуск системы автоматического регулирования температуры воздуха приточной вентиляции лабораторного корпуса №2;
- замена неисправного насоса, сборка схемы автоматики регулировки температуры и запуск системы автоматического управления системой водяного отопления в лабораторном корпусе №2;
- внесение изменений в электрические схемы групповых щитов Щд-4 и Щд-5 в связи с перестановкой аналитического и вспомогательного оборудования и переориентацией рабочих помещений в лабораторном корпусе №2;
- замена местами лаборатории гидрохимии и лаборатории для проведения органического анализа с целью оптимизации использования рабочих площадей с переносом, подключением и тестированием измерительных приборов и вспомогательного оборудования;
- капитальный ремонт (с водоотводом) верхней разрушенной части угловой сваи общежития;
- демонтаж старого и укладка нового кровельного покрытия на крыше общежития;
- промывка от накипи всех радиаторов отопления в общежитии и частично в лабораторном корпусе №1.

Часть зданий, переданных на баланс ФГБУ «ААНИИ», находится в неудовлетворительном состоянии. В рамках контракта с ФГБУ «ААНИИ» специализированной организацией выполнены работы по дефектации зданий и разработке сметной документации с целью подготовки обоснования и проектно-сметной документации для проведения капитального и текущего ремонта зданий.

4. Развитие инфраструктуры РАЭ-Ш (РНЦШ)

В 2018 г. новое высокотехнологичное аналитическое оборудование для химико-аналитической лаборатории, транспортные и плавающие средства, а также вспомогательное оборудование для РАЭ-Ш не поставлялись.

Осуществлялся комплекс мероприятий и процедур для поддержания и сохранения действующей инфраструктуры РАЭ-Ш в рабочем и функциональном состоянии.

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 11.1.

Таблица 11.1. Оказание услуг участникам научного консорциума «РНЦШ»

п/п	Дата	Организация	Вид услуги
1	13.03-26.04	ММБИ	Предоставлены ружье, боеприпасы, батометр, снегоход, шлем, сани с кофром, автомобиль при разгрузке НС «Дальние Зеленцы», совместная работа по пробоотбору, лаборатория (муфельная печь, сушильный шкаф, фильтровальная установка, турбидиметр, магнитная мешалка)
2	01.05.2018	ГМО Баренцбург	Предоставлены предметы хозяйственно-бытового назначения, транспортировка сотрудников на геофизический полигон
3	01.05.2018	ПГИ	Транспортные услуги в доставке прибора на геофизический полигон
4	30.06-06.09	ПМГРЭ	Предоставлены палатка - 2шт., лодочный мотор Yamaha 25, кофр Zarges - 2 шт, доставка сотрудников автомобилем и катером на маршруты, в порт
5	04.07-26.07	ММБИ	Предоставлены ружье, боеприпасы, батометр, зонд-профилограф RBR, муфельная печь, сушильный шкаф, фильтровальная установка, турбидиметр, магнитная мешалка
6	в течение летнего сезона	КНЦ РАН	Доставка автотранспортом сотрудников и оборудования к месту работы
7	18.07	ПАБСИ	Предоставлена ракетница
8	25.07-10.08	ИГ РАН	Предоставлены кондуктометр, рабочее место в лаборатории, транспортные услуги
9	20.07-23.07	ПАБСИ	Предоставлен лиофилизатор для сушки образцов
10	26.07 - 08.08	ИГ РАН	Предоставлены пиранометр НОВО с логгером и камера GoPro
11	09.08	НИЦ МБП КНЦ РАН	Доставка сотрудников на озеро Стемме на моторной лодке «Зодиак»
12	26.07-13.08	ММБИ	Предоставлены весы, титратор, магнитная мешалка; выделено рабочее место в лаборатории и место для хранения проб
13	в течение августа	ГМО	Доставка сотрудников на оз. Стемме на моторной лодке «Зодиак»
14	06.08-10.08	ПАБСИ	Предоставлен микроскоп; транспортные услуги по доставке сотрудников на западный берег Гренфьорда
15	11.08-18.08	КоФ ФИЦ ЕГС РАН	Предоставлен домик на Пирамиде для временного проживания
16	22.08 - 23.08	ПГИ	Предоставлен конференц-зал для проведения семинара
17	24.08 - 06.08	ИФА	Доставка сотрудников к месту работы совместно с группами РАЭ-Ш; предоставлены дночерпатель, батометр
18	04.09 - 24.09	ИГ РАН	Доставка на моторных лодках «Polarcirkel» и «Зодиак» на ледник Альдегонда; предоставлены ручной ледовый бур, кошки, генератор бензиновый Honda EU-20i

ФГБУ «Мурманское УГМС»

Мероприятие 12. Проведение регулярных наблюдений на базе гидрометеорологической обсерватории «Баренцбург»

В соответствии с Стратегией 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 согласно Межведомственной программе научных исследований и наблюдений на архипелаге Шпицберген в 2018 г. основная задача ФГБУ «Мурманское УГМС» выполнение 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 2018 г. выполнение ФГБУ «Мурманское УГМС» комплексных наблюдений за гидрометеорологическими параметрами окружающей среды на базе гидрометеорологической обсерватории «Баренцбург».

В период с 01.01.2018 года по 31.12.2018 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 2625 ч/дн.

По состоянию на 01.10.2018 года с начала 2018 года были выполнены:

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 2018 года на архипелаге Шпицберген по данным ГМО «Баренцбург»

В 2018 году на архипелаге Шпицберген сохраняется тенденция повышения температуры воздуха, как в целом за год, так и отдельно в каждом сезоне. Аномалия средней месячной температуры воздуха на протяжении всего прошедшего периода 2018 года была положительной и в среднем за десять месяцев составила $+3,5^{\circ}\text{C}$.

Температура воздуха: Зима 2017-2018 гг. (с октября 2017 г. по апрель 2018 г.) была очень теплой, аномалия средней сезонной температуры воздуха также, как и предыдущей зимой (2016-2017 гг.) составила $+5,9^{\circ}\text{C}$. Теплее были только зимы 2015-2016 гг. и 2011-2012 гг. Положительная аномалия средней месячной температуры воздуха отмечалась во все зимние месяцы, наибольшее отклонение от климатической нормы $+9,1^{\circ}\text{C}$ было зафиксировано в феврале 2018 года (рис. 12.1). Очень теплым был также

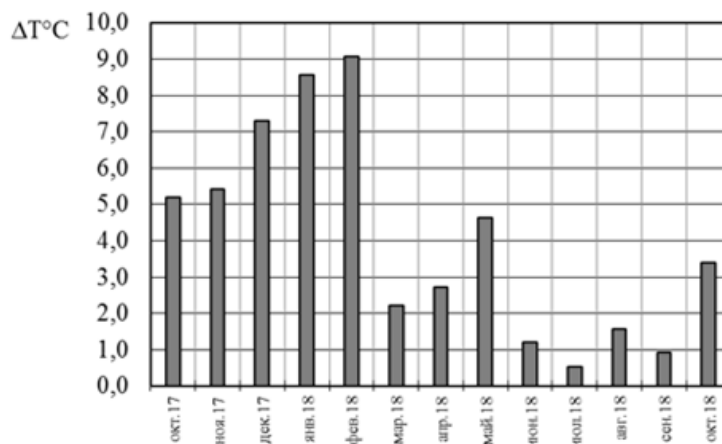


Рисунок 12.1 – Аномалии средней месячной температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$)

январь 2018 года, аномалия средней месячной температуры воздуха составила $+6^{\circ}\text{C}$.

Весна 2018 года (май 2018 года) в отличие от предыдущего года, была очень теплой. Средняя месячная температуры воздуха составила $+0,5^{\circ}\text{C}$. Таким образом май 2018 года стал вторым в ранжированном ряду за период наблюдений с 1948 года.

Лето 2018 года в Баренцбурге было умеренно теплым, средняя сезонная температура воздуха была выше климатической нормы на $1,1^{\circ}\text{C}$. Наибольшая положительная аномалия средней месячной температуры воздуха $+1,6^{\circ}\text{C}$ отмечалась в августе. Осенью (сентябрь 2018 г.) аномалия средней температуры воздуха составила $+0,9^{\circ}\text{C}$.

Осадки: В целом за период с октября 2017 года по сентябрь 2018 года количество выпавших осадков незначительно (на 14%) превысило климатическую норму. Наибольшие аномалии месячных сумм осадков отмечались в мае 2018 года, когда выпало 93 мм или 345 % от месячной нормы осадков и в июле – 77 мм или 261% от климатической нормы. Наименьшее количество осадков отмечалось в ноябре 2017 года – менее 20 % месячной нормы и в марте 2018 года, когда выпало около 40% месячной нормы осадков.

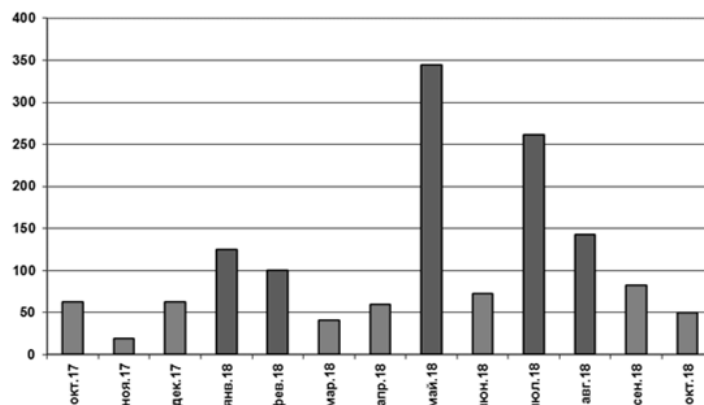


Рисунок 12.2 – Аномалии месячного количества осадков в % от климатической нормы

Опасные явления: Трижды в 2018 году в Баренцбурге отмечались опасные явления: дважды в январе – очень сильный ветер с порывами до 25 м/с, очень сильный снег 24,8 мм за 12 часов и в феврале – очень сильный ветер с порывами до 36 м/с.

2. Морские наблюдения

Проводятся:

- 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 Гренфьорд и Исфьорд 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 солёности морской воды ареометрированием 1 раз в сутки в 12 ВСВ;
- измерение температуры воды ежедневно в 06, 12, 18 ВСВ.

Всего проведено 1095 комплексных наблюдений.

3. Радиационный мониторинг

В п. Баренцбург производится ежедневное измерение мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МЭД, мкЗв/ч) на расстоянии 1 м от поверхности. Всего 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 0,10 до 0,18 мкЗв/час.

В наблюдения включен еженедельный отбор проб радиоактивных выпадений с помощью планшета в соответствии с документом «Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 12». Всего отобрано 52 пробы.

В отобранных пробах определялась суммарная β -активность атмосферных выпадений. В 2018 году случаев радиоактивных выпадений повышенной β -активности (в 10 и более раз выше фоновых) не наблюдалось.

4. Мониторинг атмосферного воздуха

В 2018 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 озонметром М-124. Количество измерений составило 370.

Производство измерений часовой амплитуды изменения горизонтальной компоненты геомагнитного поля – 8760 часов.

Измерение трехчасового К-индекса возмущенности геомагнитного поля – 2920 часов.

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 – 8760 часов.

Определение периодов аномального поглощения радиоволн – 365 час.

Зарегистрирована 91 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. Прочее

В 2018 г. 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 2018 год составил 1,6 Гбт.

Осуществляется оперативная передача метеорологических данных ГМО Баренцбург в прогностические организации Росгидромета. ГМО Баренцбург включен в публикацию ВМО № 9 Том С1 для международного обмена.

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 ОЯ (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 13. Фоновый и локальный экологический мониторинг в районах хозяйственной деятельности российских предприятий на архипелаге Шпицберген

В рамках реализации задач мероприятия Северо-Западным филиалом ФГБУ «НПО «Тайфун» в 2018 г. были выполнены 2 экспедиции 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 Грэнфьорд и обследование состояния загрязнения природной среды в районе пос. Пирамида.

Исследования проводятся в соответствии с планом НИОКР Росгидромета на 2017–2019 гг., тема 1.5.3.7 «Исследования современного состояния и анализ предшествовавших изменений характеристик природной среды архипелага Шпицберген».

Работы выполняются Северо-Западным филиалом ФГБУ «НПО «Тайфун» совместно с ФГБУ «ААНИИ». В полевых работах принимало участие 7 специалистов СЗФ «НПО «Тайфун», использовалось имеющееся в РНЦШ полевое пробоотборное и измерительное оборудование, а также оборудование химико-аналитической лаборатории. Полевые работы выполнялись в два этапа: весенний в марте–апреле и летний в июле–сентябре.

Цели работы:

- Оценка состояния загрязнения компонентов окружающей природной среды (атмосферного воздуха, снежного покрова, морских вод и донных отложений, вод и донных отложений водоёмов суши, почвенных вод, почв и растительного покрова) на территориях и в ближайших окрестностях посёлков, других объектов инфраструктуры, включая сопредельные территории и акватории заливов;
- Выявление источников загрязнения природной среды на территории действующих и ликвидированных производственных объектов, локализация, паспортизация, оценка их степени опасности.

К основным задачам относятся:

- Организация и проведение отбора проб компонентов природной среды в районе пос. Баренцбург и пос. Пирамида с прилегающими акваториями залива Грэнфьорд и бухты Петунья, соответственно;
- Выполнение химико-аналитических и других лабораторных исследований отобранных образцов и проб компонентов природной среды в химико-аналитической лаборатории РАЭ-Ш (пос. Баренцбург) и базовой лаборатории Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун» (г. Санкт-Петербург).

Содержание работ:

Полевые работы включали: отбор проб атмосферного воздуха и атмосферного аэрозоля; почвенных вод, почв, растительного покрова, снежного покрова на территории пос. Баренцбург и пос. Пирамида и фоновых районов; морских поверхностных и придонных вод; морских водных взвесей на акватории залива Грэнфьорд и бухты Петунья (залив Исфьорд), поверхностных вод озера Биенда-Стемме и реки Грэндалсэльва, долина которой расположена южнее поселка Баренцбург.

Весенние полевые работы

Полевым отрядом Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун» в составе Экспедиции «Шпицберген-2018» ФГБУ «ААНИИ» в период с 26 марта по 23 апреля 2018 г. был выполнен весенний этап полевых работ по отбору проб объектов природной среды для химико-аналитических и других лабораторных исследований. Полевой отряд Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун» состоял из 4-х человек:

- Бажуков К.А. - начальник экологического отряда;
- Рыбалко И.А. - инженер-гидролог;
- Лисицын Л.А. - инженер-химик;
- Жувикина Е.Г. - инженер-химик.

Работы проводились на 14 наземных и 2 водных точках геоэкологического опробования в районе пос. Баренцбург, район оз. Биенда-Стемме, на которых произведены:

Отбор проб (образцов) для определения содержания загрязняющих веществ: 14 проб снежного покрова; 2 пробы озерной воды; 42 фильтра для определения содержания твердых частиц в снежном покрове; 6 фильтров для определения содержания водных взвесей в озерной воде; 9 проб атмосферного аэрозоля на фильтрах АФА.

Полевые гидрохимические наблюдения включали:

- определение растворенного кислорода в озерной воде (2 записи);
- определение электропроводности озерной воды (2 записи);
- определение рН озерной воды (2 записи);
- определение Т воды озерной воды (2 записи).

Метеорологические наблюдения включали:

- измерения направления и скорости ветра (15 записей);
- измерения температуры воздуха (15 записей);
- измерения атмосферного давления (15 записей);
- определения количества и формы облачности, видимости (15 записей).

Всего за время проведения экспедиции в лаборатории РНЦШ было проанализировано следующее количество проб:

- Измерение рН и электропроводности – 16: 2 пробы озерной воды, 14 проб талого снега;
- Определение общей щелочности – 2: 2 пробы озерной воды;
- Определение ХПК и БПК₅ (расчётные величины) – 4: 2 пробы озерной воды;
- Определение содержания общего углерода и общего азота – 16: 2 пробы озерной воды, 14 проб талого снега;
- Определение содержания общего кремния – 16: 2 пробы озерной воды, 14 проб талого снега;
- Определение содержания компонентов минерального состава – 168: 2 пробы озерной воды, 14 проб талого снега;
- Определение содержания нефтяных углеводородов (НУ) – 32: 2 пробы озерной воды, 14 проб талого снега;
- Определение содержания анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ) – 16: 2 пробы озерной воды, 14 проб талого снега;
- Определение содержания ртути – 16: 2 пробы озерной воды, 14 проб талого снега;
- Определение содержания 16 приоритетных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) – 256: 2 пробы озерной воды, 14 проб талого снега;
- Определение содержания фенола – 16: 2 пробы озерной воды, 14 проб талого снега;
- Определение содержания хлорорганических соединений (ХОС), включая полихлорбифенилы (ПХБ) – 16: 2 пробы озерной воды, 14 проб талого снега;
- Определение содержания тяжёлых металлов (ТМ) – 160: 2 пробы озерной воды, 14 проб талого снега;

Для дальнейшей транспортировки и анализа в лаборатории Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун» были подготовлены фильтры на содержание твердых частиц в снежном покрове, водные взвеси проб: озёрные (мембранные фильтры с размером пор 0,45 мкм), полученные в результате фильтрации 1 дм³ пробы для каждого фильтра, были высушены и упакованы, воздушные фильтры на определение содержания ХОС, ПАУ, ТМ.

Летне-осенние полевые работы

Полевой отряд Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун» в составе Экспедиции «Шпицберген-2018» ФГБУ «ААНИИ» состоял из 4-х человек:

- Бажуков К.А. - начальник полевого отряда;
- Сторожилова А.В. - эколог;
- Яески Е.А. - инженер-химик;
- Вежливцева Т.А. - инженер-химик.

Полевые работы проведены на 28 наземных и 19 водных точках геоэкологического опробования в районе пос. Баренцбург, пос. Пирамида, акватории заливов Биллефьорд и Гренфьорд, районе оз. Биенда-Стемме.

Во время полевых 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 О₂ в озерной, речной и морской воде (21 запись);
- определение электропроводности в морской воде (16 записей);
- определение рН 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).

Всего за время проведения экспедиции в лаборатории РНЦШ было проанализировано следующее количество проб:

- Подготовка фильтров для измерения содержания ТМ, ХОС и ПАУ в водных взвесах – 54: 17 образцов;
- Измерение рН – 41: 4 пробы поверхностной воды, 26 проб морской воды, 8 проб почвенной воды, 3 пробы сточной воды;
- Измерение электропроводности – 26: 26 проб морской воды;
- Измерение содержания растворённого кислорода – 30: 4 пробы поверхностной воды, 26 проб морской воды;
- Измерение солёности – 3: 3 образца сточной воды;
- Определение щёлочности (расчёт) – 41: 4 пробы поверхностной воды, 26 проб морской воды, 8 проб почвенной воды, 3 пробы сточной воды;

- Определение БПК₅ (расчёт) – 38: 4 пробы поверхностной воды, 26 проб морской воды, 8 проб почвенной воды;
- Определение ХПК (расчёт) – 38: 4 пробы поверхностной воды, 26 проб морской воды, 8 проб почвенной воды;
- Измерение содержания кремния силикатного – 38: 4 пробы поверхностной воды, 26 проб морской воды, 8 проб почвенной воды;
- Измерение содержания основных ионов – 64: 4 пробы поверхностной воды, 8 проб почвенной воды;
- Измерение содержания азота общего – 41: 4 пробы поверхностной воды, 26 проб морской воды, 8 проб почвенной воды, 3 пробы сточной воды;
- Измерение содержания фосфора общего – 41: 4 пробы поверхностной воды, 26 проб
- Измерение содержания металлов (железо, марганец, хром, кобальт, цинк, медь, кадмий, свинец) – 678: 4 пробы поверхностной воды, 8 проб почвенной воды, 13 проб донных отложений, 50 проб почв, 40 проб растительности;
- Измерение содержания ртути – 144: 4 пробы поверхностной воды, 26 проб морской воды, 8 проб почвенной воды, 3 пробы сточной воды, 13 проб донных отложений, 50 проб почв, 40 проб растительности;
- Измерение содержания АПАВ – 38: 4 пробы поверхностной воды, 26 проб морской воды, 8 проб почвенной воды;
- Определение содержания нефтепродуктов – 104: 4 пробы поверхностной воды, 26 проб морской воды, 8 проб почвенной воды, 3 пробы сточной воды, 13 проб донных отложений, 50 проб почвы;
- Измерение содержания летучих ароматических углеводородов (бензола, толуола, оксилола, м-ксилола, п-ксилола) – 325: 4 пробы поверхностной воды, 8 проб почвенной воды, 3 пробы сточной воды, 50 проб почвы.

В лаборатории РНЦШ не выполнены следующие виды анализа отобранных проб:

- Измерение содержания неполярных алифатических углеводородов (в лаборатории не используется соответствующая методика выполнения измерений);
- Измерение содержания фенолов (недостаточно персонала для выполнения данной методики);
- Измерение содержания ТМ в пробах морской воды и других пробах воды с высоким содержанием солей;
- Измерение содержания сульфид-, гидросульфид-ионов и сероводорода (лаборатория не располагает оборудованием и реактивами для такого анализа);
- Измерение содержания азота аммонийного, азота нитритного и азота нитратного в пробах морской воды (в лаборатории не используется соответствующая методика выполнения измерений);
- Измерение содержания железа, марганца, никеля, хрома и мышьяка в пробах воды. Измерение содержания никеля, кадмия, свинца и мышьяка в пробах почв, донных отложений и растительности;
- Измерение содержания АПАВ в пробах донных отложений (согласно норвежским законам, лаборатория не применяет этанол, необходимый для данного вида анализа);
- Определение гранулометрического состава в пробах донных отложений (лаборатория не располагает оборудованием для такого анализа);
- Измерение содержания ТМ, ХОС и ПАУ в водных взвешях.

Исследования проб компонентов природной среды, которые невозможно выполнить в РНЦШ, планируется выполнить в лаборатории Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун». Для проведения необходимых исследований, подготовленные к анализу образцы, доставлены в лабораторию Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун» в г. Санкт-Петербург.

Заключение

В результате полевых работ по мониторингу загрязнения окружающей среды, проведенных в рамках реализации Мероприятия 13 «Фоновый и локальный экологический мониторинг в районах хозяйственной деятельности российских предприятий на архипелаге Шпицберген» межведомственной программы РНЦШ, полевым отрядом Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун» были произведены:

- Отбор проб объектов окружающей природной среды, гидрометеорологические и гидрохимические исследования на точках геоэкологического опробования в районе пос. Баренцбург;
- Частичный химический анализ отобранных проб в лаборатории РНЦШ «Баренцбург»;
- Доставка непроанализированных проб в лабораторию Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун».

В настоящее время ведутся химико-аналитические исследования проб, поступивших в лабораторию Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун». По окончании лабораторных исследований полученные данные будут обобщены и представлены в аналитическом обзоре о состоянии природной среды в районе деятельности российских предприятий на архипелаге Шпицберген.

Мероприятия Роснедр

ФГБУ «ВНИИОкеангеология», АО «ПМГРЭ»

Мероприятие 14. Региональные геолого-геофизические исследования с целью изучения геологического строения и минерально-сырьевого потенциала территории архипелага Шпицберген

Исследования проходили в рамках научно-технической программы «Геологическое доизучение и оценка минерально-сырьевого потенциала недр архипелага Шпицберген (центральная часть Земли Норденшельда)». Заказчик – ФГБУ «ВНИИОкеангеология», исполнитель – АО ПМГРЭ.

Конечная цель исследований включает составление комплекта карт, схем и разрезов геологического содержания центральной части Земли Норденшельда (архипелаг Шпицберген); оценка минерально-сырьевого потенциала изученных районов архипелага Шпицберген; геоэкологическая характеристика территории. В 2018 году в основные задачи входили:

1. Полевые работы с проведением маршрутов и составлением разрезов с полевых баз в районах Ван-Майен-фьорд, Колсбей, а также с базы ПМГРЭ в Баренцбурге;
2. Составление комплекта карт геологического содержания масштаба 1:100 000;
3. Выявление и оценка проявлений полезных ископаемых.

Работы на архипелаге Шпицберген проводились полевой партией ПМГРЭ в период с 26 июня по 6 сентября 2018 года. Всего в работах приняли участие 8 человек (6 – сотрудники ПМГРЭ, 2 – сотрудники ВНИИОкеангеология):

- 6 июля–15 августа группа из 3 геологов работала в районе северного побережья Бельсунда и Ван-Майен-фьорда;
- 10 июля–31 июля группа из 4 специалистов работала в районе Колсбея;
- 1–27 августа силами всей партии проводились маршрутные работы в районе Баренцбурга (долины Грёндален, Холлендердален, Грёнфьорддален).

Основными объектами исследований являлись рифейско-вендские метавулканоогенно-осадочные комплексы северного побережья залива Бельсунд; палеогеновый комплекс центральной части Земли Норденшельда; комплекс четвертичных отложений этого же района; геоморфологические, палеогеографические и геоэкологические исследования на указанной площади; проявления горючих и негорючих полезных ископаемых.

Исследования проводились маршрутным методом, маршруты сопровождалось комплексом опробования (геохимическое, минералогическое, шлиховое, макро- и микропалеонтологические, на абсолютный возраст). Кроме этого, проводились работы по составлению разрезов четвертичных отложений, которые также сопровождалось опробованием.

Основные результаты исследований, полученные по полевым экспедиционным работам в 2018 году:

1. Составлена предварительная геологическая карта с пунктами проявлений полезных ископаемых масштаба 1:100 000 центральной части Земли Норденшельда (включая районы российских рудников Баренцбург и Грумант);
2. Составлена предварительная геоморфологическая карта масштаба 1:100 000 центральной части Земли Норденшельда (включая районы российских рудников Баренцбург и Грумант);
3. Составлена предварительная карта четвертичных отложений масштаба 1:100 000 центральной части Земли Норденшельда (включая районы российских рудников Баренцбург и Грумант);

4. Получены материалы по уточнению стратиграфических схем, возраста, генезиса и степени метаморфизма отложений различных комплексов; изучению основных процессов рельефообразования и составлению схем палеогеографических реконструкций; геоэкологической характеристике изученной площади;

5. Выявлены и изучены ряд проявлений полезных ископаемых.

В качестве предварительных научных выводов по результатам полевых исследований 2018 года надо отметить:

– Наличие среднерифейских метавулканогенно-осадочных отложений в районе северного побережья залива Бельсунд, уровень регионального метаморфизма зеленосланцевый.

– Широкое развитие раннеголоценовых отложений; уровень раннеголоценовых террас 65-70 м.

– В долине Колесдален был обнаружен и описан мощный торфяник среднеголоценового возраста. Это позволяет сделать вывод, что в течение среднего голоцена в крупных долинах существовали заболоченные участки с условиями, благоприятными для процессов торфообразования.

– В разрезах четвертичных террас выявлены поздненеоплейстоценовые ледниково-морские отложения, перекрытые на большей части площади образованиями голоценового возраста.

– Основными процессами рельефообразования в районе исследования являются эрозия, солифлюкция и активная протайка мерзлоты, увеличивающая мощность деятельного слоя и уничтожающая криогенные формы рельефа. Данные материалы позволят актуализировать геоморфологическую карту.

Специалистами Шпицбергенской партии АО «ПМГРЭ» в период январь-сентябрь 2018 года опубликованы 2 (две) статьи по Шпицбергенской тематике в реферируемых изданиях. Сотрудники ПМГРЭ также приняли участие в международной конференции-семинаре, организованной UNIS и проходившей в пос. Лонгиербюен с 24 по 26 сентября 2018 года, и посвященной созданию единого геологического и геофизического архива арх. Шпицберген.

Специалисты АО «ПМГРЭ», руководившие полевыми работами:

Милославский М.Ю., начальник партии, m.miloslavskiy@mail.ru

Сироткин А.Н., главный геолог, rechenga-67@yandex.ru

Окунев А.С., начальник полевого отряда, geoalex26@gmail.com

Мероприятия организаций ФАНО

ФГБУН Институт географии Российской академии наук (ИГ РАН)

В июле-сентябре 2018 г. на архипелаге Шпицберген сотрудниками Шпицбергенской экспедиции Института географии Российской академии наук выполнялись исследования по госзаданию № 0148-2017-0005 «Исследование изменчивости природных и антропогенных ландшафтов архипелага Шпицберген в условиях современного климата». Эти работы включали из следующие разделы:

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

В полевых работах приняли участие 9 сотрудников, включая 6 молодых ученых, районы работ показаны на рис. 15.1. К концу 2018 г. ожидается публикация 5 статей. В рамках госзадания № 0148-2017-0005 запланированные работы выполнены полностью. Весенние работы по первому разделу в рамках гранта РФФИ-Брикс не получили логистической поддержки и не состоялись. Финансирование на выполнение работ было получено Институтом только летом, что существенно усложнило выполнение исследований, особенно с учетом того, что расходование этих средств возможно только в рамках 44-ФЗ.

Мероприятие 15. Комплексные гляциологические исследования на архипелаге Шпицберген

Основная цель работ в исследовании изменения криосферы Западной Арктики в условиях современного климата. Для этого проводились измерения величины абляции на ледниках Земли Норденшельда (Западный Шпицберген). Работы в рамках проекта РФФИ-БРИКС 17-55-80107 по исследованию механизмов изменения термического состояния Арктических ледников в условиях современного климата, которые планировались на весну 2018 г. были не выполнены, так как не удалось обеспечить логистическую поддержку работ на леднике.

В рамках договора о сотрудничестве ИГ РАН с Шанхайским университетом с 17 июля по 10 августа 2018 г. (4 китайских профессора, 4 студента и снс ИГ РАН Б.Р. Мавлюдов). С целью изучения химического состава ледниковых вод и атмосферных осадков обследовались языки ледников: Альдегонда, Западный Гренфьорд, Тавле, а также в центральной части острова языка ледника Ван Постен.



Рисунок 15.1 – Районы работ Института географии РАН в 2018 г.

Мероприятие 16. Исследование изменчивости природных и антропогенных ландшафтов архипелага Шпицберген в условиях современного климата

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

Цель работы оценить 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., мнс Карпова Ю.В; в полевых работах принимали участие: нс кбн Шишков В.А., мнс Карпова Ю.В. Полевые исследования проводились с конца июля по середину августа в 2018 г.

В настоящее время роль антропогенных факторов для криогенных экосистем оценивается, как все более сопоставимая с климатическим вкладом за тот же период наблюдений (Карелин и др., 2016, 2017). Это связано с тем, что их взаимодействие с климатом основано на устойчивых положительных обратных связях через баланс выбросов и поглощения CO₂, метана и оксидов азота. При этом, остается неясным относительное значение для C-баланса конкретных видов антропогенных воздействий, не связанных с промышленными выбросами парниковых газов в результате сжигания ископаемого топлива. В частности, это сельтба (промышленные и жилые постройки), добыча природных ископаемых, антропогенные пожары, выпас и земледелие, разные формы вытаптывания, дороги, давление на грунт транспорта, химические воздействия и проч. Изучить их влияние на C-баланс можно на местных, небольших по площади ключевых экосистемах, которые входят в состав зональных, через сравнение итоговых эффектов различных антропогенных воздействий за известные предшествующие измерению периоды по сравнению с природными, не измененными человеком участками зональных сообществ в качестве контрольных. Среди зональных экосистем, такого рода данные по арктической тундре в литературе наиболее редки (Карелин и др., 2016).

В исследованиях 2018 г. на архипелаге Шпицберген продолжены и обобщены данные ежегодных наблюдений (с 2014 г.) за почвенной эмиссией углекислого газа, а также ряд релевантных данных, в зоне арктической тундры на территории архипелага Шпицберген. Также были добавлены дополнительные точки измерения эмиссии.

В качестве постоянных участков для наблюдений за потоками CO₂ и других биогенных парниковых газов были выбраны следующие: 1) различные варианты (гидроморфные и автоморфные) полигональной кустарничково-моховой арктической тундры с доминированием по трещинам *Dryas octopetala* L., *Cassiope tetragona* L., *Salix polaris* L., а также мхами вокруг полигонов, покрытых водорослевыми и циано-бактериальными пленками. Иногда такие тундры называют пятнистыми (медальонными), в случае выраженности пятен открытого грунта в центре полигонов. Такие тундры представляют собой начальные стадии зарастания пятен мерзлотного пучения, что относится и к нашему случаю. Этот участок использовался в качестве основного контроля при сравнении с антропогенно-измененными территориями. 2) орнитогенный арктический луг в районе птичьего базара с нитрофильной растительностью на хорошо дренированном склоне юго-западной ориентации, 3) различные варианты антропогенно-измененных территорий: угольные отвалы разного возраста и степени зарастания, сельтба, грунтовые дороги с разным уровнем нагрузки. Всего оценено 22 таких выдела.

Измерения потоков CO₂ с поверхности почвы (почвенной эмиссии) проводили прямоточным методом закрытых камер с помощью портативных инфракрасных CO₂-газоанализаторов со встроенной помпой, выполненных на основе датчиков AZ 7752 или AZ 77532 (Temp-CO₂) (КНР, Тайвань), а также высокоточным полевым анализатором CO₂ и паров воды Li-6400 ХТ (США, Небраска, LiCor Corp.). Для проведения замеров почвенной эмиссии парниковых газов на каждом изучаемом объекте в почву (грунт) вкапывалось по 5-10 цилиндрических ПВХ-оснований, объемом около 2 л, на расстоянии от 3 до 10 метров друг от друга. Основания устанавливались на глубину 2-3 см за 2 ч до начала измерений, после чего проводился замер эмиссии CO₂ в течении 3 мин на каждом из оснований.

В качестве дополнительных параметров оценивались температуры воздуха и почвы на глубине 1 и 5 см, объемная влажность почвы в слое 0-6 см, 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, рН и C:N состав. Всего было отобрано 96 таких монолитов.

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).

Также были проведены исследования по оценке чистого потока углерода ($C-CO_2$), 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 $40 \times 40 \times 40$ см. Интенсивность солнечной радиации (в микроэйнштейниях в секунду) определяли с помощью переносного датчика ФАР и логгера. 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 $C-CO_2$, а в темноте – валового дыхания. Валовую первичную продукцию оценивали по их разнице.

В 2018 году впервые были проведены наблюдения по эмиссии CO_2 криоконитового материала (рис.16.1)

непосредственно на леднике (ледник Альдегонда). Было отобрано 17 образцов криоконитового материала с поверхности ледника Альдегонда в разноудалённых от бортов и края зонах. Для расчета площадей антропогенного воздействия на площадках наблюдения была проведена съемка местности с применением беспилотного летательного аппарата.

Полевые наблюдения, полученные на опытных участках в районе пос. Баренцбург (Зап. Шпицберген), впервые позволили проследить 5-ти летнюю (2014-2018 гг.) динамику изменений почвенной эмиссии CO_2 в наблюдаемых антропогенно-измененных (АИ) и контрольных (фоновых) экотопах арктической тундры (рис. 16.2). Среди обследованных АИ экотопов, наименьшие уровни эмиссии демонстрирует группа старых грунтовых дорог разного возраста, наибольшие – участки селитьбы и угольные отвалы. Среди незатронутых антропогенной активностью участков наибольшие уровни отмечены в орнитогенных нитрофильных сообществах.



Рисунок 16.1 – Измерение эмиссии на леднике Альдегонда

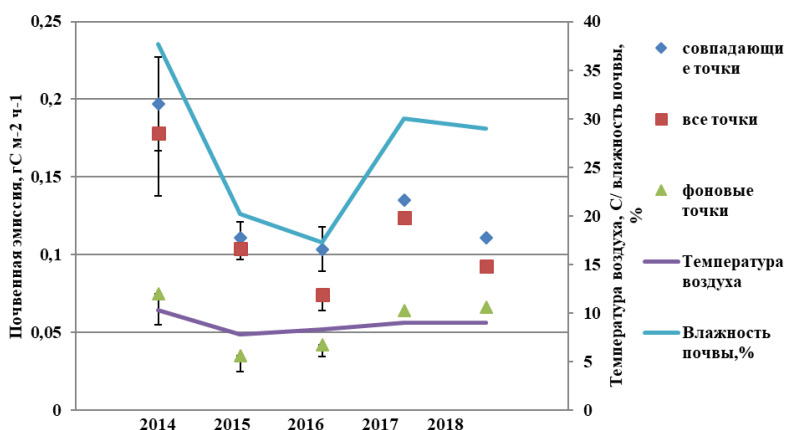


Рисунок 16.2 – Изменения уровней почвенной эмиссии за 2014-2018 гг. в антропогенно-измененных и фоновых экотопах на участках наблюдений на о. Зап. Шпицберген. Приведены средние потоки и их стандартные ошибки. Под совпадающими подразумеваются точки (экотопы) с антропогенным влиянием, потоки почвенного дыхания в которых оценивались все годы наблюдений

Результаты работ опубликованы в статье D. V. Karelin, S. V. Goryachkin, D. G. Zamolodchikov, A. V. Dolgikh, E. P. Zazovskaya, V. A. Shishkov, G. N. Kraev Human footprints on greenhouse gas fluxes in cryogenic ecosystems. Dokl. Earth Sc. (2017) 477: 1467. <https://doi.org/10.1134/S1028334X17120133>

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

Цель работ – исследование механизмов сезонной изменчивости теплофизических параметров снежного и мохового покрова и влияние этой изменчивости на устойчивость многолетней мерзлоты на архипелаге. Исполнители Осокин Н.И., внс, дгн Сосновский А.В., н.с., кгн Чернов Р.А., мнс Муравьев А.В., мнс Кузнецова В.В. аспирант Елагина Е.И., в проведении полевых работ участвовали Осокин Н.И. (руководитель экспедиции), н.с., кгн Чернов Р.А., мнс Муравьев А.В., мнс Кузнецова В.В. аспирант Елагина Е.И.

В 2018 г. были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать влияния облачности, осадков и влажности мха на термический режим сезонно-талого слоя грунта на основе натуральных измерений и экспериментальных работ.
2. Оценить пространственную изменчивость сезонного протаивания и динамику температурного режима грунта на криосферном полигоне на разной высоте над уровнем моря (г. Улаф) для оценки условий деградации многолетней мерзлоты на архипелаге Шпицберген.
3. Исследовать режим протаивания грунта под снежниками.

Для исследования влияния изменчивости облачности, осадков и влажности мха на термический режим сезонно-талого слоя грунта был собран комплекс из термохрон, температурных датчиков НОВО и датчика солнечной радиации НОВО (рис.16.3). Проводилось измерение термохронами под мхом на глубинах 0, 5, 10, 15 см, температурными датчиками НОВО на высоте 2 см от мха, 2 см от почвы во мху, на 50 см и радиационный датчик на 50 см. Полученные данные обрабатываются.



Рисунок 16.3 – Измерительный комплекс для оценки термического режима сезонно-талого слоя

Данные годового хода температуры в грунте на глубинах от 0 до 70 см на разных абсолютных высотах с июля 2017 г. по июль 2018 г. в настоящее время также обрабатываются.

Измерение пространственной изменчивости сезонного протаивания проводилось на склоне горы Улаф – от метеостанции до вершины – в 7 точках на высотах от 70 до 500 м (рис. 16.4). Распределение температур практически линейно во всех скважинах, несмотря на различную глубину СТС и влажность грунта (на площадке 3 в скважине на глубине около 40 см стоит вода). На всех площадка поверхность грунта

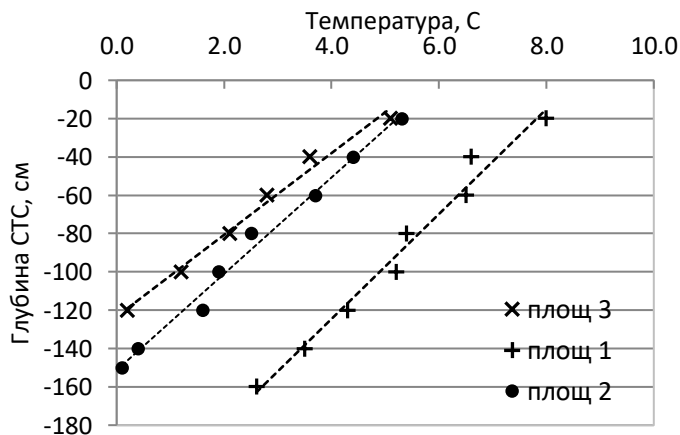


Рисунок 16.4 – Распределение температуры СТС на нижних площадках № 1, 2, 3 на горе Улаф. Высота над уровнем моря 70, 115, 170 м соответственно

закрыта сплошным растительным покровом из мха, толщиной 2-2,5 см. Линейное распределение температуры указывает на равные значения теплового потока, направленного от поверхности к кровле мерзлоты.

В результате работ получен большой массив данных для оценки влияния облачности, осадков и влажности мха на термический режим сезонно-талого слоя грунта и для оценки пространственной изменчивости сезонного протаивания и динамики температурного режима грунта на криосферном полигоне на разной высоте над уровнем моря (г. Улаф) для оценки условий деградации многолетней мерзлоты на архипелаге Шпицберген.

Опубликованы статьи:

Осокин Н.И., Зазовская Э.П., Сосновский А.В. Исследование изменчивости природных и антропогенных ландшафтов архипелага Шпицберген в условиях современного климата. / В сб. Экспедиционные исследования на научно-исследовательских судах ФАНО России и архипелаге Шпицберген в 2017 г. [Электронный ресурс]: тезисы конференции «Итоги экспедиционных исследований на научных судах ФАНО России» (г. Москва, 21–22 февраля 2018 г.) / ФАНО России. – Севастополь: ФГБУН МГИ, 2018. с.38-42.

Котляков В. М., Сосновский А. В., Осокин Н. И. Оценка коэффициента теплопроводности снега по его плотности и твёрдости на Западном Шпицбергене // *Лед и снег*. — 2018. — Т. 58, № 3. — С. 343–352.

Измерение величины абляции на ледниках Земли Норденшельда (Западный Шпицберген)

Масс-балансовые наблюдения на леднике Восточный Гренфьорд и дендрохронологические работы в районе пос. Баренцбург, долине Грендален и Колсбей велись с 14 августа по 2 сентября 2018 г. сотрудниками ИГ РАН – старший группы – нс, кгн Р.А. Чернов и молодые научные сотрудники – мнс А. Муравьев, В. Кузнецова и аспирантка Н. Елагина.

Наблюдения на ледниках продолжались с 5 по 27 сентября. Измерялись величины летней абляции по рейкам на ледниках: Гренфьорд Западный, Гренфьорд Восточный, Альдегонда, Тавле, Вёринг. Привязывались при помощи GPS приемника активные ледниковые колодцы (мельницы) ледников: Альдегонда, Фритьоф, Эсмарка. Изучалось строение элементов внутренней дренажной сети ледников: Западный Гренфьорд, Альдегонда, Брюде.

Для разработки физико-математической модели баланса массы ледников проводились наблюдения за массой и балансом ледника Восточный Гренфьорд (рис. 16.5):

- Проверена работоспособность метеостанции, установленной на морене ниже края ледника, метеоданные получены.
- Измерена величина абляции льда по рейкам. Упавшие рейки были перебурены.
- Проведены измерения альbedo поверхности ледника.
- Проведена визуальная оценка снежного остатка в верховье ледника и измерены толщина снега в районе рейки 12 (зона питания до 2014 года).
- Выполнены отдельные измерения величины расхода воды в реке, стекающей с ледника.
- Определена величина отступления края ледника за минувший год.
- Измерены температуры воздуха на различных высотных уровнях с помощью автоматических датчиков температуры iButton.

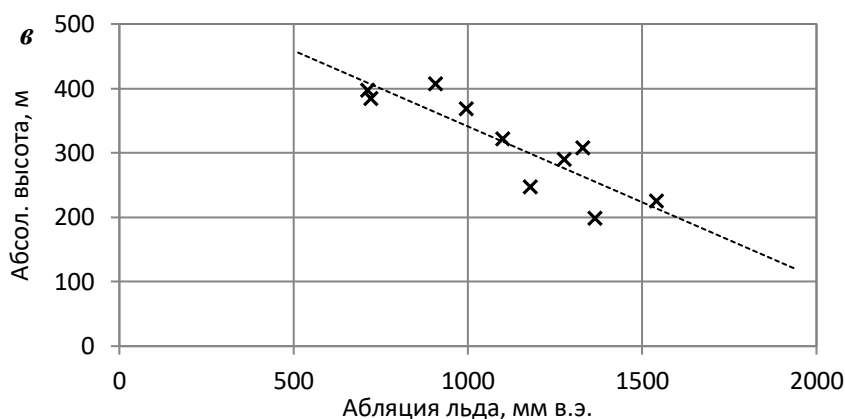
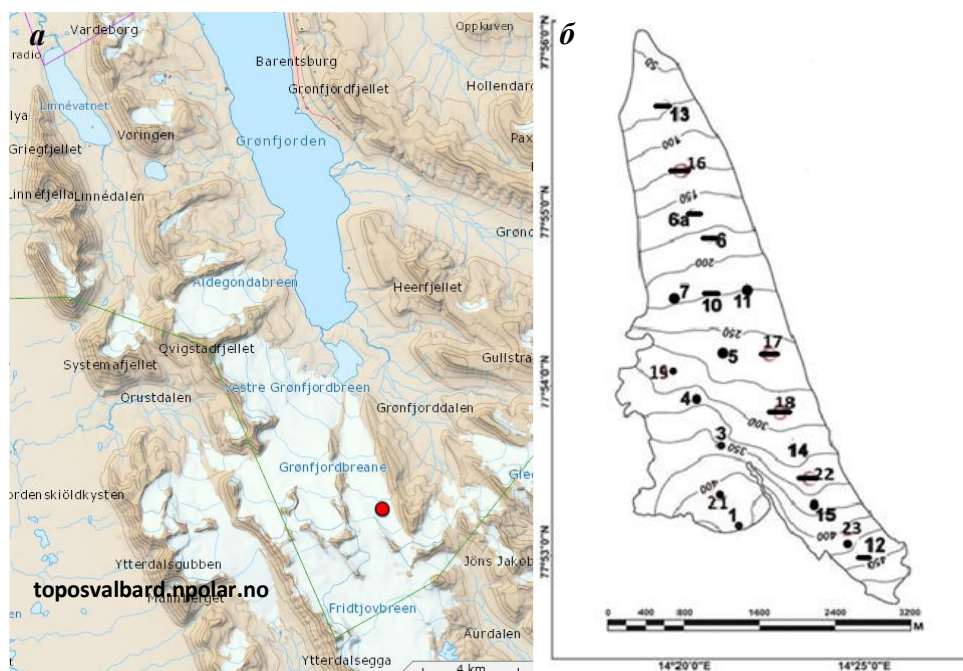


Рисунок 16.5 – (а) ледник Восточный Гренфьорд, (б) схема расположения рек на леднике на 21.08.2018: точки – оставшиеся рейки на леднике, забуренные в августе 2017 г., прочерк – упавшие рейки (отсчет потерян) и (в) величина таяния за период с 10 сентября 2017 по 23 августа 2018 г.

В результате дендрохронологических работ на арх. Шпицберген получено 89 дендрохронологических образцов древесины разного типа и происхождения (рис. 16.6).

Результаты работ следующие:

1. Выполнены масс-балансовые наблюдения на леднике Восточный Гренфьорд.
2. Забурены новые абляционные рейки, вместо вытаявших старых. На леднике с прошлого года осталось 10 рек, 10 рек вытаяло раньше (до 21 августа).
3. Получены данные автоматической метеостанции, расположенной у края ледника, и данные логгеров температуры над поверхностью ледника.
4. Проведены измерения альбедо поверхности ледника Восточный Гренфьорд совместно с сотрудниками ААНИИ.
5. Дендрохронологический материал, собранный во время экспедиции, представляет особенный научный интерес с точки зрения создания плавающих дендрошкал, а также, их абсолютного датирования и использования в целях реконструкции климатических условий прошлых столетий.
6. Все ледники на Земле Норденшельда, обследованные в течение полевого сезона, находятся в стадии деградации. Отмечено только недавнее наступание языка ледника

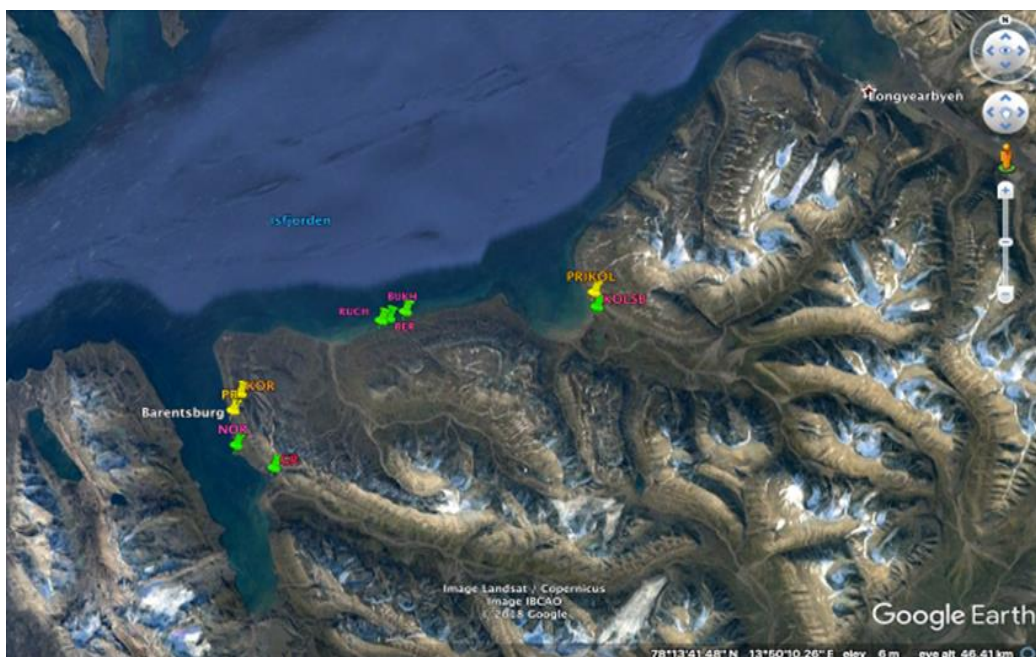


Рисунок 15.3 – Схема расположения площадок отбора дендрохронологических образцов. Зеленым цветом обозначены образцы «плавника», желтым – историческая древесина (деревянные конструкции)

Эсмарка, что мы связываем с понижением высоты границы питания в 2006 г. Высота снеговой линии на ледниках в районе Баренцбурга располагалась на высоте около 510 м. Следует отметить, что высота снеговой линии в течение последних лет (с 2006 г.) почти не претерпела изменений. Баланс массы всех небольших ледников был отрицательный, а у ледника Эсмарк, скорее всего – положительный (так как в верхней зоне ледника продолжалось накопления снега и льда).

7. Обследование элементов внутреннего дренажа (ледниковых пещер) на некоторых ледниках (Брюде и Альдегонда) показали приуроченность каналов к ложу ледника (Альдегонда), в то время как на краю ледника Брюде каналы были внутриледными (врезались с поверхности). Ледниковые колодцы на леднике Альдегонда по-прежнему существуют (№1А и №2), колодец №3 полностью залит водой, а колодец №1 не вскрылся). Все это говорит о том, что внутренние дренажные системы ледников постоянно перестраиваются: одни части отмирают, а другие – появляются.

По исследованиям на арх. Шпицберген опубликованы работы:

Лаврентьев, И. И., Кутузов С. С., Глазовский А. Ф., Мачерет, Ю. Я., Осокин Н. И., Сосновский А. В., Чернов Р. А., Черняков, Г. А. Толщина снежного покрова на леднике Восточный Грэнфьорд (Шпицберген) по данным радарных измерений и стандартных снегомерных съёмок. Лед и снег 58, 1 (2018), 5–20.

Мавлюдов Б.Р., Кудиков А.В. Изменение ледника Альдегонда с начала 20 века // Вестник Кольского научного центра. 2018. № 3. (0,3 п.л.). (сдано в печать)

В целом, работы 2018 г. по госзаданию № 0148-2017-0005 «Исследование изменчивости природных и антропогенных ландшафтов архипелага Шпицберген в условиях современного климата» выполнены в полном объеме.

ФГБУН Кольский научный центр Российской академии наук (КНЦ РАН)

Мероприятие 17. Изучение медико-биологических эффектов высокоширотного экстремального воздействия геокосмических агентов на организм человека в условиях арх. Шпицберген

Исследование выполняется в рамках темы НИР 0226-2016-0013 «Изучение медико-биологических эффектов высокоширотного экстремального воздействия геокосмических агентов на организм человека в условиях арх. Шпицберген» № гос. Регистрации ААААА17-117122020056-9, что соответствует целям «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года», «Стратегии российского присутствия на архипелаге Шпицберген до 2020 года», способствует достижению стратегических целей, приоритетов устойчивого развития и обеспечения национальной безопасности.

Цель исследований 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 для профилактики заболеваний и коррекции состояния организма с применением новых здоровье-сберегающих технологий, создания и подключения терминала «Шпицберген» к глобальной телемедицинской сети. В задачи входит:

- Развитие инфраструктуры создаваемого Российского научного центра на архипелаге Шпицберген, дооснащение медико-биологической станции для мониторинга психического и физиологического состояния жителей российских населенных пунктов на арх. Шпицберген;
- Создание терминала для внедрения методов телемедицины в российских поселках на архипелаге Шпицберген;
- Мониторинг психо-физиологического состояния организма человека с применением методов неинвазивной диагностики и психо-эмоционального тестирования. Проведение исследований с использованием кардио-комплекса телемедицины;
- Обследование детского и взрослого населения пос. Баренцбург на основе отбора биологических сред с дальнейшей оценкой неспецифической иммунорезистенции;
- Апробация методов профилактики и коррекции психофизиологического состояния с применением технологий, основанных на биологической обратной связи;
- Проведение консультативной помощи населению по хроническому болевому синдрому (ХБС), апробация методов профилактики и коррекции психофизиологического состояния с применением здоровье сберегающих технологий.

Исследования волонтеров – жителей поселка Баренцбург и научных сотрудников, находящихся в пос. Баренцбург, проходило с 30 июля по 19 августа 2018 г. Всего обследовано 43 человека, проведено 308 измерений каждого из 45 параметров, характеризующих вариабельность сердечного ритма (BCP), 308 электрофизиологических измерений (ЭЭГ); 154 измерения каждого из 4-х показателей гемодинамики; 924 измерения каждого из 10 показателей ГРВ (газоразрядная визуализация); 616 измерений показателей пульсоксметрии; 143 измерений каждого из 4-х показателей, используемых для биологической обратной связи (БОС-регуляции); 308 измерений цветовых предпочтений, определяемых методом Люшера; 158 измерений каждого из 5-ти показателей, характеризующих психоэмоциональное состояние, 158 измерений времени свертывания крови, а также приготовление более двухсот препаратов для оценки неспецифической иммунорезистентности.

При обследовании волонтеров использовались следующие методы:

1. Оценка состояния сердечно-сосудистой системы была проведена с применением приборно-аппаратурного комплекса «ОМЕГА-М» для оценки вариабельности сердечного ритма (BCP). Были использованы следующие показатели: SDNN (ms) – среднее 5-ти минутных стандартных отклонений всех RR-интервалов; SDANN(ms)- среднеквадратичное отклонение, вычисленное на базе интервалов RR, усредненных за 5 минут записи; RMSSD (ms) – квадратный корень из средней суммы квадратов разностей последовательных RR-интервалов (среднеквадратичное отклонение межинтервальных различий) и др; спектральные показатели BCP по следующим частотным диапазонам: очень низкие частоты (VLF) – 0,0033-0,04 Гц, низкие частоты (LF) – 0,04-0,15 Гц, высокие частоты (HF) – 0,15-0,4 Гц (ms^2), общий спектр мощности (TP, ms^2), значение мощности низкочастотного и высокочастотного компонентов спектра, выраженные в нормализованных единицах (LF, μ , HF, μ), баланс между симпатическими и парасимпатическими влияниями на BCP (LF/HF), а также индикаторы психофизиологического состояния организма использовали уровень адаптации (А), показателей вегетативной (В), центральной (С) регуляции, психоэмоциональное состояние (D), интегральный показатель состояния организма (ИП). Кроме того, был использован кардиокомплекс КФС-01.001 «КАРДИОМЕТР-МТ». Съём кардиограммы проводили по 12 отведениям в положении лежа, путем наложения 6 грудных электродов и 4 на верхние и нижние конечности.

2. Электрофизиологические исследования проводились на основе регистрации ЭЭГ/ВП с помощью компьютерного электроэнцефалографа «Энцефалан-131-03» (НПКФ «Медиком» МТД, Россия), в 8-ми отведениях при фоновом состоянии и после физиологической стимуляции (форсированного дыхания).

3. Комплексная оценка психофизиологического состояния и апробация коррекции психоэмоционального состояния проводилась с применением комплекса РЕАКОР на базе электроэнцефалографа с биологической обратной связью (БОС). В качестве фоновых показателей были использованы параметры физиологических сигналов: частоты сердечных сокращений (ЧСС)- полный спектр мощности (Total), кожно-гальваническая реакция (КГР), температура пальца руки, сигналы фотоплетизмограммы (ФПГ).

4. Психофизиологическое состояние организма оценивали на основе опросников САН (самочувствие, активность, настроение), Спилбергера-Ханина, отражающего степень ситуативной и личностной тревожности, цветового теста Люшера. Цветовой тест Люшера используется для оценки психоэмоционального состояния и уровня нервно-психической устойчивости; выявления внутриличностных конфликтов у лиц, склонных к депрессивным состояниям и аффективным реакциям. 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. В наших исследованиях были использованы численные показатели цветовых предпочтений: суммарное отклонение от аутогенной нормы (СО) и вегетативный коэффициент (ВК).

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. Качество и интенсивность свечения пальцев отражает как уровень адаптационного ресурса, так и динамические показатели функционального состояния организма. ГРВ-диагностика состояния организма проводилась с использованием импульсного анализатора «ГРВ-компакт» ЕЮУИ 941 0204 00 00ТУ, серийный выпуск, ООО «Биотехпрогресс», сертификат соответствия N РООС RU.МН05.Н00725, N 0490215 в режимах регистрации ГРВ-грамм: съемка ГР-грамм пальцев рук без фильтра и с фильтром.

5. Оценка состояния неспецифической иммунорезистенции включала анализы периферической венозной крови, взятой из пальца, а также мазки из носоглотки, для дальнейшего изучения микробного пейзажа, отражающего уровень неспецифического иммунитета.

6. Время свертываемости крови изучали на основании регистрации времени начала и конца образования фибриллярного сгустка, что отражает коагуляционные особенности периферической крови.

7. Свойства воды, как детектора интегрального воздействия физико-химических процессов в окружающей среде, оценивали на основе окислительно-восстановительного потенциала воды (ОВП) с применением ионометра И-160МИ. ОВП 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. К сожалению, весь спектр возможных характеристик геокосмических агентов представляется на сайте с существенной задержкой (около полугода и больше), поэтому для наших исследований мы отобрали те показатели, которые были представлены на сайте и характеризовали исследуемый период времени (с 30 июля по 18 августа): DST Index – индекс ГМА, нТ, характеризует низкоширотную ГМА, характеризующую интенсивность симметричного экваториального кольцевого тока на расстоянии порядка 4 радиусов Земли и ток на магнитопаузе. Отрицательные значения индекса характеризуют планетарную ГМА. f10.7_index, (10^{-22}), характеризующий потоки радиоизлучения Солнца на длине волны 10,7 см (F10.7 – индекс, частота 2800 МГц, солнечные единицы потока (с.е.п.), 1 с.е.п. = 10^{-22} Вт), потоки протонов с энергиями > 10, >30, >60 МэВ, число/(см² × с × ср). Для выявления возмущенности геомагнитного поля (ГМП) был использован индекс Ак (Sodankylä Geophysical Observatory) – суточный индекс локальной геомагнитной активности, вычисленный как среднее из восьми 3-часовых индексов ак (ак-3-часовой индекс «эквивалентной амплитуды» локальной геомагнитной активности). Ежесуточные характеристики пульсаций в диапазоне 0-4 Гц и 0-10 Гц были получены на сайте: <http://www.sgo.fi/Data/archive.php>. Данные по вариациям интенсивности нейтронной компоненты вторичных космических лучей (КЛ) у поверхности Земли и расчетные плотности потоков КЛ в околоземном пространстве по станции нейтронного монитора в Баренцбурге были получены в лаборатории космических лучей в Полярном геофизическом институте РАН (г. Апатиты, Мурманской области).

9. Данные статистически обрабатывались с применением пакета программ STATISTICA 10

Основные результаты исследований в 2018 г.:

1. Особенности периода (30 июля–18 августа 2018 г.) проведения исследований:

Исследования проведены на спаде 24 цикла солнечной активности (СА), который характеризуется сценарием низких солнечных циклов (число Вольфа $W^* \leq 80$), впервые с начала XX века (солнечный цикл 14) (<https://sites.google.com/site/sunactiv/24>). Это означает, что мы получили уникальную возможность оценить динамику психофизиологического состояния человека в условиях экстремально высоких широт при фоновых вариациях геокосмических агентов. Кроме того, мониторинг проведен на основной группе испытуемых в условиях имитации изоляции, в сходных условиях проживания и питания, что, в какой-то

мере, снижает уровень воздействия переменных условий среды, обусловленных неконтролируемым влиянием на психо-эмоциональную сферу социально-производственных отношений.

2. Медико-биологические эффекты воздействия геокосмических агентов на организм человека в условиях арх. Шпицберген:

2.1. Сопряженность показателей состояния сердечно-сосудистой системы с вариациями геокосмических агентов. Исследование показало, что состояние сердечно-сосудистой системы (ССС) у испытуемых в условиях Шпицбергена существенно зависит от вариаций геокосмических агентов, несмотря на достаточно спокойный период проведения исследований. Выявлены наиболее чувствительные показатели к вариациям геокосмических агентов: артериальное диастолическое давление (АДД), длительность кардиоинтервала (R-R), статистические и спектральные показатели ВСР (SDSD, SDNN) насыщение артериальной крови кислородом (O₂), а также производные от ВСР индексы, отражающие степень адаптации к меняющимся условиям среды. Характер связи между показателями ССС и геокосмическими агентами свидетельствует, что при возрастании интенсивности нейтронов у поверхности Земли (КЛ) и снижении атмосферного давления (D_{атм}), нагрузка на ССС со стороны среды возрастает, что проявляется в повышении диастолического давления, снижения вариабельности ВСР и вклада парасимпатического звена автономно нервной системы (АНС) в регуляцию сердечного ритма.

2.2. Отражение эффектов возрастания геомагнитной активности в функциональном состоянии головного мозга. Электроэнцефалографические исследования, включающие регистрацию электроэнцефалограмм (ЭЭГ) испытуемых при фоновой активности головного мозга (регистрация ЭЭГ с закрытыми глазами в течение 5-ти минут) и при функциональной нагрузке (форсированное дыхание) в течение 5-ти минут показали реакцию со стороны головного мозга испытуемых на изменение уровня геомагнитной активности (ГМА). В настоящее время полученные данные обрабатываются. Вместе с тем, разведочная оценка особенностей ЭЭГ в спокойный период времени при фоновых колебаниях геомагнитного поля (ГМП) и в период его слабой возмущенности позволили выявить, практически у всех испытуемых реакцию на изменение «дозы» воздействия со стороны естественных электромагнитных полей, обусловленного особенностями взаимодействия потоков солнечных протонов с магнитосферой Земли. В спокойный период, на примере одного из испытуемых, характер ритмической активности мозга имеет ярко выраженную асимметрию, в то время как в возмущенный период степень асимметрии снижается, и ритмическая активность приобретает диффузный характер, распространяющийся на правое и левое полушарие мозга. Предварительный анализ особенностей ЭЭГ испытуемых в спокойный и умеренно возмущенный периоды геомагнитной активности (ГМА) показали, что короткопериодные колебания ГМП в диапазоне ритмов мозга могли бы являться одной из причин, влекущих за собой изменение психоэмоционального состояния человека в периоды высокой ГМА.

2.3. Сопряженность психоэмоционального состояния с вариациями геокосмических агентов. Психоэмоциональное состояние оценивалось на основании показателей: самочувствия (САМ), активности (АСТ), настроения (НСТ), ситуативной и личностной тревожности (СТ и ЛТ, соответственно), а также показателей суммарного отклонения от аутогенной нормы (СО) и вегетативного коэффициента (ВК), рассчитанных на основании теста Люшера. Проведенный анализ выявил значимые корреляции между среднесуточными значениями (по выборке испытуемых) показателей психоэмоционального состояния и индексов, характеризующих вариации геокосмических агентов. Так, увеличение плотности потока протонов с энергиями больше 30 МэВ (PROT >30 MeV) приводит к уменьшению суммарного отклонения от аутогенной нормы (СО) и, следовательно, к улучшению психоэмоционального состояния. Возрастание потока нейтронов у поверхности Земли (КЛ), напротив, ухудшает показатели.

2.4. *Апробация чувствительности физиологических параметров к изменению психо-эмоционального состояния и вариациям геокосмических агентов для выбора объективных критериев Функционального биоуправления (ФБУ) с Биологической Обратной Связью (БОС) на базе программно-аппаратного комплекса «Реакор».* Для оценки степени чувствительности физиологических параметров к изменению психо-эмоционального состояния с целью их дальнейшего использования для регуляции функционального состояния посредством ФБУ, были использованы показатели кожно-гальванической реакции (КГР), показатели фотоплетизмограммы, отражающие амплитуду систолической волны (ФПГ), температуру пальца (T_{av}), а также показатель суммарной спектральной мощности (ТР). Проведенные эксперименты показали, что данные показатели могут меняться под воздействием аутогенной тренировки. Более того, оказалось, что показатели КГР и T_{av} обладают высокой чувствительностью к вариациям геокосмических агентов (рис. 17.1), коэффициенты корреляции с $f10.7_index$ индексом составляют $r = -0,48$ и $r = -0,52$, соответственно, $p < 0,05$.

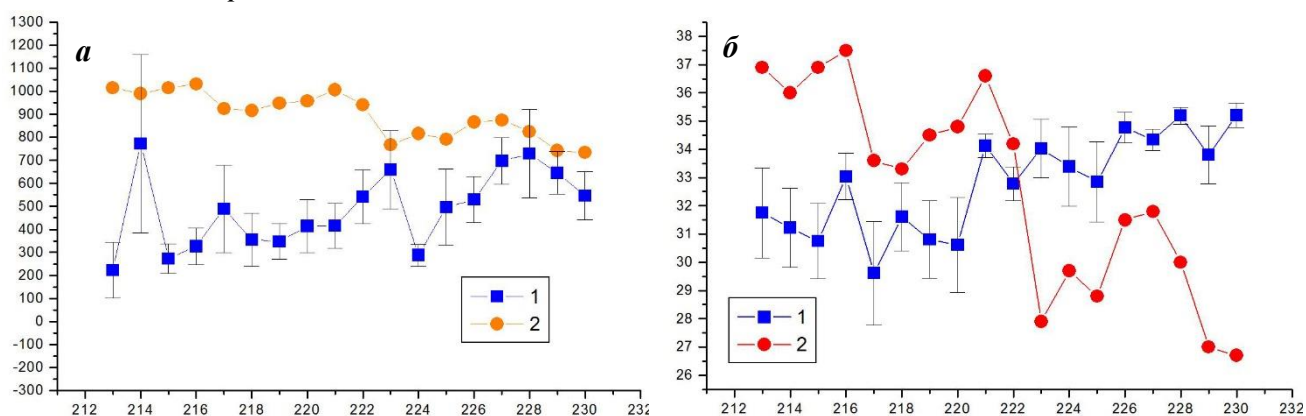


Рисунок 17.1 – Динамика среднесуточных значений по выборке испытуемых показателей кожно-гальванической реакции (КГР) (a1), температуры пальца (б1) и вариаций потока радиоизлучения Солнца (a2, б2).

В ходе исследований были проанализированы подходы для создания различных сценариев по ФБУ, с предпочтительным включением показателей ритмической активности мозга на базе Электроэнцефалографа «Энцефалан-131-03», а также показателей КГР и T_{av} , как наиболее чувствительных внешнему воздействию и аутогенному тренингу.

2.5. *Метод Газоразрядной визуализации (ГРВ) как индикатор воздействия геокосмических агентов на организм человека в условиях арх. Шпицберген.* Всесторонняя оценка адекватности метода ГРВ для выявления медико-биологических эффектов воздействия геокосмических агентов на организм человека в условиях арх. Шпицберген показала, что показатели ГРВ проявляют высокую степень чувствительности к вариациям геокосмических агентов даже в невозмущенных условиях при фоновых вариациях геомагнитного поля. На основании связи показателей ГРВ с психофизиологическими характеристиками организма испытуемых сделано заключение, что возрастание интенсивности нейтронов у поверхности Земли, ассоциированной с уменьшением атмосферного давления, снижение потока радиоизлучения Солнца на длине волны 10,7 см, снижение плотности потока протонов с энергиями >10 Мэв, >60 Мэв, снижение значений DST-индекса и возрастание индекса Ак приводит к ряду медико-биологических феноменов, проявляющихся в: возрастании артериального диастолического давления (АДД); в снижении минутного объема крови (МОК); в снижении настроения (НСТ); в возрастании ситуативной тревожности (СТ); в возрастании показателей суммарного отклонения от аутогенной нормы (СО); в снижении вариабельности сердечного ритма (SDSD, SDNN); в снижении полной спектральной мощности (ТР) и мощности отдельных частотных компонент (HF, LF); в снижении насыщения артериальной крови кислородом (O_2); в возрастании кожно-гальванической реакции (КГР), как показателя психической лабильности; в сокращении

времени свертывания крови (ВСК), что свидетельствует о возрастании риска тромбоза сосудов; в снижении показателя адаптации (А), как интегрального показателя состояния организма при комплексном воздействии окружающей среды, где вариации геокосмических агентов играют ведущую роль. Проведенные исследования с применением метода ГРВ показали его исключительную информативность и научную адекватность для применения в мониторинге психофизиологического состояния организма и оценке медико-биологических эффектов воздействия геокосмических агентов в условиях арх. Шпицберген.

2.6. *Обусловленность отдельных свойств периферической крови вариациями геокосмических агентов.* Показана ассоциация динамики среднесуточных значений по выборке испытуемых времени свертывания крови (ВСК) с вариациями интенсивности нейтронов у поверхности Земли (КЛ), с потоками радиоизлучения Солнца ($f_{10.7_index}$), с вариациями атмосферного давления (D_{atm}). Связь ВСК с индексом ГМА указывает на то, что в условиях арх. Шпицберген реологические свойства крови существенно модулируются вариациями геокосмических агентов, и, в определенных условиях, у жителей арх. Шпицберген могут возникать нежелательные состояния, такие как повышенная вязкость крови, способствующая процессу тромбообразования, или пониженная свертываемость, влекущая за собой риск кровотечений. При возрастании ГМА вероятность тромбообразования повышается.

2.7. Вода - возможная мишень воздействия геокосмических агентов, модулирующая особенности физико-химических процессов внутри организма. Для выяснения возможных механизмов воздействия геокосмических агентов на организм человека в условиях арх. Шпицберген, мы провели исследования по выявлению степени зависимости свойств воды в электрохимической ячейке от вариаций геокосмических агентов. Показана ключевая роль состояния воды и ее окислительного потенциала (ОВП) для функционального состояния организма. ОВП зависит от воздействия внешней среды, включающей, в первую очередь, воздействие вариаций геокосмических агентов. Изменение свойств воды вне организма под воздействием геокосмических агентов, по всей видимости, отражает сходные процессы, идущие в водной среде внутри организма под воздействием тех же агентов. Подтверждением этому служит синхронность ежесуточных изменений ОВП вне организма, динамики среднесуточных показателей свертываемости крови в организме и ежесуточных вариаций плотности радиоизлучения Солнца на длине волны 10,7 см (рис. 17.2а). Схематическое отражение внутрисистемных и межсистемных связей между ОВП, временем свертываемости крови и внешним воздействием геокосмических агентов отражено на рис. 17.2б. Изменения свойств воды под воздействием геокосмических агентов вне организма может служить предиктором каскада возможных физико-химических и биохимических событий внутри организма, порождаемых воздействием тех же геокосмических агентов, и ведущих к изменению психоэмоционального и психофизиологического статуса организма.

На основе полученных данных сделаны следующие выводы:

1. Динамика состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) у испытуемых в условиях Шпицбергена сопряжена с вариациями геокосмических агентов. Показатели артериального диастолического давления, длительности кардиоинтервала, статистические и спектральные показатели ВСР, насыщение артериальной крови кислородом, а также производные от ВСР индексы, отражающие степень адаптации организма к меняющимся условиям среды значимо ($p < 0.05$) коррелируют с геокосмическими агентами. При возрастании интенсивности нейтронов у поверхности Земли и снижении атмосферного давления, нагрузка на ССС со стороны среды возрастает, что проявляется в повышении диастолического давления, снижении вариабельности ВСР и вклада парасимпатического звена автономно нервной системы (АНС) в регуляцию сердечного ритма.

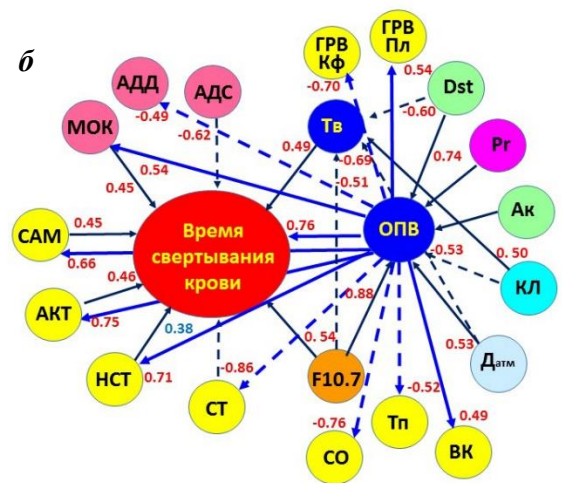
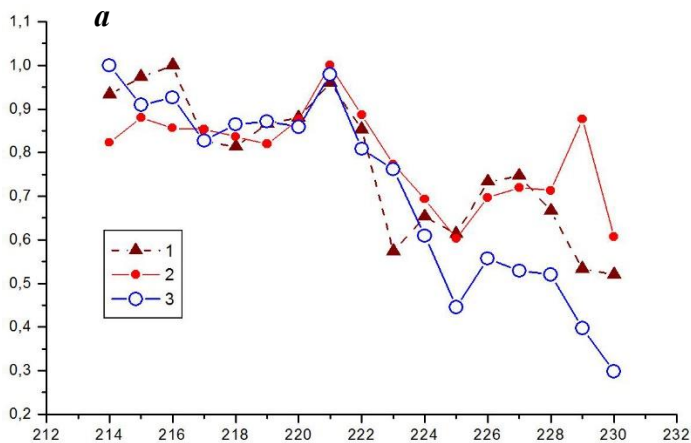


Рисунок 17.2 – а: Сопряженность среднесуточных значений потока радиоизлучения Солнца (1), среднесуточных по выборке испытуемых показателей времени свертываемости крови (2), среднесуточных значений окислительного потенциала воды (3). б: схематическое отображение внутрисистемных и межсистемных связей в организме человека в условиях арх. Шпицберген

2. Функциональная активность мозга, в определенной степени, модулируется вариациями геомагнитного поля (ГМП) в диапазоне короткопериодных колебаний (пульсаций), соответствующих низкочастотным ритмам мозга (0-4 Гц). Эти короткопериодные колебания могут обуславливать пространственно-временные перестройки функциональной активности мозга и являться одной из возможных причиной изменения психоэмоционального состояния.

3. Динамика психоэмоционального состояния у испытуемых в условиях арх. Шпицберген, сопряжена с вариациями геокосмических агентов. В частности, настроение зависит от уровня геомагнитной активности: чем выше ГМА, тем ниже настроение, самочувствие зависит как от ГМА, так и от плотности потоков радиоизлучения Солнца (f10.7_index), с которым связана также и ситуативная тревожность. Ситуативная тревожность и активность ассоциированы с определенным уровнем возмущенности геофизической среды – при снижении дозы геофизического воздействия СТ возрастает, а активность снижается.

4. Высокая чувствительность таких показателей, как кожно-гальваническая реакция (ГРВ) и периферическая температура тела к аутогенному и внешнему воздействию, позволяет использовать эти показатели для Функционального биоуправления с Биологической Обратной Связью (БОС) на базе программно-аппаратного комплекса «Реакор», с целью коррекции психоэмоционального состояния. Дальнейшие исследования предполагают отбор сценариев БОС, наиболее адекватных для применения в условиях арх. Шпицберген.

5. Исследования по выявлению медико-биологических эффектов геокосмических агентов в условиях арх. Шпицберген показали исключительную информативность и научную адекватность метода ГРВ для применения в мониторинге психофизиологического состояния организма в условиях арх. Шпицберген, что проявляется, с одной стороны, во множественных связях показателей ГРВ с различными характеристиками состояния организма, с другой стороны, в значимых связях с вариациями геокосмических агентов.

6. Реологические свойства крови у жителей арх. Шпицберген зависят от геомагнитной активности и воздействия других геокосмических агентов, в частности, потоков радиоизлучения Солнца. При возрастании ГМА свертываемость крови повышается, что увеличивает риск тромбообразования.

7. Окислительный потенциал (ОВП) воды имеет ключевое значение для функционального состояния организма. Зависимость свойств воды вне организма от

воздействия геокосмических агентов, по всей видимости, отражает сходные процессы, идущие в водной среде внутри организма под воздействием тех же агентов. Подтверждением этому служит синхронность ежесуточных изменений ОВП вне организма, динамики среднесуточных показателей свертываемости крови в организме и ежесуточных вариаций плотности радиоизлучения Солнца на длине волны 10,7 см.

8. Проведенные исследования вскрывают неизученный пласт фундаментальных закономерностей, обуславливающих межсистемные взаимодействия внутри организма и связь состояния организма с окружающей средой. Геофизические особенности арх. Шпицберген создают уникальные условия для изучения закономерностей воздействия природной арктической среды на состояние организма человека. Знание этих закономерностей позволит найти подходы к созданию оптимальных, физиологически комфортных условий проживания в арктической среде.

Заключение

Исследования, проведенные на арх. Шпицберген с 30 июля по 18 августа силами сотрудников НИЦ МБП КНЦ РАН позволили полностью выполнить программу научных исследований, запланированных в части научной Программы НИЦ МБП РАН. К сожалению, отсутствие финансирования у институтов ИФПА ФИЦКИА РАН и ИЭФБ РАН для проведения исследований на Шпицбергене, не позволили выполнить отдельные пункты Программы, предполагающие совместные исследования. В частности, оказалось затруднительным без участия ИФПА ФИЦКИА РАН провести скрининг иммунологического и гормонального статуса населения; без участия ИЭФБ РАН выявить особенности психофизиологических функций, когнитивно-мнестических процессов в когорте испытуемых у детей, а также выявить особенности системного и мозгового кровообращения на основе краниодопплерографического исследования у жителей пос. Баренцбург.

Определенные трудности представляет развитие инфраструктуры создаваемой медико-биологической станции для мониторинга психического и физиологического состояния жителей российских населенных пунктов на арх. Шпицберген в силу отсутствия договоренности с руководством ФГУП «ГТ «Арктикуголь» о возможности использования свободных помещений на территории больницы в пос. Баренцбург в период проведения научных исследований в пос. Баренцбург силами сотрудников НИЦ МБП КНЦ РАН. Также возникли определенные трудности для внедрения методов телемедицины в российских поселках на архипелаге Шпицберген из-за отсутствия устойчивого канала связи, необходимого для передачи больших объемов информации.

Тем не менее, проведенные исследования представляют определенную научную и прикладную ценность, поскольку проведены почти на минимуме 24 цикла солнечной активности и подобный цикл исследований можно повторить лишь через 11 лет. Это означает, что мы имеем уникальную возможность провести комплексные исследования динамики психофизиологического состояния человека в условиях экстремально высоких широт при фоновых вариациях геокосмических агентов. Полученные нами данные могут служить эталонными показателями функционального состояния организма в невозмущенных условиях на арктических широтах с высоким уровнем геомагнитной активности.

Полученные нами данные позволили обнаружить феномены внутрисистемных и межсистемных связей, которые модулируются воздействием геокосмических агентов. Следует особо подчеркнуть, что именно на арх. Шпицберген, внутрисистемные связи в организме и межсистемные связи с окружающей средой, наиболее выражены, а воздействие геокосмических агентов имеет экстремальный характер. Поэтому, медико-биологические эффекты воздействия геокосмических агентов на организм человека необходимо изучать именно на арх. Шпицберген, с целью познания фундаментальных закономерностей характера связи организма с окружающей средой и развития прикладных аспектов полученного знания для коррекции состояния организма, пребывающего в условиях экстремального воздействия окружающей среды.

По результатам работ в 2017 и 2018 гг. готовятся к публикации две статьи в журнал «Авиакосмическая и экологическая медицина» и ДАН.

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). Работы выполнены под руководством гл.н.с. НИЦ МБП КНЦ РАН д.б.н. Белишевой Н.К. Исполнители:

директор НИЦ МБП к.м.н. Мегорский В.В.

гл.н.с. д.б.н. Белишева Н.К.

зав. научным отделом НИЦ МБП к.б.н. Мартынова А.А.

м.н.с. Соловьевская Н.Л.

инженер-исследователь Пряничников С.В.

м.н.с. Завадская Т.С.

**ФГБУН Мурманский морской биологический институт Российской академии наук
(ММБИ КНЦ РАН)**

Мероприятие 18. Комплексные исследования экосистем фьордов и морей, омывающих архипелаг Шпицберген

Фундаментальные научные и прикладные исследования на архипелаге Шпицберген в 2018 г. проводились согласно календарного плана и научной программы на текущий год, начиная с июля. В начале 2018 г. новая тема госзадания «Комплексные исследования экосистем фьордов и морей, омывающих архипелаг Шпицберген» проходила целый ряд согласований в Федеральном агентстве научных организаций (ФАНО). После упразднения ФАНО в мае 2018 г. полномочия по управлению программой перешли Министерству науки и высшего образования (Минобрнауки).

В рамках комплексных экосистемных исследований в 2018 гг. ученые ММБИ проводили исследования по следующим направлениям:

1. Анализ данных о состоянии водных масс на акваториях архипелага;
2. Закономерности пространственного распределения вирио-, бактерио-, фито- и зоопланктона в прибрежных водах Шпицбергена;
3. Получение новых данных по экологии донных организмов, разнообразии, динамике и функциональных особенностях зообентоса в прибрежных экосистемах архипелага;
4. Оценка распространения и запасов макрофитов в прибрежной зоне Шпицбергена;
5. Выявление основных экологических факторов, влияющих на состав, структуру и динамику разнообразия птиц и морских млекопитающих;
6. Оценка роли модельных видов мигрирующих птиц в формировании разнообразия почвенных микроартропод на Шпицбергене;
7. Анализ уровней химического и радиоактивного загрязнения в среде и биоте архипелага;
8. Подготовка баз данных компонентов морских экосистем как основы оптимального планирования мероприятий по охране окружающей среды на архипелаге Шпицберген.

В ходе реализации темы научно-исследовательская деятельность осуществлялась по трем блокам:

- сбор научного материала в морских и береговых экспедициях в районе архипелага Шпицберген;
- аналитическая обработка полевого материала в лабораториях в Баренцбурге (Шпицбергенская биогеостанция ММБИ и РНЦШ) и в Мурманске;
- публикация научных статей в российских и зарубежных изданиях, а также популяризация проводимых на архипелаге исследований.

Обзор научных работ, проведенных ММБИ в 2018 гг. в рамках каждого блока представлен в настоящем материале. Экспедиционные работы в районе архипелага Шпицберген в 2018 г. выполнялись по двум основным направлениям:

Сбор научного материала в морских и береговых экспедициях в районе архипелага Шпицбергене

Одним из важнейших направлений в исследованиях окружающей среды является экспедиционный сбор научного материала. Полевые работы ММБИ в районе архипелага Шпицберген в 2018 г. выполнялись на море, с борта НИС «Дальние Зеленцы» и на суше, в районе поселка Баренцбург:

Морские исследования

Экспедиция на НИС «Дальние Зеленцы» состоялась в апреле-мае 2018 г. (рис. 18.1) Объем морских научных работ в территориальных водах Шпицбергена составил 60 чел./суток. В экспедициях принимали участие сотрудники ММБИ и МАГУ. По специальному разрешению, полученному от норвежских властей, судно работало в

территориальных водах архипелага и осуществляло заходы в порты Баренцбурга и Лонгиербуена. Экспедиционные исследования носили комплексный экосистемный характер и охватили большую часть акватории системы залива Исфьорд на нескольких разрезах. В мае 2018 г. география работ расширилась за счет проведения отбора проб в малоизученной бухте Колес.

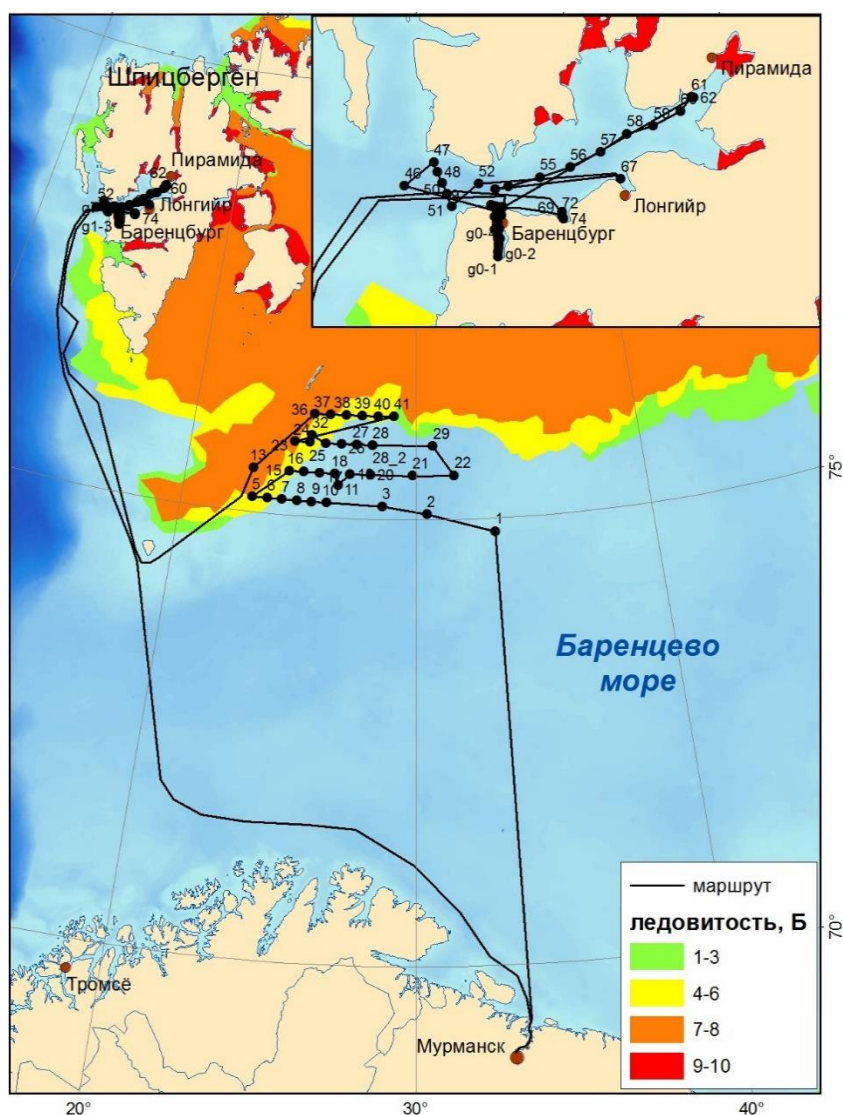


Рисунок 18.1 – Станции и маршруты экспедиционных исследований ММБИ на НИС «Дальние Зеленцы» в районе Шпицбергена в апреле-мае 2018 гг. Проект RiS 11049

Комплекс работ включал СТД-зондирования для измерения температуры и солености морской воды от поверхности до дна, отбор проб на содержание биогенных элементов и растворенного кислорода, вирио-, бактерио-, фитопланктон, макрозообентос, радиоактивное загрязнение. Производился сетной лов зоопланктона, наблюдения за морскими птицами и млекопитающими.

В настоящее время «Дальние Зеленцы» является единственным российским научно-исследовательским судном, которое в кооперации с российскими и зарубежными учеными осуществляет морские работы в районе архипелага Шпицбергена и заходы в порты Баренцбурга и Лонгиербуена. Для этого перед каждым рейсом ММБИ через запрос во 2-й Европейский департамент МИД РФ оформляет разрешение на научные исследования и заходы в порты у норвежских властей.

В 2016-2018 гг. ММБИ принимал участие в международном проекте IMOS (Isfjorden Marine Observatory Svalbard – Морская обсерватория в заливе Исфьорд на Шпицбергене). Основным партнером являлся Университетский центр на Шпицбергене (UNIS). Основная

цель проекта – проследить краткосрочные и долгосрочные тенденции в размерной структуре и в составе сообществ планктона в Исфьорде. Для достижения цели решались задачи по объединению имеющихся в России и Норвегии планктонных данных, созданию единого протокола отбора проб, проведению совместных полевых исследований в Исфьорде.

Береговые и прибрежные наблюдения

Местом базового размещения участников береговых экспедиций и предварительной обработки первичного полевого материала является Шпицбергенская биогеостанция ММБИ в Баренцбурге (рис. 18.2). В береговых экспедициях проведены альгологические, бентологические и орнитологические исследования в районе залива Гренфьорд. Продолжалось изучение процессов осадконакопления и уровней радиоактивного загрязнения в системе «ледниковое озеро – ледник – фьорд».



Рисунок 18.2 – Шпицбергенская биогеостанция ММБИ в пос. Баренцбург (фото из архивов ММБИ)

Выезды сотрудников ММБИ в Баренцбург для проведения полевых и камеральных работ состоялись в марте-мае (102 чел./суток) и июле-августе (142 чел./суток) 2018 г. В то же самое время, во время заходов НИС «Дальние Зеленцы» в Баренцбург в мае 2018 г. несколько научных сотрудников высаживались на берег для работы на биогеостанции в тот период, когда судно выполняло исследования в Исфьорде.

Аналитическая обработка полевого материала в лабораториях в Баренцбурге (Шпицбергенская биогеостанция ММБИ и РНЦШ) и в Мурманске

Доставка проб и материалов, собранных в ходе полевых работ, со Шпицбергена на «большую землю» является достаточно сложным мероприятием, связанным с передвижением авиатранспортом и пересечением государственных границ. Поэтому максимально возможная обработка собранного материала на месте представляет большой интерес для всех научных организаций, работающих на Шпицбергене.

Шпицбергенская биогеостанция ММБИ оборудована всем необходимым для первичной обработки биологических и геохимических проб. В случае необходимости выполнения более сложных анализов сотрудники ММБИ обращаются в химико-аналитическую лабораторию Российского научного центра на архипелаге Шпицберген (РНЦШ). Лаборатория обслуживается и поддерживается сотрудниками Российской научной арктической экспедиции на архипелаге Шпицберген ААНИИ (http://www.aari.ru/rscs_new/index.php?id=3#arc_hlab). Она представляет лабораторный комплекс для решения разнообразных научных задач, решаемых организациями Консорциума РНЦШ.

Публикация научных статей в российских и зарубежных изданиях, а также популяризация проводимых на архипелаге исследований

Результаты научных исследований ММБИ в районе архипелага Шпицберген, проведенных в 2018 гг. в рамках темы госзадания «Комплексные исследования экосистем фьордов и морей, омывающих архипелаг Шпицберген» представлены в форме тезисов 22-х докладов XIV Всероссийской научной конференции с международным участием

«Комплексные исследования природы Шпицбергена и прилегающего шельфа», в публикациях в российских и зарубежных научных журналах, на разнообразных конференциях. Следует отметить успешный опыт сотрудничества ученых ММБИ и ААНИИ в проведении совместных исследований и подготовке научных публикаций. Сотрудники ММБИ регулярно публикуют научно-популярные материалы в «Российском вестнике Шпицбергена» и сборнике «Российские полярные исследования».

Непосредственно в морских и береговых полевых работах на Шпицбергене в 2018 году участвовало 16 научных сотрудников ММБИ, из них 10 молодых ученых в возрасте до 39 лет: Берченко И.В., Валуйская Д.А., Воскобойников Г.М., Духно Г.Н., Гарбуль Е.А., Горяев Ю.И., Дерябин А.А., Ежов А.В., Зими́на О.Л., Калинин О.П., Лебедева Н.В., Максимовская Т.М., Мещеряков Н.И., Пастухов И.А., Салахов Д.О., Широколобова Т.И.

По материалам экспедиционных работ на Шпицбергене в 2018 году опубликовано 47 печатных работ, в том числе 5 статей в изданиях, индексируемых в WoS/Scopus, 1 – в журнале из списка ВАК, 32 – в изданиях, индексируемых в РИНЦ, а также в сборниках конференций и 9 – в научно-популярных изданиях. Кроме того, зарегистрирована база данных РИД: Макаревич П.Р., Моисеев Д.В., Дружкова Е.И., Олейник А.А., Ларионов В.В., Берченко И.В., Дворецкий В.Г., Духно Г.Н., Запорожцев И.Ф. Планктон арктических морей (ver 2.2017). Свидетельство о регистрации базы данных RUS 2018620582 05.03.2018.

Основные публикации в реферируемых журналах:

Дикаева Д.Р., Фролова Е.А. Распределение сообществ полихет в районе Западного Шпицбергена в зимний период (декабрь 2015 г.) // Доклады академии наук. – 2018. – Т. 480, № 5. – С. 625–629. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0869565218050274> =Dikaeva D.R., Frolova E.A. Distribution of Polychaeta Communities in the West Spitsbergen Area in Winter (December 2015) // Doklady Biological Sciences. – 2018. – Vol. 480, Issue 1. – P. 114–118. – DOI: 10.1134/S0012496618030110

Лебедева Н.В., Зими́на О.Л., Фатеев Н.Н., Никулина А.Л., Берченко И.В., Мещеряков Н.И. Ртуть в гидробионтах и среде обитания Грен-фьорда (Западный Шпицберген) ранней весной // Геохимия. – 2018. – № 4. – С. 351–362. – DOI: 10.7868/S0016752518040052 = Lebedeva N.V., Zimina O.L., Fateev N.N., Nikulina A.L., Berchenko I.V., Meshcheryakov N.I. Mercury in Hydrobionts and Their Habitat in Grønfjorden, West Spitsbergen, in Early Springtime // Geochemistry International. – 2018. – Vol. 56, No. 4. – P. 332–343. – DOI: 10.1134/S0016702918040031

Матишов Г.Г., Ильин Г.В., Усягина И.С., Валуйская Д.А., Дерябин А.А. Результаты морских радиоэкологических исследований фьордов Западного Шпицбергена // Доклады академии наук. – 2018, – Т. 480, № 3. – С. 353–358. – DOI: 10.7868/S0869565218150203= Matishov G.G., Ilyin G.V., Usyagina I.S., Valuyskaya D.A., Deryabin A.A. Results of Marine Radioecological Study of Fjords of Western Spitsbergen // Doklady Earth Sciences. – 2018 – Vol. 480, Part 1. – P. 679–684. – DOI: 10.1134/S1028334X18050252

Mazei Y.A., Lebedeva N.V., Taskaeva A.A., Ivanovsky A.A., Chernyshov V.A., Tsyganov A.N., Payne R.J. What role does human activity play in microbial biogeography?: The revealing case of testate amoebae in the soils of Pyramiden, Svalbard // Pedobiologia – Journal of Soil Ecology. – 2018. – Vol. 67. – P. 10–15. – DOI: doi.org/10.1016/j.pedobi.2018.02.002

Mazei Yu. A., Lebedeva N.V., Taskaeva A. A., Ivanovsky A. A., Chernyshov V. A., Tsyganov A. N., Payne R. J. Influence of seabirds on soil testate amoebae in the Arctic// Polar Science . 2018. V. 16 (2). P. 78–85. DOI: 10.1016/j.polar.2018.03.001

Лебедева Н.В., Фатеев Н.Н., Никулина А.Л., Зими́на О.Л., Гарбуль Е.А. Ртуть в компонентах экосистемы заливов Западного Шпицбергена в летний период 2017 года // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2018. – Т. 64, № 3. – С. 311–325. – DOI: 10.20758/0555-2648-2018-64-3-311-325.

Мероприятие 19. Растительно-почвенные ресурсы, совершенствование методов управления охраняемыми природными территориями в условиях климатических изменений и антропогенного воздействия и оптимизация среды обитания человека на архипелаге Шпицберген

Исследования в рамках данной темы (ГЗ № 0229-2017-0005) под руководством чл.-корр. РАН В.К. Жирова ведутся по следующим направлениям программы фундаментальных исследований государственных академий наук на 2013-2020: экология организмов и сообществ, биологическое разнообразие, почвы как компонент биосферы (формирование, эволюция, экологические функции); эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества.

В основные цели исследований входят:

1. Оценка разнообразия криптогамной биоты и мониторинг растительного покрова.
2. Исследование механизмов устойчивости и оценка продуктивности растений разных таксономических групп в высокоширотных тундровых экосистемах.
3. Почвенные морфолого-генетические, экологические и биогеохимические исследования окружающей среды.
4. Оптимизация среды обитания человека на архипелаге Шпицберген.

В 2018 г. для решения были поставлены следующие задачи:

- дать морфологическую и химическую характеристику основных типов почв; выявить особенности химического состава почв и растений; заложить стационарные площадки для режимных наблюдений в западной части Архипелага Шпицберген;
- получить данные по функциональной активности фотосинтетического аппарата видов мхов, произрастающих в разных экологических условиях; данные по суточной динамике содержания пигментов пластид доминирующих видов растений с учетом географического ареала;
- выявить разнообразие цианопрокариот побережья залива Боккфиорд (о. Западный Шпицберген), мхов побережья залива Иннвика (о. Северо-Восточная Земля), печеночников заповедника «Остров Принца Карла», лишайников побережья залива Сетербухта (о. Северо-Восточная Земля) по сборам прежних лет; провести полевые обследования ранее неизученных территорий – побережье залива Гренфьорд, Мозельбухта (север о. Западный Шпицберген), о-в Принца Карла и выявить новые для Шпицбергена арктические разновидности и виды печеночников и лишайников; выполнить геоботанические описания, выявить состав сосудистых растений, мохообразных, лишайников и структуры сообществ и группировок гольцовых пустынь на примере хребта Одинфьеллет и горы Пирамида (о. Западный Шпицберген);
- изучить сроки сбора и всхожесть аборигенных трав, подобрать лабораторным методом технологии создания рулонных газонов;
- разработать и провести апробацию первого года реабилитационной программы эко-, арт- и садовой терапии для полярников, получены новые данные о психофизиологических реакциях организма.

Раздел 1. Оценка разнообразия криптогамной биоты и мониторинг растительного покрова

Полевые экспедиционные исследования мхов, лишайников и сосудистых растений на арх. Шпицберген проводились в период 6–24 августа 2018 г. Использовались полевые флористические методы – сбор мохообразных, сосудистых растений и лишайников, фотографирование видов в поле, в том числе макросъемка, фиксация координат в местах сбора, детальные описания мест обитания.

Всего собрано около 150 образцов печеночников, 450 образцов лишайников, 200 образцов мхов и 150 листов сосудистых растений в удаленных районах на юге архипелага Шпицберген: Сьеркап лэнд (Шторм бухта, несколько точек в заливе Хорнсунд), Земля Веделя (побережье Дундербухты, несколько точек во фьордах южного и северного побережья залива Бельсунд). Около 30 образцов печеночников и 90 образцов лишайников собрано на западном побережье Грэнфьорда. Сделано 30 описаний микро местообитаний печеночников, в которых определены координаты.

Особое внимание уделялось изучению разнообразия и распространения адвентивных видов в окрестностях Баренцбурга. Выполнено 15 геоботанических описаний в местах произрастания адвентивных видов. Работы на юге архипелага выполнялись в рамках совместной программы с Техническим университетом города Трондхейм (Norwegian University of Science and Technology NTNU, Natural History Department, проект №246728/E10).

По данным полевых работ в 2018 г. выявлено два новых для архипелага Шпицберген вида сосудистых растений: *Ranunculus polyanthemos* и *Allium schoenoprasum*. Также получены новые сведения о натурализации заносных видов и информация о вымирании ряда видов в прежних местонахождениях. Предварительные наблюдения (выводы без идентификации сделать невозможно, определение будет выполнено в зимний период) заключаются в том, что в обследованных районах на юге Шпицбергена флора печеночников значительно беднее, чем в обследованных ранее точках по берегам Исфьорда и даже на Северо-Восточной Земле. Выявлены новые точки нахождения редких на архипелаге видов.

В период 01–12 августа 2018 г. проводилось изучение растительности выше пояса горных тундр в окрестностях Лонгйирбьюена, Баренцбурга и Пирамиды, инвазивные растения в растительных сообществах антропогенных местообитаний в российских поселках Баренцбург и Пирамида. Работы проходили в виде геоботанических обследований – выполнялись геоботанические описания с GPS позиционированием, сбор гербария сосудистых растений, мохообразных и лишайников.

В результате собрано 20 листов гербария сосудистых растений, 50 пакетов гербария мохообразных, 48 описаний нивальных и гольцовых пустынь, выявлен предварительный состав сообществ и группировок нивальных и гольцовых пустынь.

На основе собранного материала и его последующей обработки выявлены основные различия между растительным покровом гольцовых пустынь Мурманской обл. и нивального и гольцового пояса Шпицбергена. Выявлены инвазионные виды, существующие на Шпицбергене в течении длительного времени, определена их фитоценотическая принадлежность.

Исполнители работ: Константинова Надежда Алексеевна (nadya50@list.ru), Савченко Анатолий Николаевич (anatsav@list.ru), Конорева Людмила Александровна (ajdarzarov@yandex.ru), Кожин Михаил Николаевич (mnk_umba@mail.ru), Королева Наталья Евгеньевна (flora012011@yandex.ru), Данилова Алена Дмитриевна (danilovalona@yandex.ru).

Раздел 2. Исследование механизмов устойчивости и оценка продуктивности растений разных таксономических групп в высокоширотных тундровых экосистемах

Полевые исследования высших сосудистых растений выполнялись с 11 по 26 июля 2018 г. с помощью биометрического метода, методов исследования фотосинтетических пигментов (Саможников и др., 1987) и флуоресценции с использованием прибора РАМ. Для исследования мезоструктуры листа отбирался и фиксировался полевой материал.

Собран материал по 19 видам высших сосудистых растений (*Stellaria humifusa*, *Dryas punctata*, *Cerastium alpine*, *Saxifraga cespitosa*, *Saxifraga hieracifolia*, *Betula nana*, *Salix polaris*, *Ranunculus sulfureae*, *Ranunculus pidmea*, *Selena acaulis*, *Taraxacum arcticum*, *Taraxacum officinalis*, *Cassiope tetragona*, *Gubus hamaemorus*, *Potentilla heparctica*, *Oxyria digina*) для проведения анатомо-морфологических исследований, определения содержания пигментов, определение параметров флуоресценции и биохимических исследований. Впервые была исследована фотохимическая активность (ФА) *Stellaria humifusa* и показано, что необычные условия экологии (защитный слой органики поверх ассимилирующих листьев) связаны с защитой ФА у этого уникального очень мелкого вида и поддержанием его высокой функциональной активности. Выполнено сравнительное исследование двух видов одуванчика: аборигенного *Taraxacum arcticum* и заносного *Tar. officinalis*, которые почти в 6 раз различаются по массе: исследование параметров флуоресценции показало удивительное сходство фотохимических реакций фотосинтетического аппарата и различия в путях их защиты.

На основании предыдущей работы была высказана гипотеза о высокой функциональной активности фотосинтетического аппарата растений Арктики, которая поддерживается значительно более низким содержанием хлорофилла по сравнению с растениями более низких широт. В настоящей работе мы получили подтверждение в опытах с *Stellaria humifusa* и двумя видами *Taraxacum*.

Исследования выполнили: Шмакова Наталья Юрьевна (shmanatalya@yandex.ru), Марковская Евгения Федоровна (volev10@mail.ru)

Раздел 3. Почвенные морфолого-генетические, экологические и биогеохимические исследования окружающей среды

Научные исследования были сосредоточены на почвах и экосистемах катен юго-западного склона горы Улаф, полевые работы велись с 11 по 26 июля 2018 г. методом экспериментальных исследований и химического анализа образцов.

В течение летнего сезона 2018 года на двух стационарных площадках было продолжено определение суточной эмиссии углекислого газа (CO₂) серогумусовыми грубогумусными почвами как для всего набора горизонтов, так и отдельно для минеральной части профиля. Кроме того, изучалось влияние внесения дополнительного питательного субстрата (раствора глюкозы) на дыхание почв. Всего проведено 140 определений интенсивности суточной эмиссии парникового газа CO₂ почвами. Определение интенсивности эмиссии CO₂ сопровождалось наблюдениями за влажностью почвы: перед началом эксперимента и по его окончании. Всего влажность была определена в 56 почвенных образцах. На двух стационарных площадках были установлены регистраторы температуры для наблюдений за температурными режимами в приземной части, на поверхности почвы, в мохово-кустарничковом слое и в основных генетических горизонтах почв в годовом цикле. Во время экспедиционных работ также был проведен отбор образцов верхнего органогенного горизонта и растений (листья ивki, злака и мха) для изучения процессов трансформации растительных остатков в лабораторных экспериментах. В течение года обобщались результаты морфолого-генетических исследований торфяно-глебезема кочковатого болота в пойме реки Грэн (рис. 19.1).

В обследованном торфяно-глееземе мощность торфяной толщи составляла 26 см. Профиль имел следующий набор горизонтов: T1-T2-T3-T4-CG. Весь профиль торфяно-глеезема характеризуется слабокислой реакцией среды: актуальная кислотность (рНН₂O) варьирует от 5.8 (гор. T3) до 5.3 в минеральном горизонте CG. В составе обменных оснований, как в торфяной части профиля, так и в минеральном горизонте CG доминирует кальций. Его содержание в торфяной части профиля варьирует от 19.6 (гор. T2) до 40,4 (гор. T3) мг-экв/100 г почвы. Характерной особенностью профиля торфяно-глеезема является довольно значительное содержание обменного Na, особенно в верхних органогенных горизонтах. Что обусловлено влиянием морских аэрозолей из-за близкого расположения моря. Распределение органического вещества, а также химического элементного состава обусловлено долей минеральной примеси эолового или склонового происхождения, а не степенью гумификации растительных остатков.



Рисунок 19.1 – Разрез торфяно-глеевой почвы кочковатого болота в пойме реки Грён

За прошедший год также были обобщены данные определения интенсивности эмиссии CO₂ почвами на 5 стационарных площадках, расположенных на склонах горного хребта выше пос. Баренцбург на отметках 92 (пл. 1), 142 (пл. 2), 148 (пл. 3), 252 (пл. 4) и 258 (пл. 5) м н.у.м в летний период 2017 года (рис. 19.2).

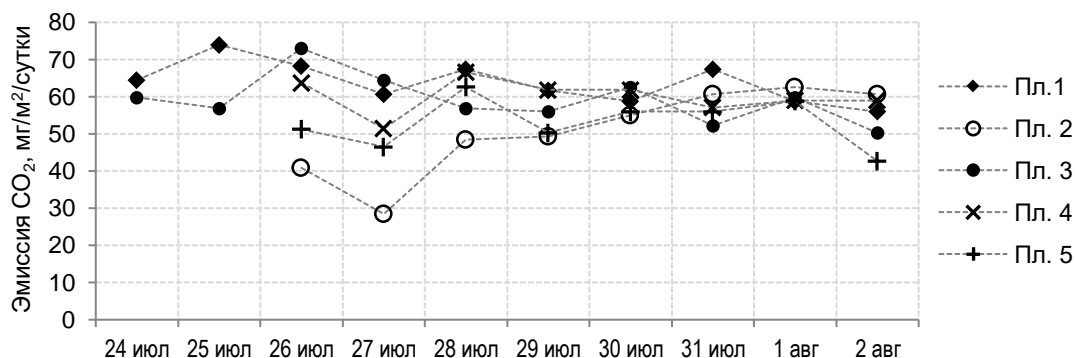


Рисунок 19.2 – Распределение суточной эмиссии CO₂ почвами (мг/м²) на стационарных площадках с 23 июля по 2 августа 2017 г.

Согласно распределению медиан, самая низкая интенсивность эмиссии CO₂ летом 2017 года была свойственна почве на пл. 2 (самая сухая и самая холодная) – 52 мг/м²/сутки и на пл. 5 – 54 мг/м²/сутки. Наиболее высокая – на пл. 1 – 63 мг/м²/сутки. Распределения интенсивности эмиссии CO₂ между площадками в период исследований не имело регулярного характера. Расчеты U-критерия Манна-Уитни подтвердили отсутствие значимых различий по суточной эмиссии CO₂ между всеми обследованными площадками. Что свидетельствует о том, что высотное положение места не оказывает влияние на интенсивность дыхания почв. Влияние абсолютной отметки, однако, может сказаться в годовом цикле, например, за счет различий по продолжительности периода с отрицательными температурами и залегания снежного покрова.

Научный руководитель и ответственный исполнитель: зав. лаб., д.б.н. Кашулина Г.М. (планирование научных исследований, обобщение результатов, написание статей и отчетов) E-mail: galina.kashulina@gmail.com. Исполнители: м.н.с. Литвинова Т.И. (lita_0409@mail.ru), м.н.с. Коробейникова Н.М., ст. лаб.-иссл. Кошечева Е.В., инж.-иссл. Чуева Н.В.

Раздел 4. Оптимизация среды обитания человека на архипелаге Шпицберген

В рамках работ по этой тематике с 22 марта по 6 апреля 2018 г. для детей 4-6 лет проводились занятия по гардено и анималотерапии, и параллельно функциональная диагностика (проективный тест личностных отношений, социальных эмоций и ценностных ориентаций «Домики» по методу О.А. Ореховой) и ежедневные динамические измерения функционального состояния детей на неинвазивном кардиоритмографе «Варикард» фирмы ООО «Институт Внедрения Новых Медицинских Технологий «Рамена».

Второй этап апробации программы дополнительного образования «Экологическая терапия для детей, проживающих в экстремальных условиях Арктики» был реализован в период «выхода» из «полярной ночи» с 27 марта по 4 апреля 2018 г. Получены мониторинговые результаты функциональной диагностики детей экспериментальной и контрольных групп.

Предварительные результаты показали снижение уровня тревожности у всех детей, участвовавших в программе, и улучшение работы регуляторных систем организма. В ходе дальнейшей обработки данных будет получена сравнительная характеристика данных функциональной диагностики с результатами прошлого года при проведении Программы в преддверии полярной ночи.

Результаты апробации программы были представлены на:

- II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Будущее Арктики начинается здесь», 18 – 20 апреля 2018 г., Апатиты (сборник материалов конференции находится в печати)
- 21-ой ежегодной всероссийской конференции «Арт-терапия сегодня: арт-терапия в образовании, медицине, социальной сфере», 5-6 мая 2018 г., Санкт-Петербург

Исследования проводили: Гонтарь Оксана Борисовна (gontar_ob@mail.ru), Калашникова Ирина Владимировна (isha81@yandex.ru), Зотова Олеся Евгеньевна (olsha@mail.ru).

По результатам научно-исследовательских работ ПАБСИ на арх. Шпицберген в 2018 г. опубликовано 10 статей в реферируемых журналах.

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

Мероприятие 20. Развитие методов и аппаратных средств сейсмо-инфразвукового мониторинга процессов деструкции арктической криосферы и обеспечение прогнозирования опасных геодинамических явлений на архипелаге Шпицберген и в прилегающем районе Западного сектора Арктической зоны Российской Федерации

Цель работ в рамках Мероприятия 20 заключалась в мониторинге состояния сейсмической опасности на локальном и региональном уровне, включая мониторинг сейсмичности районов размещения угольных шахт ГТ "Арктикуголь", а также создание на базе накопленного опыта экспериментальных аппаратно-программных комплексов сейсмо-инфразвукового мониторинга прототипа современной системы непрерывных наблюдений за динамическими процессами деструкции криосферы, адаптированной к условиям высокоширотной Арктики.

Задачи, поставленные на 2018 год:

1. Поддержание и развитие сейсмических станций постоянной сети мониторинга на архипелаге Шпицберген для обеспечения непрерывной регистрации сейсмических и инфразвуковых сигналов. Проведение регламентных работ на станциях сейсмического и инфразвукового мониторинга КоФ ФИЦ ЕГС РАН;

2. Сбор, накопление и обработка данных сети сейсмического мониторинга на архипелаге Шпицберген, включая данные станций зарубежных партнеров;

3. Оперативная автоматическая и ручная обработка поступающих в региональный информационно-обрабатывающий центр (РИОЦ) в г. Апатиты данных Шпицбергенской сети мониторинга: обнаружение сейсмических событий и информирование о произошедших землетрясениях;

4. Выполнение оперативной оценки уровня геодинамического риска и районирование опасных зон по данным сейсмического мониторинга.

5. Проведение комплексных измерений годовых вариаций волновых полей в литосфере, атмосфере и криосфере на архипелаге Шпицберген с использованием двух сейсмоинфразвуковых групп КоФ ФИЦ ЕГС РАН;

6. Проведение эксперимента по локации источников инфразвуковых сигналов, генерируемых процессами деструкции ледника Норденшельда по данным двух разнесенных в пространстве инфразвуковых микрогрупп в районе пос. Пирамида с верификацией результатов на основе сейсмических наблюдений в ближней зоне к терминальной части ледника Норденшельда;

7. Развитие методологических основ дистанционного геофизического контроля проявлений деструктивных процессов в арктической криосфере, разработка способов распознавания наиболее опасных типов процессов (отколы айсбергов, подвижки ледников, обрушения и оползни, взрывные выбросы метана при нарушении стабильности газогидратных резервуаров) по данным сейсмологического и акустического (инфразвукового) мониторинга;

8. Выработка геофизических индикаторов айсбергогенных льдотрясений;

9. Оценка возможностей выявления в условиях высокоширотной Арктики в инфразвуковом волновом поле импульсных сигналов, генерируемых техногенными взрывами и вхождением в атмосферу болидов.

В ходе выполнения Мероприятия 20 в 2018 году сотрудниками КоФ ФИЦ ЕГС РАН было выполнено две экспедиции на архипелаг Шпицберген общей длительностью 25 дней (15 дней в августе и 10 в октябре). Район работ – поселки Баренцбург и Пирамида.

1. Сейсмический мониторинг района архипелага Шпицберген

На протяжении всего 2018 года Кольским филиалом ФИЦ ЕГС РАН проводился непрерывный мониторинг сейсмической обстановки в районе архипелага Шпицберген. Для осуществления мониторинга привлекались как собственные сейсмические станции, так и станции зарубежных сейсмологических агентств. Данные международной сети были объединены в региональном информационно-обрабатывающем центре (РИОЦ) в г. Апатиты. По состоянию на 10 октября 2018 года системами автоматического обнаружения и локации было выделено 26 379 сейсмических событий в диапазоне магнитуд от -1,6 до 4,2. Сильнейшее землетрясение региона произошло 8 февраля 2018 г. в 2:29:20 UTC, в месте с координатами 79.2523° с.ш. 3.8086° в.д. Оценки магнитуды этого события по данным различных сейсмологических агентств варьируют в довольно широком диапазоне от 4,2 до 5,7, что является крайне редким случаем и требует более детального анализа.

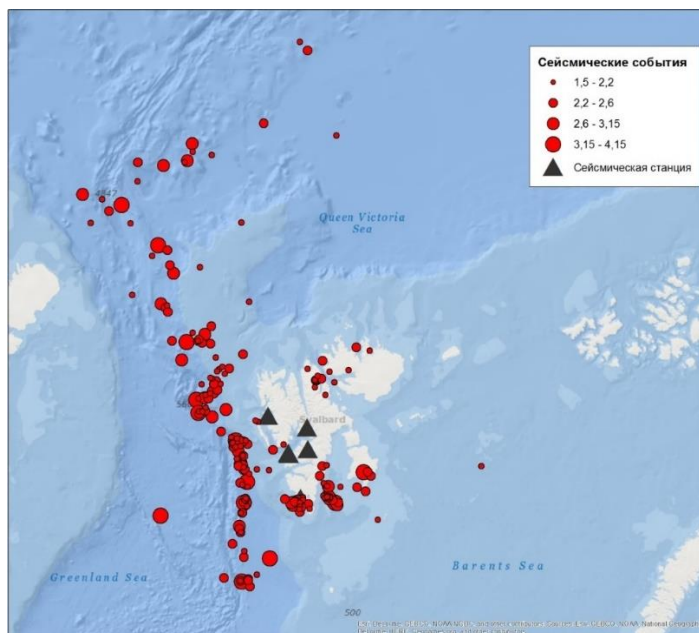


Рисунок 20.1 – Землетрясения, зарегистрированные местной сетью сейсмических станций в районе архипелага Шпицберген в 2018 году, с локальной магнитудой больше 2 единиц

Карта эпицентров сейсмических событий, зарегистрированных в районе архипелага Шпицберген, с магнитудами более 2 единиц представлена на рисунке 20.1. В ближней зоне от поселков архипелага Шпицберген наибольшая сейсмическая активность, как и в предыдущем году, наблюдалась в проливе Стур-фьорд и в районе Хорнсун-фьорда. Сильнейшее сейсмическое событие здесь имело магнитуду $M_l=3,5$, однако оно не привело к сколько-нибудь ощутимым сотрясениям в поселках.

1.1. Низкоэнергетическая сейсмичность Шпицбергена

Отдельного внимания заслуживает низкоэнергетическая сейсмическая активность на арх. Шпицберген. Она маркирует и картирует как геодинамические процессы на архипелаге, так и отражает активность ледникового покрова, занимающего около 60% площади суши архипелага. Карта на рисунке 20.2 одновременно иллюстрирующая энерговыделение и плотность сейсмических событий, обнаруженных в 2018 году.

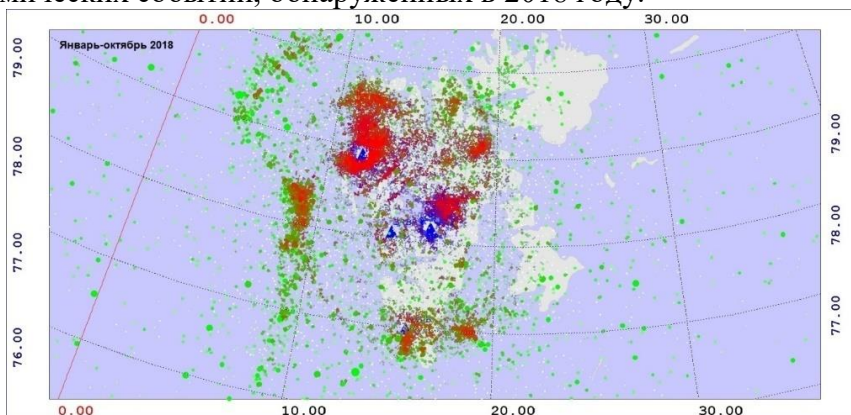


Рисунок 20.2 – Отображение сейсмического процесса в районе архипелага Шпицберген в виде элементов площади, цвета которых зависят от числа сейсмических событий и выделившейся сейсмической энергии

Наиболее активными в плане количества сейсмических событий и суммарной выделившейся энергии являются области в центральной, северо-западной и северо-восточной частях архипелага. Данные области не совпадают с местами проявления сильнейших землетрясений региона, а соответствуют областям расположения активных выводных ледников. Соответственно сейсмичность в данных областях имеет ледниковое происхождение и отражает процесс деструкции ледников Шпицбергена.

Связь сейсмичности в указанных районах с активностью ледников подтверждается нестационарностью сейсмического процесса, очевидной при разбиении картины, представленной на рисунке 2, на временные интервалы. На рисунке 20.3 представлено отображение сейсмического процесса за 10 месяцев 2018 года с разбиением по 2 месяца.

1.2. Сейсмичность района размещения угольных шахт ГТ "Арктикуголь"

В 2018 году продолжались работы по непрерывному мониторингу района размещения угольной шахты рудника Баренцбург ГТ "Арктикуголь". Мониторинг указанного района выполнялся посредством двух сейсмических станций КоФ ФИЦ ЕГС РАН, установленных вблизи шахты (рис. 20.4). Несмотря на большое количество сейсмических событий отмеченных в данной области, магнитуды их не превышали 2 единиц.

На рисунке 20.5 соответственно показаны распределения числа обнаруженных событий по месяцам 2018 года и за последние 5 лет. Видно, что уровень сейсмической активности вблизи рудника в 2018 году превышает показатели предыдущего года, но при этом значительно уступает интенсивности сейсмического процесса в 2015-2016 годах, что возможно является следствием вариаций интенсивности добычи угля на предприятии.

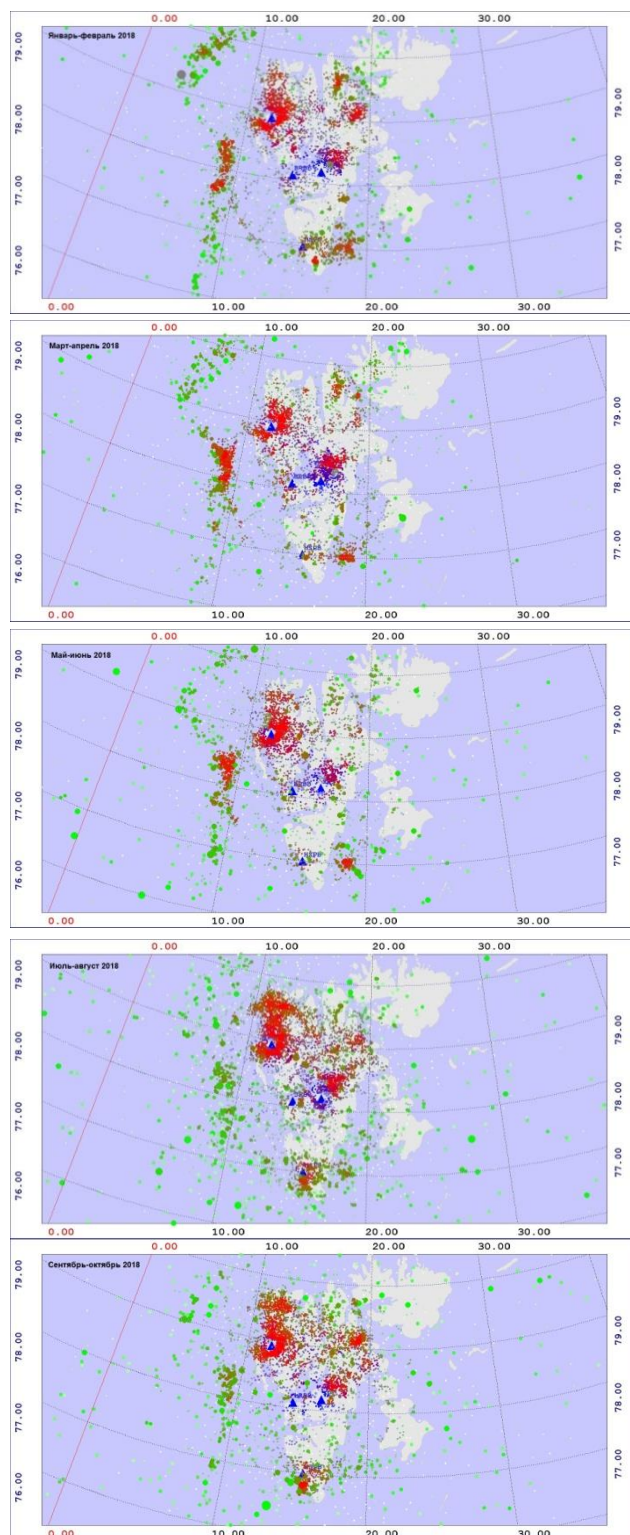


Рисунок 20.3 – Отображение сейсмического процесса в районе архипелага Шпицберген за 10 месяцев 2018 г. в виде элементов площади, цвета которых зависят от числа сейсмических событий и выделившейся сейсмической энергии с разбивкой по 2 месяца

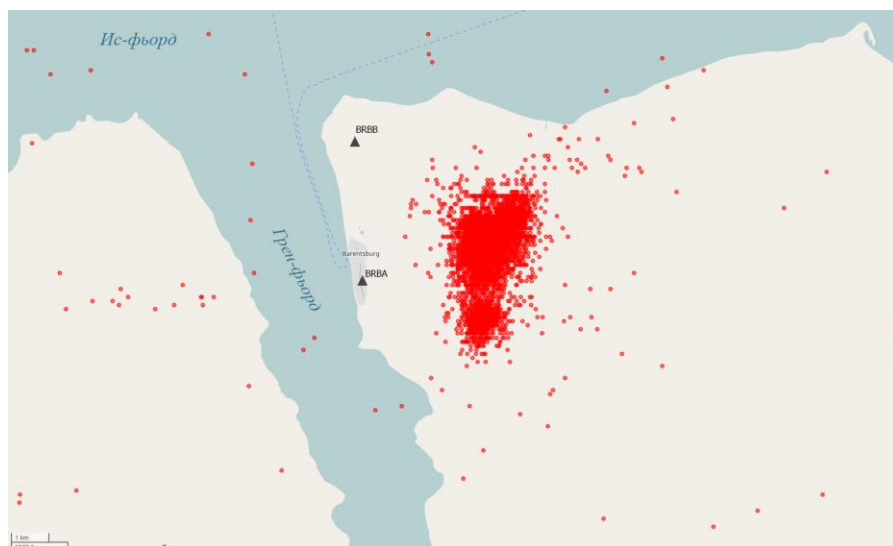


Рисунок 20.4 – Эпицентры сейсмических событий, обнаруженных вблизи рудника Баренцбург в 2014-2018 гг.

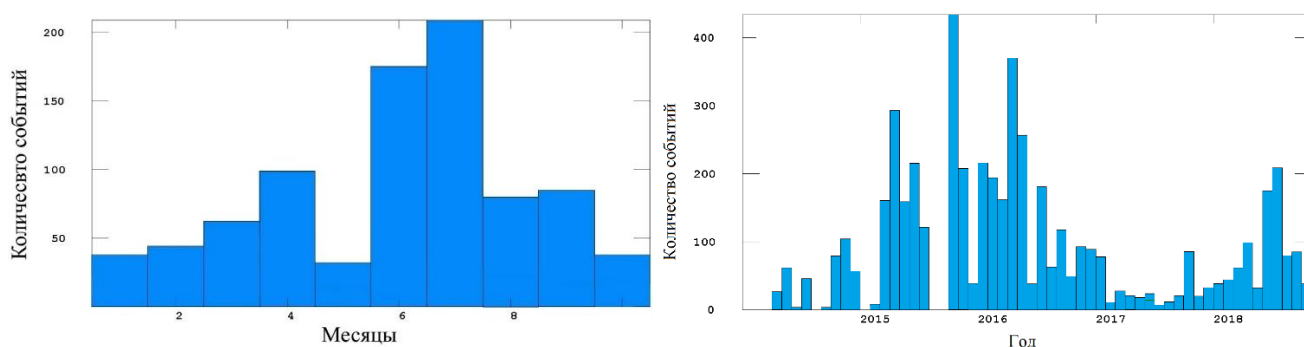


Рисунок 20.5 – Распределение количества сейсмических событий, обнаруженных вблизи рудника Баренцбург за первые 10 месяцев 2018 года (слева) и Распределение количества сейсмических событий, обнаруженных вблизи рудника Баренцбург за период 2014-2018 гг. (справа)

2. Инфразвуковые наблюдения на архипелаге Шпицберген

В отчетный период КоФ ФИЦ ЕГС РАН на архипелаге Шпицберген продолжались наблюдения за инфразвуковым полем. Основным источником сигналов в инфразвуковом диапазоне, регистрируемых на архипелаге, являются сигналы порожденные штормами в Северной Атлантике (микробаромы), а также сигналы, генерируемые при растрескивании ледников и отколе айсбергов.

2.1. Наблюдения на сейсмоинфразвуковой группе BRBB

Сейсмоинфразвуковая группа «Баренцбург Б» расположена в 3 км к северу от пос. Баренцбург и состоит из трех разнесенных в пространстве низкочастотных микрофонов и широкополосной сейсмической станции (рис. 20.6).

Всего за 10 месяцев 2018 года инфразвуковой группой "Баренцбург Б" было зарегистрировано 862 акустических события в инфразвуковом диапазоне. Детектирование акустических событий ведется системой автоматического обнаружения инфразвуковых сигналов в трех полосах частот 0,2–

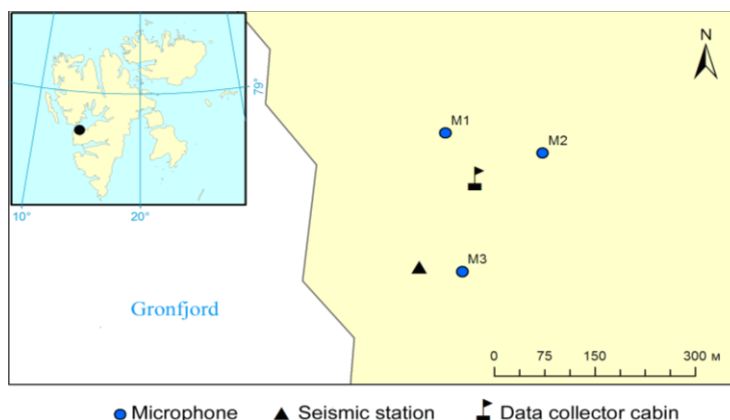


Рисунок 20.6 – Расстановка элементов сейсмоинфразвуковой группы "Баренцбург Б" на местности

1, 1–5, 5–15 Гц. На рисунке 20.7 (а-в) показано распределение числа обнаруженных событий по азимутам прихода сигнала на станцию. В полосе частот 0,2–1 Гц доминируют сигналы пришедшие на станцию с северо-западного направления, это связано с источником генерации инфразвуковых сигналов – штормами в Северной Атлантике. В полосах частот 1–5 (рис. 20.7б) и 5–15 Гц (рис. 20.7в) в основном регистрируются сигналы генерируемые процессами деструкции ледников Шпицбергена и сигналы техногенного происхождения.

2.2. Эксперимент по регистрации льдотрясений с помощью нескольких микрогрупп

Установка аппаратуры

С 12 по 17 августа 2018 г. КоФ ФИЦ ГС РАН проводил эксперимент по инфразвуковой регистрации льдотрясений на архипелаге Шпицберген в районе ледника Норденшельда. Цель эксперимента – изучить возможности регистрации льдотрясений инфразвуковым методом в условиях арктического побережья. В рамках эксперимента вблизи поселка Пирамида было установлены две временные инфразвуковые микрогруппы PYRA и PYRB, которые вместе со стационарной микрогруппой PYRI (Vinogradov et al. 2016) использовались для регистрации инфразвуковых сигналов (рис. 20.8а).

Каждая микрогруппа состояла из трех микрофонов MP-201. В каждой микрогруппе акустические датчики располагались в вершинах треугольника с длинами сторон 100–150 м (рис. 20.8б), что сравнимо с длиной волны регистрируемых инфразвуковых колебаний. Такая схема размещения и количество датчиков является минимально необходимым для регистрации инфразвуковых событий (Асминг и др. 2016). Координаты микрофонов инфразвуковых микрогрупп приведены в таблице 1.

При установке на местности микрофоны помещались в ветрозащитный кожух (рис. 20.9) Микрофоны микрогруппы PYRIA были подключены разработанному в КоФ ФИЦ ГС РАН 24-разрядному регистратору. Микрофоны группы PYRIB были подключены к 24-х разрядному регистратору «Байкал-8». Питание каждой микрогруппы осуществлялось с помощью свинцово-кислотного аккумулятора емкостью 70 Ач. Ток потребления микрогруппы 200 мА. Расчетное время работы установки составляет 14 суток. При этом на пути прохождения звуковой волны от ледника до инфразвуковых микрогрупп отсутствуют препятствия, обусловленные рельефом местности. Расстояние от края ледника Норденшельда до регистрирующей аппаратуры составляет около 13 км.

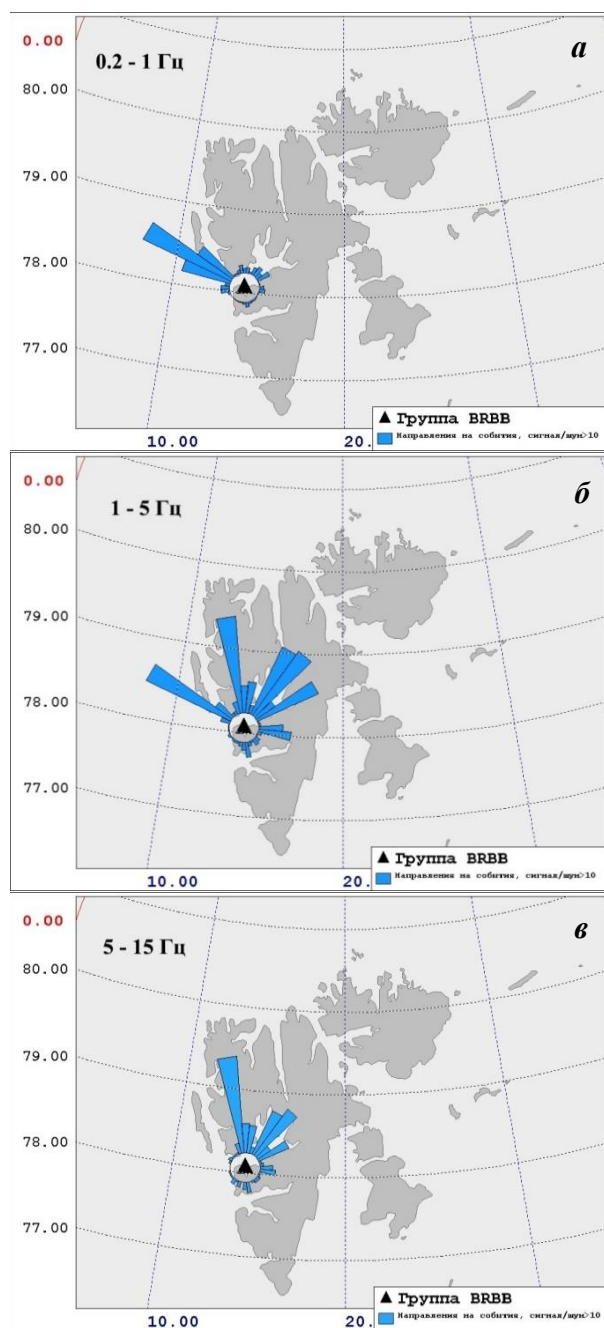
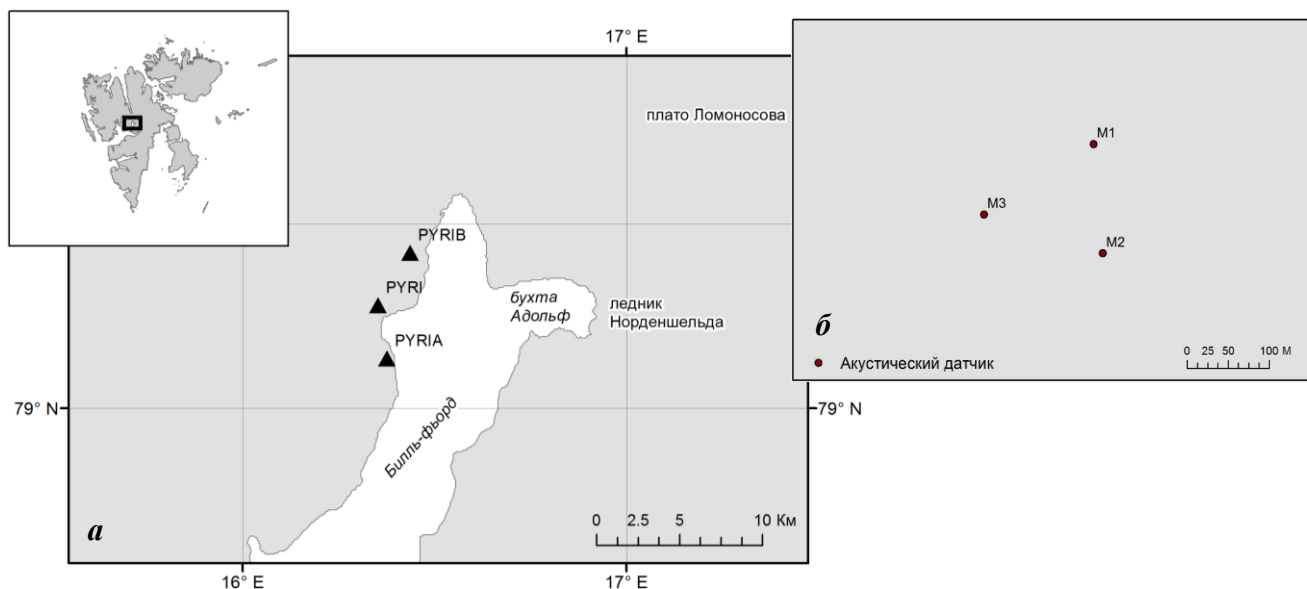


Рисунок 20.7 – Распределение количества зарегистрированных инфразвуковых сигналов по азимутам на источник в трех полосах частот: а) 0,2–1 Гц б) 1–5 Гц в) 5–15 Гц.



▲ микрогруппа

Рисунок 20.8 – (а) расположение инфразвуковых микрогрупп PYRI (стационарная), PYRIA (временная), PYRIB (временная) для регистрации льдотрясений в районе поселка Пирамида; (б) Схема расположения акустических датчиков в инфразвуковой микрогруппе.

Таблица 20.1 – Координаты микрофонов M1, M2, M3 временных микрогрупп PYRI (стационарная) PYRIA(временная) и PYRIB (временная) и постоянной микрогруппы PYRI.

	M1	M2	M3
PYRIA	78.6275N, 16.3784E	78.6264N, 16.3789E	78.6268N, 16.3726E
PYRIB	78.6854N, 16.4379E	78.6833N, 16.4387E	78.6842N, 16.4348E
PYRI	78.6553N, 16.3514E	78.6842N, 16.4348E	78.6560N, 16.3515E

Обнаружение инфразвуковых событий

Обнаружение инфразвуковых событий, зарегистрированных постоянной сейсмоинфразвуковой группой PYRI и временными станциями PYRIA и PYRIB выполнялось по методике работы (Асминг и др., 2016). Для каждой группы формировался список инфразвуковых сигналов, содержащий информацию о временах прихода звуковых волн на акустические датчики, обратный азимут (направление от станции на событие), отношение сигнал/шум и значение когерентности сигнала.

Для определения координат зарегистрированных событий использовалась специально разработанная программа AL (AcousticLocator). Программа анализирует списки зарегистрированных микрогруппами инфразвуковых сигналов, отбирает наборы сигналов на разных станциях, которые по разности времен прихода волн могут принадлежать одному событию, и осуществляет определение координат источников (локацию) методом пересечения азимутов. Пример локации события по трем сейсмоинфразвуковым группам приведен на рисунке 20.10.



Рисунок 20.9 – Пример установки микрофона на местности в ветрозащитном кожухе

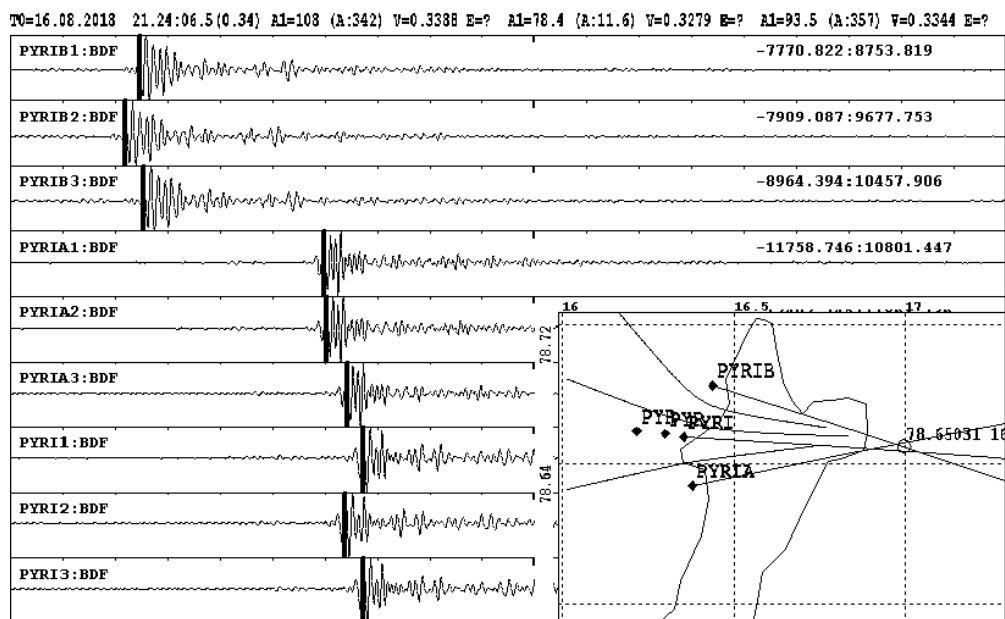


Рисунок 20.10 – Пример определения координат эпицентра льдотрясения на леднике Норденшельда по данным инфразвуковых микрогрупп PYRI, PYRA, PYRB

Результаты эксперимента

Регистрирующая аппаратура проработала в непрерывном режиме с 15 по 17 августа 2018. В результате было обнаружено 15 событий (рис. 20.11, табл. 2), зарегистрированных всеми тремя микрогруппами. Таким же образом мы обнаруживали события, зарегистрированные двумя инфразвуковыми микрогруппами. Таких событий зарегистрировано 30 (рис. 20.12, табл. 3).

Эпицентры всех зарегистрированных двумя и тремя станциями событий приурочены к леднику Норденшельда, что подтверждает их ледниковую природу.

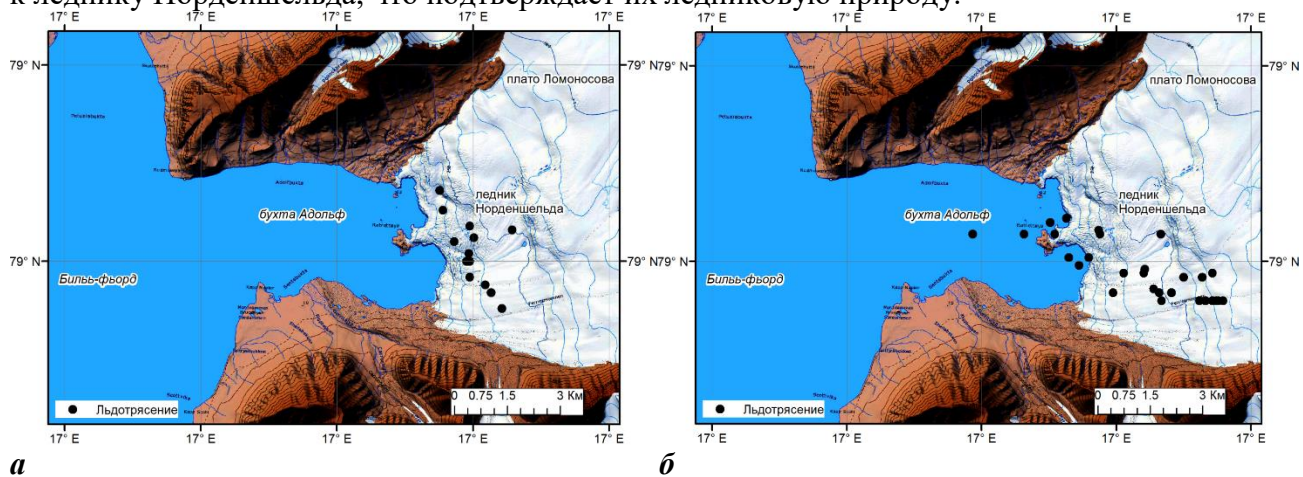


Рисунок 20.11 – (а) Распределение эпицентров событий, зарегистрированных тремя микрогруппами PYRI, PYRIA, PYRIB; (б) Распределение эпицентров событий, зарегистрированных двумя микрогруппами PYRI, PYRA, PYRB.

Заключение

В ходе работ в 2018 году Кольским филиалом ФИЦ ЕГС РАН непрерывно проводился мониторинг сейсмической обстановки и инфразвуковых сигналов в районе архипелага. По результатам мониторинга:

- Актуализирован каталог и схема пространственного распределения землетрясений в контролируемом регионе;

- Получена детальная пространственно-временная характеристика сейсмического процесса архипелага Шпицберген;
- Дана оценка сейсмической опасности региона с учетом современного геодинамического режима тектонических линейментов;
- Также проведен полевой эксперимент с расстановкой двух временных инфразвуковых групп в окрестностях пос. Пирамида для оценки возможностей, точности и общей применимости локации инфразвуковых событий, вызванных, в том числе, процессами деструкции ледников, по нескольким инфразвуковым микрогруппам. Полученные результаты эксперимента положены в основу разработки методов автоматического обнаружения процессов деструкции ледников с возможностью оценки айсбергогенного потенциала.
- Продолжены работы по развитию методики непрерывного контроля импульсных возмущений инфразвукового поля в атмосфере Западной Арктики.

По теме работ в 2018 г. опубликованы статьи:

1. В. Э. Асминг, А. В. Федоров, А.О. Аленичева, З. А. Евтюгина. Применение системы автоматической локации NSDL для детального изучения сейсмичности архипелага Шпицберген // Вестник КНЦ РАН. в печати.
2. Баранов С.В., Асминг В.Э., Виноградов А.Н., Федоров А.В. Сейсмичность района архипелага Шпицберген в 2016, 2017 годах // Вестник КНЦ РАН. в печати.
3. Асминг В.Э., Баранов С.В., Петров С.И. Район архипелага Шпицберген// Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. с. 104-109.
4. Асминг В.Э., Баранов С.В., Коломиец А.А., Мунирова Л.М., Нахшина Л.П., Федоров А.В. Восточная часть Балтийского щита. Каталоги землетрясений по различным регионам России// Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018.с. 177-178.
5. Баранов С.В., Асминг В.Э., Ковалева И.С. Район архипелага Шпицберген. Каталоги землетрясений по различным регионам России// Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018.с. 178-179.
6. Ю.А. Виноградов, А.В. Федоров. Катастрофа вертолета на архипелаге Шпицберген: дешифровка инфразвуковых и сейсмических сигналов // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XIII Международной сейсмологической школы/ Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН. 2018. С. 75 – 78.
7. З.А. Евтюгина, В.Э. Асминг. О регистрации падения болида 16.11.2017 г. инфразвуковыми станциями севера Европы // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XIII Международной сейсмологической школы/ Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН. 2018. С. 99 – 102.
8. Аленичева А.О., Прокудина А.В., Федоров И.С. Система мониторинга сейсмичности Северо-западного региона // <https://doi.org/10.31241/FNS.2018.15.010>
9. Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН, Научный журнал, No 15, 2018. С. 45-47. ISSN 2074-2479
10. А. Н. Виноградов, В. А. Цукерман. Рациональное и экологосбалансированное природопользование на Севере и в Арктике// СЕВЕР И РЫНОК: формирование экономического порядка, Научно-информационный журнал, № 5 (56) 2018, с. 115-128.
11. Баранов А.А., Баранов С.В., Шебалин П.Н. Количественная оценка степени воздействия морских приливов // Вулканология и сейсмология. в печати.

В экспедициях приняло участие 5 человек: Федоров Андрей Викторович - директор, Соколов Денис Юрьевич - зам. директора, Виноградов Анатолий Николаевич - в.н.с., Воронин Алексей Иванович - вед. инженер, Федоров Иван Сергеевич - м.н.с.

Литература:

Асминг В.Э., Баранов С.В., Виноградов А.Н., Виноградов Ю.А., Федоров А.В. Использование инфразвукового метода для мониторинга деструкции ледников в арктических условиях. // Акустический журнал. 2016. Т. 62. № 5. С. 582–591. DOI: 10.7868/S0320791916040031.

Vinogradov A., Asming V., Baranov S., Fedorov A., Vinogradov Yu. Joint seismic-sound monitoring of outlet glaciers in the Arctic: case study of the Nordenskiöld outlet glacier terminus near Pyramiden (Spitsbergen) // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016. Book 1. Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining. Conference Proceedings. Vol. III. Albena, Bulgaria, 30 June – 6 July, 2016. Sophia: STEF92 Tehcnology, 2016. Pp. 521-528. ISBN 978-619-7105-57-5. ISSN 1314-2704. DOI: 10.5593/SGEM2016B13.

ФГБНУ Полярный геофизический институт (ПГИ)

Мероприятие 21. Проведение стационарных наблюдений за магнитными и оптическими явлениями на архипелаге Шпицберген, исследование геофизических процессов в высокоширотной атмосфере Земли

Целью работ является проведение в обсерватории ПГИ «Баренцбург» на архипелаге Шпицберген геофизических исследований для реализации обеспечения российского присутствия на архипелаге Шпицберген в 2018 году 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.

Поставленные в 2018 г. научные задачи включают:

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

К основным результатам работ в 2018 г. можно отнести следующие:

1. Создан банк данных мониторинга геофизических процессов и их архивация:
 - вариаций геомагнитного поля в широком диапазоне частот;
 - полярных сияний в темное время суток;
 - потоков космических лучей;
 - сигналов спутниковых навигационных систем для оценки состояния ионосферы радиотомографическим методом.
2. Исследованы особенности естественных резонансных структур в шумовом геомагнитном фоне в диапазоне частот 0.1 Гц – 10 Гц на самой высокоширотной на сегодняшний день обсерватории института (в области каспа и полярной шапки).
3. Исследованы характеристики распространения в высоких широтах электромагнитного сигнала СНЧ-КНЧ диапазона как естественного, так и искусственного происхождения.
4. Исследована анизотропия космических лучей.
5. Разработан, изготовлен и установлен двухкомпонентный анализатора спектров атмосфериков в обсерватории ПГИ «Баренцбург».
6. Проведена модернизация, калибровка и техническое обслуживание измерителей электромагнитного поля, радиоприемников СНС, оптической аппаратуры и нейтронного монитора в обсерватории ПГИ «Баренцбург».
7. По результатам анализа поступающих данных опубликовано 4 статьи в рецензируемых журналах.

В мае 2018 года началась деятельность в рамках норвежско-российского проекта ASTRA — The Arctic Space Training, рассчитанного на 3 года и финансируемого норвежским Центром по международному сотрудничеству в образовании (SIUномер проекта CPRU-2017/10068). Основной целью проекта ASTRA является налаживание долговременных связей между научными группами Норвегии и России для совместного изучения проявлений космической погоды на высоких широтах, а также подготовка нового поколения квалифицированных молодых исследователей.

В реализации проекта принимают участие исследователи, преподаватели, аспиранты и студенты Университета Осло (Осло), Арктического университета Норвегии - Университета Тромсе (Тромсе), Университетского Центра на Шпицбергене UNIS (Лонгйир), Института космических исследований РАН (Москва), Полярного геофизического института (Мурманск-Апатиты) и Института физики Земли РАН (Москва).

Первый рабочий семинар координаторов проекта проходил 21-23 мая 2018 года в Университете Осло (Норвегия) и был посвящен вопросам организации летних и зимних школ в рамках проекта, отбору студентов и аспирантов на учебный курс в UNIS, а также работе над проектными документами. Полярный геофизический институт был представлен как ведущий российский партнерский институт проекта.

18-26 августа 2018 г. в рамках ASTRA прошла первая летняя школа. Уникальность данной школы состоит в том, что она проводилась на Шпицбергене, на базе обсерваторий UNIS в Лонгйире и ПГИ в Баренцбурге. Под руководством педагогов и исследователей из организаций-партнеров студенты и молодые ученые из России и Норвегии изучали свойства ионосферы в авроральной области, в каспе и в полярной шапке с использованием данных со спутников, ракет, а также наземного оборудования научных российских и норвежских центров на Шпицбергене: сети магнитометров, GPS/ГЛОНАСС приемников, радаров EISCAT и SuperDARN, оптических камер для изучения полярных сияний. Участники школы разрабатывали собственные мини-проекты с использованием уникальных ресурсов – данных реальных измерений крупнейших научных баз Шпицбергена.

В течении двух дней участники школы базировались в пос. Баренцбург (Россия), где прослушали лекцию Ю.В. Балабина, заведующего сектором космических лучей ПГИ, а также посетили обсерваторию ПГИ (рис. 21.1). Кроме научно-образовательной части, были организованы спортивно-культурные мероприятия. В Баренцбурге участники Школы совершили прогулку по близлежащим горам, провели волейбольный матч со сборной командой научного сообщества Баренцбурга в местном спортивном комплексе.



Рисунок 21.1 – Визит участников летней школы проекта ASTRA в обсерваторию Полярного геофизического института в окрестностях пос. Баренцбург

В 2018 г. в научно-исследовательских работах на арх. Шпицберген приняли участие: Козелов Борис Владимирович, Григорьев Валерий Федосеевич, Пильгаев Сергей Васильевич, Галахов Алексей Александрович, Балабин Юрий Васильевич, Гвоздевский Борис Борисович, Германенко Алексей Владимирович, Терещенко Павел Евгеньевич, Федоренко Юрий Валентинович, Сецко Павел Владимирович, Квашнин Юрий Александрович, Кулешов Виталий Геннадьевич, Маурчев Евгений Александрович, Билин Владислав Андреевич, Ролдугин Алексей Валентинович.

Мероприятие 22. Сохранение и исследование памятников российского культурно-исторического наследия на архипелаге Шпицберген. Развитие музейного дела

Целями проведения фундаментальных археологических исследований на архипелаге Шпицберген является:

- спасение, выявление и сохранение культурно-исторических объектов, разрушающихся под воздействием природных и антропогенных процессов. По норвежскому законодательству памятниками археологии считаются все объекты историко-культурного наследия до 1945 г. включительно;
- исследование объектов на Шпицбергене, связанных с русским угледобывающим производством конца XIX – первой трети XX вв.;
- ведение в научный оборот полученных данных;
- развитие музейного дела на Шпицбергене.

В 2018 г. были поставлены следующие задачи:

1. Проведение полевых археологических исследований (разведки);
2. Сбор документальных материалов о деятельности поморов на Шпицбергене в российских архивах;
3. Сбор исторических документальных данных о русских морских экспедициях на Шпицбергене в XVIII- нач. XX вв. в российских архивах;
4. Изучение геоморфологических особенностей в расположении поморских памятников; оценка гипсометрических данных, обуславливавших отличия в местонахождении разновременных поселений и погребений (в сотрудничестве с геологами и гляциологами);
5. Мониторинг археологических памятников, связанных с деятельностью русских промысловых и научных экспедиций XVIII-нач. XX вв.;
6. Аэрофотокартирование и геосканирование археологических памятников с использованием квадрокоптера.

Полевые экспедиционные работы на арх. Шпицберген велись с 24 июля по 26 сентября 2018 г. и охватывали район Западного Шпицбергена на севере побережья Исфьорда в заливе Трюггхамна до Ван-Мюйден-букты (северное побережье залива Беллсунн). До каждого памятника (за исключением мыса Финнесет) приходилось добираться морским транспортом.

Важную роль в полевых исследованиях занял мониторинг археологических памятников с использованием квадрокоптера (модель Phantom 4). В заливе Грэнфьорд была произведена аэрофотовидео-съемка памятников на мысах Кокеринесет и Финнесет. Аналогичные работы велись на становище Руссекейла в западной части Исфьорда его южного берега (Рис. 22.1). С помощью фотоснимков выявлены подвергающиеся разрушениям памятники археологии.

Работы 2018 г. на архипелаге в итоге дали следующие результаты:

1. Становище Слеттнесет. Упавший (или, возможно, срубленный) поморский крест находится в таком состоянии, что не только не подлежит восстановлению, как планировали в администрации Конторы Губернатора Шпицбергена, но его надписи вообще не сохранились, поскольку преднамеренно стесаны топором.



Рисунок 22.1 – Район проведения археологических исследований в 2018 г.: (а) расположение на архипелаге, (б) места проведения полевых работ.

2. На мысе Финнесет находятся остатки китобойной и радиотелеграфной станций начала прошлого столетия (рис. 22.2). Если там и находилось русское становище, что не исключено, то оно было, скорее всего, уничтожено в ходе возведения этих «индустриальных» объектов.



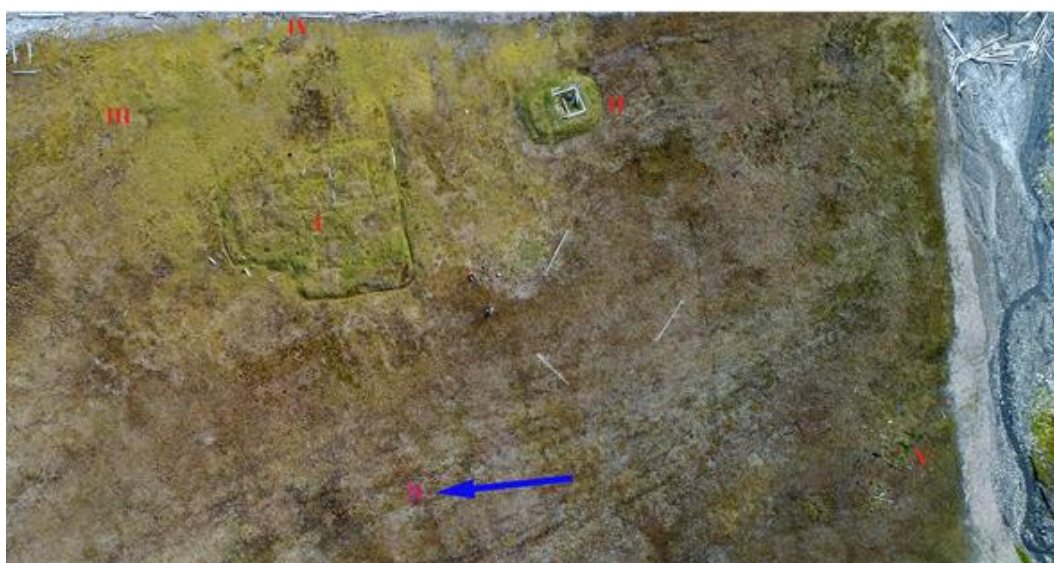
Рисунок 22.2 - Мыс Финнесет. Остатки китобойной и радиотелеграфной станций начала XX века.

3. Залив Трюггхамна. Единственный историко-культурный объект, который в 2018 г. мониторинг которого проходил при неблагоприятных климатических условиях - выпавшем снеге (рис. 22.3). Одиночный поморский дом и две пары западноевропейских погребений в деревянных гробах, находящихся почти на поверхности, подвергаются постепенному разрушению в результате активной туристической деятельности в этом районе. Безусловно, необходима аэрофотосъемка основного становища, но при более подходящих погодных условиях.

4. Мыс Кокеринесет. Норвежскую промысловую постройку 1901 г. («индустриальная» археология) своим «вниманием» туристы также не обходят. Достаточно интенсивно на берегу разрушается, а точнее, размывается, морскими и внешними водами английская жиротопня XVII в. (рис. 22.4).



Рисунок 22.3 – Становище Трюггхамна: (а) основное становище, сентябрь 2018 г., (б) западноевропейские погребения (могила А) в 2009 г. и (в) сентябре 2018 г.



I - поморский жилищно-хозяйственный комплекс;
 II - норвежская постройка 1901 года;
 III - контур поморского судна;
 IV - разрушающаяся английская жиротопня 17 века;
 V - погребения китобоев.

Рисунок 22.4 – Мыс Кокеринесет. Съемка 2018 г.

На второй террасе мыса расположено кладбище: по одним сведениям поморское, а по другим – китобойное. Число погребений на нем существенно сократилось с начала прошлого века. Окончательную точку в вопросе о его этнической принадлежности могут поставить только раскопки хотя бы одного из погребений.

5. Мыс Старостина. Становище Руссекейла. Главная задача мониторинга этого памятника в будущем остается определение местонахождения поморского кладбища, где согласно письменным источникам находилась могила старожила Шпицбергера Ивана Старостина (рис. 22.5).

В рамках работы по развитию музейного дела на архипелаге в сентябре в музее норвежского пос. Лонгйир (Svalbardvuseum) велась работа по обработке неопубликованных находок с поморских становищ Шпицбергера. Производилась их фотосъемка, краткое описание и обмеры. Всего обработано чуть менее ста находок, не считая массовый материал, сделано более 1300 фотоснимков (кадров) объемом 8,18 Гб.

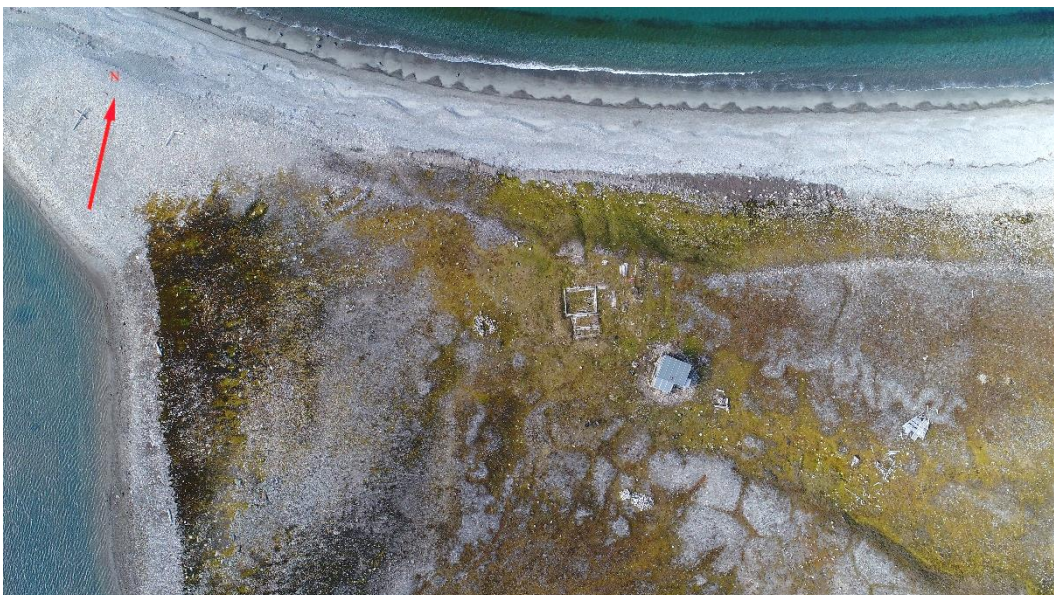


Рисунок 22.5 – Мыс Старостина. Становище Руссекейла. Аэрофотосъемка 2018 г.

В 2018 г. при мониторинге археологических памятников архипелага Шпицбергенской экспедицией ИА РАН был впервые применен квадрокоптер. В целом его использование показало перспективность подобных исследований на архипелаге, хотя успех в получении ожидаемых результатов зависит от многих причин, но в первую очередь, от погодных условий. В Конторе Губернатора Свальбарда предполагают, что со следующего года норвежские исследователи также начнут проводить мониторинг всех археологических объектов с использованием квадрокоптера.

Подробный научный отчет о работе экспедиции ИА РАН на Шпицбергене в 2018 г. будет доведен до сведения сотрудников Конторы Губернатора Шпицбергена, курирующих вопросы охраны памятников на архипелаге, с целью обратить пристальное внимание на те объекты историко-культурного наследия, которым грозит разрушение в результате негативных природных процессов или антропогенной деятельности.

По материалам исследований на архипелаге Шпицберген в 2018 г. в рецензируемых журналах опубликованы следующие статьи:

Державин В.Л. Рец. на: Т.Б. Арлов. История архипелага Шпицберген. М.: Paulsen, 2016. 592 с. //Российская история. 2018. № 2. С. 184-189.

Державин В.Л. Староверы Груманта. //Живая старина. 2018. № 3. С. 7-10.

Исследования выполнили сотрудники Института археологии РАН:

В.Л. Державин derzh@yandex.ru

А.Б. Колесников abkolesnikov60@mail.ru

М.П. Дербенев uionest@mail.ru

П.Г. Сулавко sulavko@list.ru

ФГБУН Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук (ИФА РАН)

Мероприятие 23. Разработка параметризаций для расчета характеристик взаимодействия атмосферы и поверхности над сложным рельефом в полярных районах

Основная цель работ на Шпицбергене исследование газообмена в приземном слое атмосферы с помощью прямых измерений потоков и концентраций углекислого газа и метана, а также определение источников эмиссии газов, определение коэффициентов переноса для расчетных методов. Поэтому одна из задач полевых исследований включала изучение озер, измерения потоков газов, отбор проб воздуха и воды из поверхностного и придонного слоев воды озер.

Другие задачи включали:

Измерения характеристик приземного слоя атмосферы над открытой поверхностью и над ледником; исследование трансформации воздушного потока на границе берег-море; исследование динамики атмосферы под действием склонового ветра с поверхности ледника; определение турбулентных потоков тепла над различными поверхностями и при различных фоновых условиях; исследование структуры атмосферного пограничного слоя на склоне ледника при поземке (наличии мелкодисперсных частиц в приземном слое атмосферы).

Финансирование работ проводится за счет проекта «Исследование быстрых климатических изменений в Арктике и их региональных и крупномасштабных последствий» (ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы», соглашение №14.616.21.0078 от 20.12.2016 между Минобрнауки России и ФГБУН «ИФА им. А.М. Обухова РАН») и гранта РФФИ 17-05-01221.

Исследования на Шпицбергене выполнили: Артамонов А.Ю. (sailer@ifaran.ru) и Гречушникова М.Г. Полевые работы проходили на леднике Альдегонда, ручьях возле пос. Баренцбург, озерах Стемме, Бретьерна и Конгресс, а также источниках в долинах рек Альдегонда и Конгресс, в пос. Пирамида и геофизическом полигоне, г. Улаф. Выполнялся отбор проб воды и воздуха для изучения содержания метана, пробы находятся в аналитической обработке.

Для определения содержания растворенных газов используется методика фазово-равновесной дегазации. В основе метода лежит закон Генри, указывающий на прямую пропорциональность между концентрациями летучего соединения в находящихся в равновесии жидкой и газовой фазах. Методом паро-фазной экстракции выделенная газовая фаза переводится для последующего анализа в стеклянные флаконы для лабораторных исследований: объём пробы воды 40 мл, воздуха 20 мл, время встряхивания 3 минуты. Концентрации метана в воздушных образцах определялись в двух-трёхкратной повторности на газовом хроматографе «Кристалл 5000.2» (ЗАО «Хроматэк», г. Йошкар-Ола) с пламенно-ионизационным детектором.

Определение потоков газообмена на границе «вода-донные отложения» проводилось методом трубок Кузнецова-Романенко.

Для оценки атмосферных турбулентных потоков тепла, импульса, влаги, углекислого газа в зависимости от конкретных условий эксперимента применяются различные методы (прямой, диссипативный, профильный), используется программный комплекс, разработанный участниками проекта.

По результатам обработки проб донных отложений выявлено, что для озер Стемме, Бретьерна и Конгресс гигроскопическая влажность, характеризующая свежесть осадка, составляет 1,8; 0,8 и 0,6% соответственно, а потери при прокаливании 7,8; 13,8 и 24,9% соответственно. Столь большая доля органического вещества в озере Конгресс при гигроскопической влажности 0,6% свидетельствует о том, что процессы разложения

органики в нем происходят наименее интенсивно. Данные эксперимента с трубками показали, что скорость потребления кислорода в озерах Стемме и Конгресс составляет 213 и 118 мгО₂/м² сут.

Проведены несколько полетов квадрокоптера с датчиком температуры и влажности в нижнем пограничном слое возле метеоплощадки УГМС, получены пространственные и высотные разрезы. Во многом полевые работы носили рекогносцировочный характер с целью ознакомления с инструментальными и логистическими возможностями работы в пос. Баренцбург.

Данные наблюдений показывают, что процессы взаимодействия атмосферы и подстилающей поверхности, особенно в прибрежных районах, являются определяющими в уменьшении ледовитости Северного Ледовитого Океана, потеплении климата окружающих территорий и в разрушении вечной мерзлоты. Однако, для диагностики современной изменчивости климата и понимания роли механизмов обменных процессов, необходим качественный анализ всех составляющих энергетического баланса и динамики атмосферного пограничного слоя в различных районах Арктики. В рамках проекта проводится обработка, систематизация и всесторонний анализ данных наблюдений характеристик энергообмена и структуры атмосферного пограничного слоя в Арктике, исследование их пространственной, сезонной и межгодовой изменчивости. Используются результаты наблюдений комплекса АWІ, работавшего вблизи Баренцбурга. Особое внимание уделяется физическому описанию механизмов взаимодействия и динамики атмосферного пограничного слоя при и конвекции. Отдельным блоком проходит исследование климата полярных городов по данным полярных станций. Исследуются границы применимости различных параметризаций и методов для расчета турбулентных потоков, в том числе и в рамках теории подобия Монина-Обухова.

Заключение

Межведомственная программа научных исследований и наблюдений на арх. Шпицберген 2018 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 поздним получением финансирования некоторым организациям Минобрнауки. Так, не получили финансирование в срок Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН и Кольский филиал ФИЦ ЕГС РАН.

В 2018 г. получены новые данные по гидрометеорологическому режиму, океанологии, гидрологии, гляциологии, геофизики, геологии, биологии и экологии, пополнены ряды наблюдений природной среды архипелага Шпицберген, выполняемых в рамках долговременного мониторинга. Они дают возможность, после проведения необходимого анализа, оценить современное состояние природной среды архипелага, выявить взаимосвязи между протекающими в ней процессами, оценить тенденции происходящих изменений и сделать прогнозы относительно их возможного влияния на социально-экономическое развитие Шпицбергена и Арктики в целом.

Археологические исследования включали сбор документальных материалов о жизни поморов и русских экспедициях на Шпицбергене в XVIII–XX вв., впервые в практике полевых работ был использован квадрокоптер.

Продолжено изучение медико-биологических эффектов высокоширотного экстремального воздействия геокосмических агентов на организм человека в условиях арх. Шпицберген на основе проведения исследований психофизиологического состояния организма жителей пос. Баренцбург, профилактики заболеваний и коррекции состояния организма с применением новых здоровье-сберегающих технологий.

Важным этапом стали экспедиционные работы на борту научно-исследовательского судна «Дальние Зеленцы» Мурманского морского биологического института. В экспедиции были собраны данные о физических и химических условиях морской среды фьордов, изучено состояние планктонных и бентосных сообществ организмов заливов Исфьорд, Биллефьорд и Грэнфьорд.

Положительный опыт совместного выполнения научных проектов показывает эффективность междисциплинарного подхода и тесного взаимодействия институтов. ММБИ и ААНИИ продолжили исследования накопления металлов в трофической цепи биологических объектов залива Исфьорд и перешли к изучению переноса металлов птицами из морских экосистем в экосистему птичьих базаров. Полярная морская геологоразведочная экспедиция и ААНИИ использовали общий полевой лагерь для геологических и палеогеографических работ в долине реки Колес. Студенты МГУ, проходившие научно-производственную практику, организованную ААНИИ, прослушали лекции сотрудников ИГ РАН и ИА РАН, побывали в геологическом музее ПМГРЭ.

На базе РНЦШ в 2018 г. осуществились два крупных международных образовательных проекта. Полярный геофизический институт успешно провел один из этапов норвежско-российской летней научной школы The Arctic Space Training в пос. Баренцбург. ААНИИ во второй раз принимал студентов Университетского центра на Шпицбергене для прохождения полевой и лабораторной практики в области загрязнения окружающей среды на базе химико-аналитической лаборатории.

Тесное взаимодействие организаций-участников РНЦШ и комплексный подход в исследованиях, а также в подготовке молодых специалистов, являются необходимой составляющей научных работ на Шпицбергене, обеспечивая более глубокий анализ природных процессов и механизмов. Межинститутское сотрудничество помогает более

эффективно использовать логистические ресурсы, заблаговременно планировать полевые работы и оперативно использовать оборудование.

Сотрудничество с иностранными коллегами, в частности с норвежскими учеными, также является необходимой частью исследовательской деятельности на Шпицбергене, способствующей расширению границ исследований и внедрению новых методов, привлечению в арктическую науку молодых ученых. Помимо этого, кооперация с норвежскими институтами открывает возможность получения дополнительного финансирования в рамках полевых и стратегических исследовательских грантов, предоставляемых Норвежским исследовательским советом.

К сожалению, имеющиеся логистические возможности Российского научного центра на арх. Шпицберген не позволяют расширить район научных исследований и наблюдений, что затрудняет понимание масштабов процессов, идущих на архипелаге в результате изменения климата. Район пос. Баренцбурга подвержен локальному антропогенному воздействию, что ведет к дополнительным трудностям получения оценок текущих изменений. Расширение района исследований на север, восток и северо-восток архипелага, в большей степени подверженные влиянию Арктики, и на внешние акватории позволит изучить и оценить происходящие изменения и ответную реакцию природной среды Шпицбергена.

**Целевые индикаторы и показатели программы научных наблюдений и исследований
на архипелаге Шпицберген в 2018 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)	42
2	Прирост объема информации о природной среде арх. Шпицберген (гигабайт), в том числе данные постоянных метеорологических, геофизических и спутниковых наблюдений	17900
3	Количество молодых ученых (специалистов) ВУЗов, студентов и аспирантов, привлеченных к выполнению НИОКР в рамках проекта	40
4	Количество зарегистрированных результатов интеллектуальной собственности, в том числе направленных на государственную регистрацию	1