

ЭКСПЕДИЦИЯ «АРКТИКА-2021» / ARCTIC CENTURY НА НЭС «АКАДЕМИК ТРЁШНИКОВ» В АВГУСТЕ–СЕНТЯБРЕ 2021 ГОДА

В период с 5 августа по 6 сентября 2021 года на научно-экспедиционном судне «Академик Трёшников», принадлежащем Арктическому и антарктическому научно-исследовательскому институту (ААНИИ) Росгидромета, прошла комплексная международная экспедиция «Арктика-2021» (Arctic Century).

Экспедиция была организована ААНИИ, Центром океанографических исследований им. Гельмгольца (ГЕОМАР, г. Киль, Германия) и Швейцарским полярным институтом при поддержке Швейцарского Полярного фонда и лично шведского бизнесмена и мецената Фредерика Паулсена, которому и принадлежит идея проведения данной экспедиции. ААНИИ с Фредериком Паулсеном, участником и организатором многих экспедиций в Арктике, членом попечительского совета Русского географического общества, основателем издательства «Paulsen», специализирующегося на публикации книг об истории исследований полярных регионов Земли, связывает тесная многолетняя дружба. Так, в 2016–2017 годах на НЭС «Академик Трёшников» была проведена уникальная экспедиция ACE — Antarctic Circumnavigation Expedition, идейным организатором которой был Ф. Паулсен. Успешное проведение антарктической экспедиции послужило поводом для организации не менее масштабной экспедиции в Арктике.

Изначально экспедиция должна была пройти в 2020 году, в год 100-летия ААНИИ, в связи с чем она и получила название Arctic Century (Арктический век или 100 лет исследований в Арктике). Однако в связи со сложной ситуацией с новой коронавирусной инфекцией экспедицию пришлось перенести на 2021 год, что дало возможность еще лучше проработать научную программу рейса и ее логистические составляющие.

В состав экспедиции вошли 59 ученых из крупнейших институтов России, Германии, Швейцарии, Финляндии, Испании, Норвегии и ЮАР. Руководителями научных исследований в рейсе выступили М.С. Махотин (ААНИИ) и Х. Кассенс (ГЕОМАР).

Экспедиционные исследования выполнялись с борта научно-экспедиционного судна (НЭС) «Академик Трёшников», оснащенного вертолетной площадкой, на которой базировался вертолет Ка-32С для доставки ученых и груза на острова.

Отличительной особенностью данной экспедиции явля-

лось проведение комплексных исследований как морской среды, так и природной среды на арктических островах с привлечением большого количества ученых, представляющих разные научные направления, из ведущих научно-исследовательских учреждений России, Швейцарии и Германии. Благодаря большому количеству институтов-участников и тесной кооперации исследователей начиная с момента подготовки научной программы, в рейсе было представлено наиболее современное научно-исследовательское оборудование, в наибольшей степени отвечающее задачам, заявленным в программе работ.

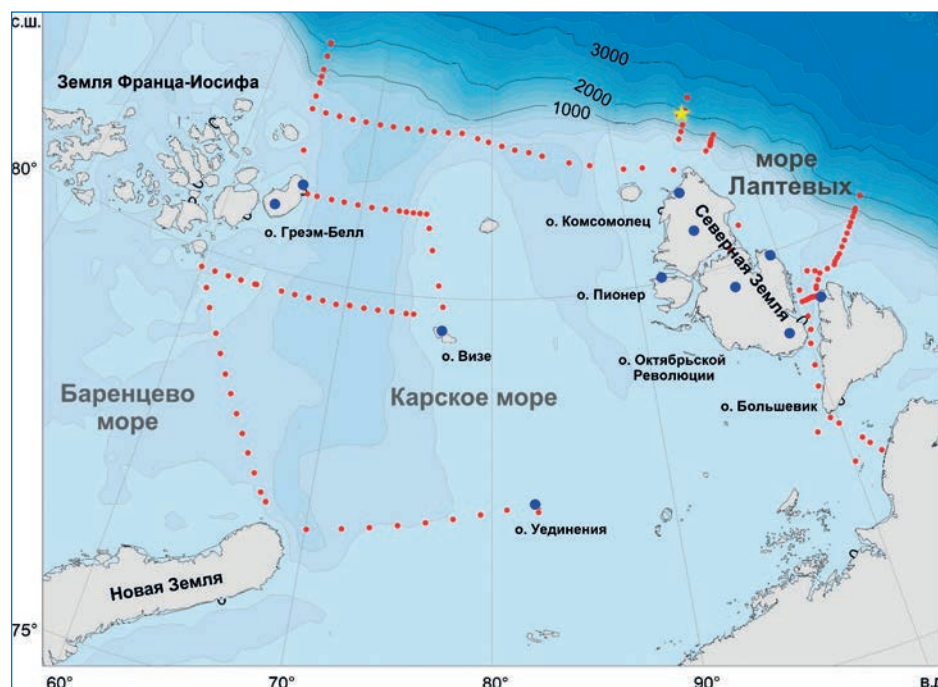
В рамках морской части экспедиции на акватории морей Баренцева, Карского и Лаптевых были проведены метеорологические, океанологические, гидрохимические, гидробиологические и палеоокеанологические наблюдения. На островах Грэм-Белл (архипелаг Земля Франца-Иосифа), Визе, Уединения, островах архипелага Северная Земля (Комсомолец, Пионер, Октябрьской Революции, Большевик) были проведены геоморфологические, биологические и палеогеографические наблюдения.

Схема работ экспедиции, которая началась и закончилась в Мурманске, представлена на рисунке.

Целями океанологических исследований являлась оценка современного термического состояния российских арктических морей в условиях климатических изменений, исследование распространения и трансформации атлантической водной массы (АВМ), а также механизмов взаимодействия шельфовых и глубинных вод.

Схема экспедиционных работ.

Красными кружками отмечены океанографические станции, синими кружками — места работ на островах, желтой звездочкой — место постановки притопленной автоматической буйковой станции





НЭС «Академик Трешников» у научно-исследовательского стационара «Ледовая база Мыс Баранова».
Фото М.С. Махотина

Благодаря кооперации с германскими учеными, в ходе экспедиции было выполнено 159 станций вертикального зондирования толщи воды с использованием зонда SBE 911 (86 станций) и зонда Underway CTD (73 станции), позволяющего проводить измерения во время движения судна.

Для продолжения изучения распространения и трансформации АВМ, являющейся одним из основных источников тепла в Северном Ледовитом океане, способным оказывать влияние на ледяной покров и шельфовые районы арктических морей, к северу от мыса Арктический (Северная Земля) на границе морей Карского и Лаптевых в месте распространения основных струй АВМ вдоль континентального склона была установлена притопленная автономная буйковая станция (ПАБС), оснащенная измерителями температуры и солености в ядре АВМ, измерителями нитратов и поверхностных течений. Следует отметить, что это первый опыт постановки глубоководной ПАБС, принадлежащей АНИИ, собственными силами сотрудников института. Измерительные приборы на станции будут работать непрерывно на протяжении нескольких лет, обеспечивая ученых подробной информацией о межгодовых и сезонных изменениях характеристик вод.

Для получения данных о распределении приводной температуры воздуха, атмосферного давления, температуры воды/льда в поверхностном слое океана, скорости и направлении поверхностных течений с борта судна была произведена расстановка 6 поверхностных дрейфующих буйев Argos iceSVP.

Целью гидрохимических исследований являлось изучение климатических и сезонных изменений гидрохимической структуры, процессов трансформации водных масс во фронтальных зонах, влияния распреснения поверхностного слоя и изменения объемов глубинных вод зимнего происхождения на первичную продуктивность и скорость минерализации органического вещества, параметров циклов азота, фосфора и углерода на шельфе моря.

Отбор проб воды на гидрохимический анализ на океанографических станциях проводился на стандартных горизонтах, а также на дополнительных горизонтах, выбранных исходя из вертикального профиля темпе-

ратуры и солености, судовым пробоотборным комплексом (SBE 2), состоящим из 24 багетов емкостью 10 л.

Гидрохимический анализ на борту судна включал определения содержания растворенного кислорода, pH, щелочности, минеральных соединений фосфора, кремния, нитритного, нитратного и аммонийного азота.

Всего в ходе рейса был произведен отбор проб с 68 океанографических станций, 13 проб — с поверхности океана, а общее количество горизонтов отбора составило 860. Общее количество гидрохимических определений на борту судна составило 5917.

Целью гидробиологических исследований было изучение процессов трансформации органического вещества в пелагиали и бентали Баренцева и Карского морей, западной части моря Лаптевых, установление доминирующих форм фито- и зоопланктона, а также макрозообентоса в районе проведения работ.

Отбор проб для определения концентрации хлорофилла *a* и фитопланктона осуществлялся судовым пробоотборным комплексом SBE 32. Отбор количественных проб зоопланктона был выполнен сетью WP2 с размером ячеи 200 мкм. Отбор проб макробентоса был выполнен с использованием дночерпателя Ван-Вина, боксера и мультикорера.

Отбор проб для определения концентрации хлорофилла *a* и фитопланктона осуществлялся судовым пробоотборным комплексом SBE 32. Отбор количественных проб зоопланктона был выполнен сетью WP2 с размером ячеи 200 мкм. Отбор проб макробентоса был выполнен с использованием дночерпателя Ван-Вина, боксера и мультикорера.

Всего в ходе экспедиции было отобрано 247 проб хлорофилла *a* (измерены на борту), 47 определений первичной продукции на 24 станциях, 14 проб фитопланктона на 7 станциях, 24 пробы зоопланктона, 20 проб для определения вторичной продукции копепод, 52 пробы ДНК из морской воды, 38 проб макробентоса.

Целями палеоокеанологических работ являлись реконструкция ледниково-межледниковых изменений природной среды региона на основе детального комплексного анализа кернов морских осадков и изучение поверхностных осадков Карского моря и моря Лаптевых.

В ходе экспедиции производился отбор проб поверхностных осадков из боксера и мультикорера, кернов и проб осадков коротких (30–50 см) колонок, отобранных с помощью мультикорера и коробчатого боксера, и кернов длинных (до 3 м) колонок, отобранных с помощью ударной гравитационной трубки. Всего в ходе экспедиции морские геологические работы были проведены на 15 станциях на шельфе и континентальном склоне морей Карского и Лаптевых в диапазоне глубин от 30 до 460 м. Общая длина всех полученных кернов составила 34 метра.

Целью работ на островах явилось выявление вековых колебаний уровня моря в последние столетия и тысячелетия.

В ходе экспедиции были изучены комплексы береговых форм рельефа с геодезическим профилированием и отбором образцов грунта, плавниковой древесины, остатков морских млекопитающих для последующего установления их возраста и, тем самым, возраста форм

рельефа. Произведен отбор колонок озерных отложений в береговой зоне для установления возраста перехода морского водоема в пресноводный при изменениях уровня моря. Проведено описание обнажений четвертичных отложений с отбором образцов для установления возраста и происхождения островов. Всего в ходе работ на островах отобраны 79 образцов.

По программе иностранных участников рейса были выполнены следующие работы:

- произведен отбор проб приземного/приводного воздуха для определения состава и размера аэрозольных частиц и их влияния на образование облаков, определения продуцирования морских водяных брызг в зависимости от биологической активности и состояния моря;

- получены данные о скорости и направлении ветра, которые будут использованы для оценки влияния вклада судовых выбросов на образцы воздуха для определения аэрозольного состава;

- получены данные о распределении температуры в толще снега и льда на островах (ледниках) для изучения климатической изменчивости региона в прошлом и особенностей процессов аккумуляции льда и снега;

- проведена аэрофотосъемка поверхности островов в оптическом и инфракрасном диапазонах для изучения состава растительности на островах;

- отобраны пробы морской воды для а) исследования изотопного состава нитратного азота, йода, неодима, тория с целью прослеживания распространения и перемешивания водных масс морей Баренцева, Карского и Лаптевых, а также получения общей информации о биогеохимическом круговороте этих элементов в воде (химическая трансформация, взаимодействие с сушией и льдом, вертикальные потоки взвешенного вещества); б) определения в воде метана и диоксида азота для оценки потенциальных парниковых газов, которые могут продуцироваться в донных отложениях и водной толще; в) определения элементного состава растворенного органического вещества, окрашенного и флуоресцентного органического вещества, растворенных и общих углеводов, растворенных и общих аминокислот, микробиологического состава; г) определения концентрации и состава экзополлимерных частиц, ДНК-анализ, концентрации минеральных форм биогенных элементов для их последующего гидрохимического анализа;

- отобраны керны льда и снега с ледников для изучения наблюдаемых климатических изменений;

- отобраны образцы почвы для определения их биологического и химического состава и изучения арктических почв в условиях климатических изменений;

- отобраны пробы воздуха на островах для определения потоков парниковых газов, поступающих из почвы;

- отобраны образцы растений, мхов, лишайников и бактерий для определения их видов и оценки биоразнообразия.



Вертолет Ка-32 С на вертолетной площадке НЭС «Академик Трёшников».
Фото М.С. Махотина

За время работы экспедиции в соответствии с программой научных исследований был произведен обширный комплекс морских и наземных исследований. Получен большой объем данных и образцов, в том числе с редко посещаемых и малоизученных островов.

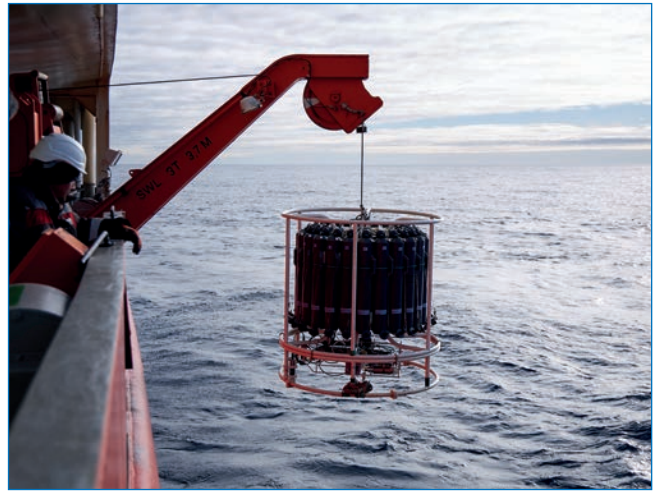
В ходе экспедиции получены подробные данные о термохалинном состоянии и особенностях распространения теплой атлантической водной массы вдоль континентального склона Карского и Лаптевых морей, включая желоб Святой Анны. Предварительный анализ данных о термическом состоянии исследуемых акваторий показал наличие положительной аномалии поверхностного слоя по сравнению с климатическими значениями, однако значение положительной температурной аномалии в 2021 году было меньше по сравнению с наиболее теплым за весь период инструментальных наблюдений 2019 годом. Впервые сотрудниками ААНИИ была установлена глубоководная притоленная автоматическая буйковая станция, данные которой позволят оценить межгодовую и сезонную изменчивость атлантических вод.

Характер пространственной изменчивости гидрохимических характеристик в районе континентального склона позволяет сделать вывод о влиянии водных масс с шельфа на глубоководную часть Арктического бассейна. Полученные данные о распределении гидрохимических характеристик позволят оценить особенности водообмена между шельфовой и глубоководной акваториями морей, а также между Карским и Лаптевых морями через проливы Вилькицкого и Шокальского. Область максимальных концентраций растворенного кремния в поверхностном слое, обнаруженная в восточной части Карского моря вплоть до пролива Вилькицкого, свидетельствует об аномальном смещении к востоку линзы речного стока Оби и Енисея.

В ходе проведения гидробиологических наблюдений была отмечена высокая концентрация хлорофилла а северо-восточнее острова Комсомолец в подповерхностном слое пикноклина (18–30 м), что крайне редко наблюдается в малопродуктивных арктических водах. Максимальным видовым разнообразием макробентос обладал на мелководных станциях в районе островов



Отбор зоопланктона при помощи сетки WP2.
Фото Ф. Фолпа



Пробоотборная система SBE-32 Carousel.
Фото Ф. Фолпа

Визе, Грэм-Белл и Уединения, а также в северной части пролива Шокальского.

Отобранные керны морских осадков позволят реконструировать условия палеосреды и характеристики водных масс в зависимости от флуктуаций уровня моря и взаимодействия атлантических вод, речного стока, процессов ледообразования и таяния.

Собранные на островах образцы позволят впервые определить возраст и генезис четвертичных отложений. Данные, полученные при помощи спутникового геодезического оборудования, позволили получить превышение береговых форм рельефа и разрезов четвертичных отложений в условной системе координат (WGS 84).

Материалы наблюдений пополняют базы данных, созданные в ААНИИ (например, базу данных термохалинных характеристик Северного Ледовитого океана), а также будут отправлены в Мировой центр данных ВНИИГМИ-МЦД. Полученная уникальная информация

будет использована при выполнении научно-исследовательских и технологических работ по плану Росгидромета, а также в проектах Минобрнауки. Полученные данные с высоким пространственным и временным разрешением позволят повысить точность прогнозирования и пространственно-временную детализацию рассчитываемых параметров с помощью математических моделей, что улучшит качество гидрометеорологического обеспечения морской деятельности в Арктике, включая акваторию Северного морского пути.

В заключение можно констатировать, что все участники рейса довольны полученными результатами, что дает основание рассчитывать на продолжение совместных международных исследований в Арктике.

*М.С. Махотин, Д.Ю. Большианов, В.В. Поважный,
И.А. Гангнус, Е.Е. Талденкова (ААНИИ)*

Участники комплексной международной экспедиции «Арктика-2021» на вертолетной площадке.
Фото Й. Бьёргвинссона

