© Гладышев С. В., Симонова О. А., 2022, Океанологические исследования, 2022, Том 50, № 4, С. 151–202

УДК: 910.4 DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2022.50(4).7

ЭКСПЕДИЦИИ НА СУДАХ ИО РАН 2022 г.: ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ, УЧАСТНИКИ, ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

С. В. Гладышев, О. А. Симонова

Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН,
Россия, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36,
e-mail: simonova@ocean.ru

В информационном обзоре освещаются экспедиции, организованные Институтом океанологии им. П. П. Ширшова РАН (ИО РАН) в 2022 г., и совместные экспедиционные исследования, проведенные с участием ИО РАН и других организаций. Кратко изложены основные задачи, суть работ и предварительные итоги прошедших в этом году экспедиций.

Ключевые слова: ИО РАН, экспедиции, рейсы, флот ИО РАН, натурные наблюдения, экспедиционные исследования 2022 г.

Экспедиции НИС «Академик Мстислав Келдыш» (АМК)

Рис. 1 – НИС «Академик Мстислав Келдыш». Фотогалерея ИО РАН

87-й рейс АМК
(07.12.2021 – 06.04.2022)

Антарктика, Атлантический океан (Юго-западная Атлантика)
Начальник экспедиции Е. Г. Морозов (ИО РАН)

Список организаций, участвовавших в экспедиции:

ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН, ФГБУН «Национальный научный центр морской биологии им. А. В. Жирмунского» ДВО РАН, ФГБУН Институт проблем морских технологий ДВО РАН, ФГБУН ФИЦ Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, ФГБУН ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН, ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцева РАН.

Основные задачи экспедиции:

1. Оценка гидрофизических процессов, состояния морской среды, структуры, продуктивности и функциональных параметров экосистемы антарктических вод в ключевых районах океанографических фронтов и крупномасштабной циркуляции Южного океана: пролив Брансфилда, бассейн Пауэлла, район Южных Оркнейских островов.
2. Исследование и оценка изменчивости водообмена между морем Уэдделла и проливом Брансфилда.
3. Оценка разнообразия биоты и структурно-функциональных характеристик морской экосистемы в малоисследованных районах бассейна моря Уэдделла, пролива Брансфилда и района Южных Оркнейских островов.
4. Исследования ресурсного потенциала антарктического криля и экосистемы Южного океана (Атлантический сектор Антарктики).
5. Исследование придонных потоков антарктических вод в глубоководных каналах Атлантики.
6. Привлечение молодых ученых, повышение их квалификации через вовлечение в передовые морские исследования мирового уровня в рамках программы «Образование через науку», принятой в Стратегии развития ИО РАН.

Предварительные научные результаты:

1. В антарктическом регионе выполнена 101 станция с разной степенью сочетания гидрофизических, гидрохимических, ихтиологических и гидробиологических наблюдений. Работы в Антарктике, связанные с ледовой обстановкой, данными альтиметрии, хлорофилла и другими показателями, планировались в соответствии с передаваемой спутниковой информацией.
2. В проливе Брансфилда выполнено 3 разреза поперек пролива. Исследовано перетекание донной воды из южной глубоководной котловины (глубина 1800 м) в северную.

3. Исследованы течения вдоль Южных Шетландских о-вов и обратное течение вдоль западного берега Антарктического полуострова, которое доходит до острова Десепшен, что ранее не было никем отмечено.

4. В проливе Брансфилда изучены характеристики двух разных водных масс и их изменчивость по сравнению с нашими работами 2005 и 2020 гг.

5. Проведены исследования первичной и бактериальной продукции микропланктона, численности и биомассы вирио- и бактериопланктона, содержание хлорофилла «а», количественных и качественных параметров фитопланктонных сообществ в эвфотическом слое в разных водных массах пролива Брансфилда.

6. Выполнена съемка в проливе Antarctic Sound. Обнаружено поступление вод из моря Уэдделла. В верхнем слое южной части пролива выделяются воды моря Уэдделла – более холодные и распресненные, по сравнению с водами пролива Брансфилда. Антарктическим летом 2022 г. в проливе обнаружены повышенные содержания хлорофилла «а» и мутности, по сравнению с летом 2020 г.

7. Море Уэдделла, западная часть. По данным анализа спутниковых наблюдений лед в Антарктике сильно отступил на юг, по сравнению с предыдущими годами, в связи с чем открылась возможность проведения исследований в более южных районах (до 63°30′ S, что не представлялось возможным 2 года назад). По спутниковым данным обнаружено повышение концентрации хлорофилла, обусловленное цветением после таяния льда, что подтверждено прямыми измерениями. Зарегистрировано интенсивное цветение клеток фитопланктона в прикромочной зоне ледяного покрова на шельфе северо-западной части моря Уэдделла в условиях одной из самых низких концентраций льда в январе за последние десятилетия.

8. В период с 29.01.22 по 07.02.22 был выполнен разрез от пролива Antarctic Sound к Южным Оркнейским островам через море Уэдделла из 19 станций с разными интервалами. На континентальных склонах станции делались с меньшим интервалом – до 5 миль. Показано, что западная и восточная части бассейна Пауэлла существенно различаются по своим гидрофизическим характеристикам и составу биоты. Изучены параметры фронтов и скоростей течений в западной части моря Уэдделла: прибрежное течение, склоновое течение и течение фронта Уэдделла. В восточной части на склоне плато Оркней фронт Уэдделла слабо выражен. В открытой части моря Уэдделла выделены положения водных масс: поверхностная прогретая зимняя вода, холодный подповерхностный слой, теплая вода моря Уэдделла, глубинная вода моря Уэдделла и около дна – донная вода моря Уэдделла.

9. В районе Южных Оркнейских островов выполнены ловы тралом Сигсби в двух глубоководных желобах: Оркнейском и Лори.

10. Исследован критический режим вытекания Глубинной воды моря Уэдделла в море Скотия через Оркнейский проход шириной несколько километров и глубиной 3600 м.

88-й рейс АМК
(23.08.2022 – 04.09.2022)

Норвежское, Гренландское, Баренцево моря
Начальник экспедиции А. А. Клювиткин (ИО РАН)

Список организаций, участвовавших в экспедиции:
ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН.

Основные задачи экспедиции:

1. Исследование пространственной изменчивости хлорофилла «а», окрашенного растворенного органического вещества, показателя ослабления света, а также температуры и солености на ходу судна с использованием проточного измерительного комплекса.
2. Оценка изменений потока фотосинтетически активной радиации, падающей на поверхность океана, в зависимости от широты и гидрометеорологических условий по данным судовых измерений и спутниковых наблюдений.
3. Получение комплекса данных натурных измерений биооптических характеристик в Норвежском, Гренландском и Баренцевом морях, в сочетании с данными спутниковых наблюдений, для разработки региональных алгоритмов количественной оценки концентрации хлорофилла, взвеси, содержания доминирующих видов фитопланктона, в первую очередь, кокколитофорид, а также для оценки параметров солнечной радиации, падающей на поверхность моря и проникающей в водную толщу.
4. Полевые испытания нового палубного спектрорадиометра в Норвежском, Гренландском и Баренцевом морях, анализ факторов, влияющих на качество измерений коэффициента яркости моря.
5. Исследование характеристик цветений массовых видов морского фитопланктона, в первую очередь, кокколитофоридных цветений, в зависимости от океанологических и гидрометеорологических условий, на основе данных судовых измерений и спутниковых наблюдений.
6. Проведение гидрологических зондирований на океанологических станциях судовым измерительным комплексом Rozett, оснащенным зондирующей системой SBE911 и 10-ти литровыми батометрами (24 шт.).
7. Проведение попутных наблюдений за переносом водных масс по пути следования судна.
8. Поиск и подъем Автоматической глубоководной седиментационной обсерватории (АГОС).
9. Изучение поверхностного распределения и состава водной взвеси (в том числе, фитопигментов) с помощью проточной системы.
10. Изучение распределения микропластика в поверхностном и подповерхностном слоях водной толщи.

Предварительные научные результаты:

Научная программа экспедиции «Европейская Арктика-2022: геологическая летопись изменений среды и климата» выполнена максимально успешно, насколько это было возможно. Проведено сопряженное исследование условий и процессов в верхнем слое изученной акватории на ходу судна. Подготовлено и смонтировано оборудование для работы следующей экспедиции.

1. Выполнен поиск автоматической глубоководной седиментационной обсерватории (АГОС), поставленной в августе 2021 г. в ходе 84-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш».

2. Исследована вертикальная гидрологическая структура водной толщи в Гренландском море в точке постановки АГОС.

3. Исследована динамическая структура подповерхностного слоя океана по маршруту следования. Выявлена неоднородность поля течений, обусловленная формированием вихревых структур в системе переноса теплых атлантических вод в Арктику под влиянием Северо-Атлантического течения.

4. Выполнен сбор частиц микропластика в поверхностном слое воды Норвежского, Гренландского и Баренцева морей. Потенциальные пластиковые частицы будут идентифицированы в стационарной лаборатории при помощи ИК-спектрометра с Фурье преобразованием.

5. Смонтирован и запущен в действие палубный спектрорадиометр ИО РАН. Подготовлено тяжелое геологическое пробоотборное оборудование (дночерпатели и ударная геологическая трубка большого диаметра) для работы в следующей экспедиции.

89-й рейс АМК (1-й этап)
(05.09.2022 – 18.09.2022)

Юго-западная часть Карского моря,
попутные исследования южной части Баренцева моря
Начальник экспедиции М. Д. Кравчишина (ИО РАН)

Список организаций, участвовавших в экспедиции:

ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, включая Атлантическое, Северо-Западное, Южное отделения и Санкт-Петербургский филиал Института, ФГБУН Институт оптики атмосферы им. В. Е. Зуева Сибирского отделения РАН, ФГБУН Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН00, ФГБУН ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, ФГБУН Институт микробиологии им. С. Н. Виноградского РАН, ФГБОУ ВО Московский физико-технический институт (государственный университет), ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, ФГБУН ФИЦ «Морской Гидрофизический институт» РАН, ФГБУН ФИЦ Институт Биологии Южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет, СПбГУ Институт наук о Земле.

Основные задачи экспедиции:

1. Проведение подсамолетных измерений, составляющих энергетического баланса подповерхностного слоя Карского моря с использованием УНУ «Самолет-лаборатория Ту-134 “Оптик”».

2. Исследование пространственной изменчивости хлорофилла «а», окрашенного растворенного органического вещества, показателя ослабления света, а также температуры и солености на ходу судна с использованием проточного измерительного комплекса.

3. Проведение непрерывного лидарного зондирования приповерхностного слоя морской воды для получения вертикальных профилей показателя ослабления света морской водой и последующего анализа пространственной изменчивости параметров этих профилей вдоль маршрута судна, в том числе в местах проведения подсамолетных измерений, а также информации о динамических процессах в приповерхностном слое морской воды, в частности, характеристик внутренних волн.

4. Оценка изменений потока фотосинтетически активной радиации, падающей на поверхность океана, в зависимости от широты и гидрометеорологических условий по данным судовых измерений и спутниковых наблюдений.

5. Получение комплекса данных натурных измерений биооптических характеристик в Баренцевом и Карском морях, в сочетании с данными спутниковых наблюдений, для разработки региональных алгоритмов количественной оценки концентрации хлорофилла, взвеси, содержания доминирующих видов фитопланктона, в первую очередь, кокколитофорид, а также для оценки параметров солнечной радиации, падающей на поверхность моря и проникающей в водную толщу.

6. Полевые испытания нового палубного спектрорадиометра в Баренцевом и Карском морях в условиях кокколитофоридного цветения и влияния речного стока, сравнение с данными плавающего спектрорадиометра, анализ факторов, влияющих на качество измерений коэффициента яркости моря.

7. Исследование характеристик цветений массовых видов морского фитопланктона, в первую очередь, кокколитофоридных цветений, в зависимости от океанологических и гидрометеорологических условий, на основе данных судовых измерений и спутниковых наблюдений.

8. Проведение гидрологических зондирований на океанологических станциях измерительным комплексом Rozett, оснащенным зондом SBE9 и 10-ти литровыми батометрами (24 шт.).

9. Проведение попутных наблюдений за переносом водных масс по пути следования судна.

10. Постановки и подъемы буйковых станций, с установленными на них измерителями Sontek-MD, инклинометрами и CTD-зондами.

11. Определение вертикальной структуры короткопериодных внутренних волн, их пространственных и кинематических характеристик в различных районах Карского моря по контактным измерениям.

12. Детектирование поверхностных проявлений мезомасштабных процессов с помощью фото- и видеосъемки.

13. Измерение прозрачности атмосферы в диапазоне спектра 0.34–2.14 мкм с целью определения характеристик изменчивости спектральных АОТ и общего влагосодержания атмосферы на маршруте экспедиции.

14. Исследование вариаций дисперсного и химического составов приводного аэрозоля в различных районах по маршруту судна; оценка содержания в аэрозоле поглощающего вещества.

15. Изучение распределения сажевого углерода по пути следования судна.

16. Регистрация основных парниковых газов (CH4 и CO2), а также водяного пара в приводном слое атмосферы по пути следования судна.

17. Оценка содержания в аэрозоле поглощающего вещества (сажи).

18. Изучение поверхностного и вертикального распределения и состава водной взвеси (в том числе фитопигментов, органического углерода, изотопного состава органического углерода, макро- и микроэлементов).

19. Измерение гранулометрического состава взвеси на счетчике Коултера.

20. Измерение гранулометрического состава взвеси in situ зондом LISST-Deep.

21. Изучение рассеянного осадочного вещества в наддонной воде, отобранной мультикорером.

22. Изучение распределения микропластика в поверхностном и подповерхностном слоях водной толщи.

23. Гидрохимический анализ проб воды: растворенный кислород, кремний, минеральные формы азота и фосфора, щелочность.

24. Определение уровня первичной продукции радиоуглеродным методом.

25. Определение численности, биомассы и видового состава фитопланктона южной части Баренцева моря.

26. Изучение современной и древней седиментации в юго-западной части Карского моря в зависимости от глобальных и региональных природных изменений.

27. Получение материала для высокоразрешающих реконструкций взаимодействия североатлантических и арктических вод во внутренних частях морей западного сектора Арктики.

28. Изучение расположения, строения, состава и возраста отложений осадочных тел (дрифтов), вероятно, образованных деятельностью придонных течений.

29. Комплексный литолого-геохимический и микропалеонтологический анализ осадков Карского моря.

30. Изучение изменчивости углеводородов (алифатических и полициклических ароматических), их концентраций и состава в процессе миграции при переходе из поверхностного микрослоя (ПМС) в толщу воды, в придонные воды и донные осадки в процессах седиментогенеза и раннего диагенеза в юго-западной части Карского моря и в южной части Баренцева моря, уделив особое внимание районам месторождений.

31. Изучение фундаментальных закономерностей диагенетического преобразования органического вещества в осадках Карского моря.

32. Изучение процесса накопления и выделения углеводородных газов из морских осадков (экологический аспект) в водную толщу.

33. Проведение микробиологических исследований водной толщи и донных осадков Карского моря.

34. Выделение тотальной ДНК из восстановленных донных осадков Карского моря.

35. Определение концентрации и изотопного состава растворенного метана в воде и осадках.

36. Определение содержания и состава углеводородов в поверхностной воде, взвеси и донных отложениях в качестве характеристик среды обитания различных групп микроорганизмов (гетеротрофных, углеводородокисляющих и липолитических бактерий).

37. Определение численности групп бактерий в поверхностном слое высеванием в различные питательные среды методом предельных десятикратных разведений.

38. Биохимическое определение концентрации АТФ микропланктона и хлорофилла «а».

39. Определение гетеротрофно-фотоавтотрофного индекса (HPI) и трофности вод исследованного района. Изучение продукционно-деструкционной сукцесии сообщества.

40. Подводная видеосъемка процесса отбора проб, фотодокументирование этапов работ, съемки короткометражного документального фильма, прошедшего конкурсный отбор Фонда поддержки регионального кинематографа.

Предварительные научные результаты:

Научная программа 1-го этапа экспедиции «Экосистемы морей Сибирской Арктики-2022: процессы в области арктического континентального склона» успешно выполнена. Впервые в Карском море проведены синхронные исследования с борта НИС «Академик Мстислав Келдыш» и с борта уникальной научной установки самолета-лаборатории Ту-134 «Оптик». Работы реализуются в рамках второго года выполнения проекта Минобрнауки РФ на проведение масштабных научных проектов мирового уровня. Уникальный климатический эксперимент проводился одновременно в Карском море и на территории Западной Сибири, где были выбраны озера и научные станции для дальнейших сопоставлений вклада суши и моря в состав воздуха и аэрозолей. Проведено сопряженное изучение условий и процессов современной и древней седиментации в западной части Карского моря с попутными работами в южной части Баренцева моря; оценены потоки вещества, парниковых газов и загрязнений для определения тенденций их изменения и, в конечном итоге, прогноза климата и социально-экономического развития региона.

Текущие и ожидаемые результаты мультидисциплинарных исследований в экспедиции:

1. Впервые в Карском море успешно выполнены синхронные исследования с борта НИС «Академик Мстислав Келдыш» и с борта самолета-лаборатории Ту-134

«Оптик» для оценок эмиссии парниковых газов и влияния подстилающей поверхности. Непосредственный пролет самолета над судном на расстоянии ~200 м от поверхности моря состоялся дважды – 9 и 10 сентября 2022 г. – для валидации авиационных алгоритмов расчета характеристик подстилающей водной поверхности.

2. Проведен климатический эксперимент в Карском море, включающий комплекс измерений с борта судна in situ (в водной толще и приводном слое атмосферы) с привлечением УНУ самолет-лаборатория Ту-134 «Оптик» (измерения в атмосфере и тропосфере) и спутниковой информации о поверхности моря.

3. Данные непрерывных газохимических измерений в приводном слое атмосферы, как правило, показывали фоновые концентрации метана (1,95 ppm), характерные для Арктического региона. Локально фиксировались существенно повышенные концентрации этого парникового газа: в Карском море на Приямальском шельфе при глубинах мельче 30–20 м при пересечении Байдарацкой губы (8 сентября, более 2,09 ppm) и в Баренцевом море к северу от о. Колгуев (16 сентября, около 2,05 ppm).

4. Выполнены исследования современной седиментационной системы, включая комплексное изучение рассеянного осадочного вещества и гидрохимических условий среды водной толщи, а также уровня первичной продукции в верхнем деятельном слое. Получен непрерывный ряд наблюдений массовой концентрации сажи (микрокристаллического углерода) – важного фактора, определяющего альбедо однократного аэрозольного рассеяния в видимой области спектра. Данные о потоках осадочного вещества будут получены после анализа данных двух Автоматических глубоководных седиментационных обсерваторий (АГОС), проработавших четверо суток на Приямальском шельфе.

5. Выполнены исследования углеводородов поверхностного водного микрослоя, представляющего собой геохимический барьер на границе атмосферы и гидросферы. Установлено концентрирование углеводородов в поверхностном микрослое во взвешенной форме.

6. На дне одной из депрессий Западно-Карской ступени впервые прицельно опробованы осадочные валообразные тела (глубина менее 300 м), которые интерпретированы как контуритовые дрифты. Эти структуры, образовавшиеся за счет деятельности придонных течений, возникли в голоцене (до 18 тыс. лет назад) при формировании морских условий в этом регионе. Первые данные изучения колонки, отобранной в центральной части предполагаемого дрифта, показали хорошую сопоставимость изменений световых характеристик осадка с горизонтами, выделенными по сейсмоакустическим данным.

7. Показано, что основу Ямальского течения в Байдарацкой губе составляют талые береговые воды и подток в залив по дну тяжелых и холодных вод Восточно-Новоземельского течения. Теплые баренцевоморские воды через пролив попадают в верхнюю часть губы и у берегов полуострова Ямал отворачивают на север. Два зональных разреза, выполненных от полуострова Ямал до Восточно-Новоземельской впадины, показали, что в сентябре распресненные воды рек Обь и Енисей достигали акватории архипелага Новая Земля.

8. Данные лидарного зондирования позволили зарегистрировать в проливе Карские ворота внутреннюю волну с периодом 4–8 минут на глубине 11–13 м.

9. С помощью термокосы в Карском море зарегистрированы внутренние волны амплитудой 3–11 м и периодом от 5 до 17 минут.

10. Изучено поле затухающего кокколитофоридного цветения в южной части Баренцева моря.

11. Проведена верификация сигналов поляризационного лидарного зондирования поверхностного слоя моря с данными вертикальных профилей распределения температуры, плотности, солености, флуоресценции хлорофилла и показателя ослабления света водой, что позволит получить информацию о положении термоклина и взвесенесущих слоев по всему маршруту судна.

12. Выполнен сбор частиц микропластика в поверхностном слое воды Карского и Баренцева морей. Потенциальные пластиковые частицы будут идентифицированы в стационарной лаборатории при помощи ИК-спектрометра с Фурье преобразованием.

13. Оценки активных процессов микробной сульфатредукции, а также микробного окисления растворенного метана, будут получены после анализа проб воды и осадков. Эти оценки, а также результаты исследования железомарганцевых конкреций, обнаруженных на поверхности дна в пределах Западно-Карской ступени, позволят расширить наши представления об особенностях процессов диагенеза в этом районе моря. Выделение тотальной ДНК из восстановленных донных осадков позволит выполнить анализ полного филогенетического состава микробных сообществ на основе данных высокопроизводительного секвенирования.

14. На основании экологии организмов, обнаруженных в составе ископаемых биоценозов, будут восстановлены многие физико-химические черты среды их обитания и захоронения в осадках, что позволит уверенно судить о солености, температуре, газовом режиме, подвижности вод в геологическом прошлом. В комплексе с изотопно-геохимическими и литологическими данными, изучение микроостатков планктонных бентосных организмов позволит проводить надежные реконструкции палеоклимата, чтобы понять механизмы климатических изменений в настоящем и будущем.

89-й рейс АМК (2-й этап)
(19.09.2022 – 10.10.2022)

Юго-западная часть Карского моря;
попутные районы южной части Баренцева моря
Начальник экспедиции М. В. Флинт (ИО РАН)

Список организаций, участвовавших в экспедиции:

ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, включая Атлантическое, Северо-Западное, Южное отделения и Санкт-Петербургский филиал Института, ФГБУН Институт оптики атмосферы им. В. Е. Зуева Сибирского отделения РАН,

ФГБУН Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН, ФГБУН ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук, ФГБУН Институт микробиологии им. С. Н. Виноградского РАН, ФГБОУ ВО Московский физико-технический институт (государственный университет), ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, ФГБУН ФИЦ «Морской Гидрофизический институт РАН», ФГБУН ФИЦ Институт Биологии Южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет, СПбГУ Институт наук о Земле.

Основные задачи экспедиции:

1. Оценка состояния морской среды, структуры, продуктивности и функциональных параметров экосистемы Карского бассейна в осенний сезон в начальный период формирования сезонного льда и максимальной аккумуляции в бассейне крупнейшего в Арктике речного стока.
2. Оценка физических, химических, геохимических и биологических процессов в разных районах шельфа, в области континентального склона и у южной кромки арктического льда в восточной малоизученной части Карского бассейна.
3. Исследование механизмов формирования биологической продукции, ее уровня и особенностей трансформации в осенний сезон в период осеннего выхолаживания бассейна и их вклада в общий годовой продукционный цикл и функционирование экосистем арктического шельфа и континентального склона.
4. Оценка развития инвазии краба *Chionoecetes opilio* – вида-вселенца в Карское море: состояния, пространственной структуры и динамики популяции. Оценка его воздействия на нативные донные экосистемы в разных районах бассейна.
5. Изучение абиотических и биотических параметров экосистем заливов восточного берега Новой Земли, содержащих могильники радиоактивных отходов. Точная локализация и оценка состояния особо опасных объектов, содержащих радиоактивные отходы, в Карском море, выявление возможных утечек радиоактивных загрязнений.

Предварительные научные результаты:

1. Проведены исследования пространственно-временной изменчивости термохалинной структуры вод в восточной части Карского моря, заливе Благополучия (восточный берег Северного острова Новой Земли) и прилежащем районе Карского бассейна. В исследованиях 2022 г. впервые наблюдалось уникальное мощное поступление Обско-Енисейских вод в залив Благополучия. Это меняло не только характерные величины солености в верхнем перемешанном слое, но и характер стратификации.
2. Для анализа водообмена между Карским морем и прилежащей глубоководной частью Северного Ледовитого океана, на перешейке между Новоземельской впадиной и западным отрогом желоба Святой Анны («порог Брусилова»), выполнен

разрез из 15 гидрофизических станций. Гидрологическая структура над порогом Брусилова по данным 2022 г. существенно отличалась от картины, полученной в наблюдениях двух предыдущих лет (сентябрь 2020 г. и июнь 2021 г.).

3. В восточной, наименее исследованной, части Карского моря (желоб Воронина) был впервые выполнен квазимеридиональный разрез, позволивший провести единовременные наблюдения за гидрофизической структурой, начиная от области континентального склона (глубина 1700 м) и ледовой кромки в период ее максимального отступления на север (82°13.68 с. ш.), до области, прилежащей к Таймыру на юге. Следует отметить отсутствие в этой области опреснения, связанного с влиянием речного стока 2022 г.

4. Оптические исследования в заливе Благополучия (Новая Земля), проведенные в последней декаде октября, показали, что в связи с резким сокращением пресноводного стока в залив сократилось и поступление взвешенного вещества.

5. В ходе экспедиции выполнены постоянные прямые измерения ФАР и проведено их сопоставление с расчетными величинами. В период наблюдений в Карском море с 22.09.2022 по 05.10.2022 падающая радиация из-за облачности высокой плотности была постоянно ниже расчетной, временами до 5 раз. Кроме того, продвижение судна на север привело к уменьшению расчетных значений еще в ~ 4 раза.

6. Получены оценки гидрофизических и биооптических характеристик поверхностного слоя Карского моря. Измерения проточным измерительным комплексом «Протока» выполнены на участках общей протяженностью 2500 км.

7. На большей части маршрута экспедиции отбирались пробы из проточной системы (43 пробы) с целью измерения показателя поглощения света морской водой. Повышенные значения поглощения ОРОВ a_g (443 *нм*), которые достигают значений 1.02–1.24 м$^{-1}$, наблюдаются в южной части Карского моря, максимальные – к северу от острова Белый (74–76° с. ш.), что указывает на выраженное влияние речного стока на район.

8. На всем маршруте экспедиции проведены сборы аэрозоля, что позволило получить данные по малоисследованному району Арктики. Также получены материалы для оценки содержания в аэрозоле поглощающего вещества – черного углерода, АОТ атмосферы в расширенном диапазоне спектра 0.34 – 2.14 мкм и химического состав аэрозоля.

9. Выполнено 60 замеров характеристик спектральной прозрачности атмосферы.

10. Исследования гидрохимических условий в заливе Благополучия (Новая Земля) осенью 2022 г. выявили повышенные концентрации кремния – более 10 μM и значения общей щелочности менее 2000 μM. В предшествующих многолетних наблюдениях содержание кремния никогда не достигало такого уровня и в среднем составляло >3 μM при достаточно высоком содержании силикатов в ледниковом стоке.

11. Работы на «Восточном» разрезе позволили проследить широтные изменения гидрохимических условий в обширном диапазоне – от кромки льда

и континентального склона на севере до области шельфа, прилежащей к Таймыру на юге. Исследовано распределение фосфатов, силикатов, нитратного и аммонийного азота на разрезе «Восточный».

12. Проведенный регрессионный анализ для вод поверхностного слоя на разрезе указывает на влияние енисейских вод на исследованную область восточного шельфа Карского моря.

13. На основе отбора проб в 43 точках по ходу движения судна были проанализированы гидрохимические характеристики из поверхностного слоя моря. Полученная картина, в отличие от спутниковой информации, не демонстрировала опресняющего влияния материкового стока вблизи берегов Новой Земли.

14. Получены оценки состава, количественных параметров и особенностей вертикального распределения фитопланктона в Карском море в районе залива Благополучия (Новая Земля) и восточной части бассейна, позволяющие характеризовать позднеосеннюю стадию сезонной сукцессии региональных фиоценозов. Получены оценки первичной продукции и концентрации хлорофилла «а», которые продолжают ряд многолетних наблюдений (начиная с 2007 г.) в этом районе Карского бассейна. Первичная продукция фитопланктона в столбе воды составила в среднем 75 мгС/м^2 в день, что в 3.8 раза выше, чем было отмечено ранее в осенний период в другие годы, например, в 2017 и 2020 гг.

15. В районе залива Благополучия (Новая Земля) в области прилежащего новоземельского шельфа и в восточной части Карского моря проведены исследования пикофитопланктона – фракции фитопланктона с размером клеток < 3 мкм, включающей цианобактерии и эукариотные водоросли в позднеосенний сезон. Отмечено в целом не характерное для восточной части Карского моря пространственное распределение первичной продукции и хлорофилла «а» разных размерных групп фитопланктона.

16. В ходе экспедиции получены данные о распределении мезозоопланктона в заливе Благополучия и в прилегающем районе Карского моря. В отличие от предыдущих наблюдений (2020 г.), средняя биомасса зоопланктона в заливе Благополучия в 2022 г. вдвое превышала биомассу в прилегающих водах Карского моря. Полученные данные позволили оценить роль зоопланктона в выедании биомассы фитопланктона в восточной части Карского моря.

17. Практически на всех станциях восточной части Карского моря в 2022 г. впервые обнаружено присутствие единичных взрослых особей краба-стригуна *Chionoecenes opilio.* Данный район труднодоступен для обследования, в связи с коротким безледным периодом. Предыдущие наблюдения 2015 г. не выявили присутствия краба.

18. Во всех районах работы экспедиции были получены материалы для оценки биогеохимических параметров осадков и биогенной взвеси. В экспедиции впервые получена характеристика распределения взвеси, взвешенного и растворенного органического углерода, а также исследован состав биомаркеров в северо-восточной части Карского моря.

19. Проведен анализ спектра распределения n-аканов. Отмечено, что на севере доля биогенного вещества существенно выше, а терригенное вещество сильно преобразовано. В южной части разреза доля биогенного ОВ существенно снижается.

20. На всем маршруте экспедиции в акваториях Баренцева и Карского морей в период с 19 сентября по 9 октября 2022 г. были проведены измерения концентрации метана, углекислого газа, водяного пара и содержания изотопа $\delta^{13}C_{CH4}$ в приводном слое атмосферы. Параллельно с измерениями малых газовых составляющих атмосферы велась запись метеорологических показаний – температуры воздуха, скорости и направления ветра, атмосферного давления и др., с использованием ультразвуковой метеостанции AIRMAR 150WX, входящей в состав измерительного модуля PICARRO G2132-i.

21. На «Восточном» разрезе отобраны пробы для оценки геохимических характеристик донных осадков северо-восточной части Карского моря и проведена их первичная аналитическая обработка.

22. При работе в заливе Благополучия были выполнены радиационно-гляциологические исследования. 25–26 сентября 2022 г. был осуществлен маршрут на ледник Налли, изначальной целью которого являлся отбор проб криоконита с поверхности ледника в интервале высотных отметок 460–600 м над уровнем моря, для дополнения полученных ранее радиогеохимических, геохимических и биологических материалов. Сделанные наблюдения и измерения параметров снежного покрова позволили впервые получить достоверную информацию о структуре гляциологических зон для этой части ледникового покрова Северного острова, на участке между ледниками Вершинского и Мощным.

23. В экспедиции были проведены учеты морских млекопитающих и птиц с борта судна.

24. Проведены исследования крупного захоронения контейнеров с ТРО в заливе Благополучия (Северный остров архипелага Новая Земля). С помощью АНПА «МТ-Пилигрим» была выполнена площадная гидролокационная съемка полигона размером 500×500 м в районе захоронения твердых радиоактивных отходов в центральной части залива. В результате удалось впервые получить полное гидролокационное изображение всего захоронения контейнеров с ТРО, определить его границы и получить данные для точного определения числа контейнеров. С помощью АНПА «МТ-Пилигрим» была выполнена подводная фотосъемка части захоронения. Проведенные измерения на грунте в некотором отдалении от контейнеров радиационного загрязнения не выявили.

25. С использованием БНПА «Видеомодуль» были выполнены фото- и видеонаблюдение поверхности дна и донной фауны при проведении биологических исследований.

ISSN (online): 2587-9634 / ISSN (print): 1564-2291
Океанологические исследования. 2022. Том 50. № 4. С. 151–202

90-й рейс АМК
(11.10.2022 – 29.11.2022)

Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское моря
Начальник экспедиции И. П. Семилетов (ТОИ ДВО РАН)

Список организаций, участвовавших в экспедиции:

ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук, ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, ФГОУ ВПО Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ФГОУ ВПО Национальный исследовательский Томский государственный университет, ФГОУ ВПО Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (Центр морских исследований), ФГОУ ВПО Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (Химический факультет), ФГОУ ВПО Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (Геологический факультет, ООО МГУ-геофизика), ФГБУН Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН, ФГБУН Институт оптики атмосферы СО РАН, АО Радиевый институт им. В. Г. Хлопина (Росатом), ФГОУ ВПО Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова, Сколковский центр науки и технологий, ФИЦ Институт прикладной физики РАН.

Основные задачи экспедиции:

1. Радиолокационная съемка морской поверхности судна с использованием панорамного когерентного радара с целью построения высокоразрешающих радиолокационных карт проявления приповерхностных динамических процессов по маршруту следования. Основное внимание будет уделено проявлениям внутренних волн, неоднородных приповерхностных течений, фронтальных зон; областей выхода метана на морской поверхности; ледяного покрова.

2. Подводная когерентная акустическая съемка в диапазоне 1–3 кГц во время дрейфа судна в районах с присутствием внутренних волн, природных выходов метана, неоднородных течений, интенсивного волнения.

3. Стереофотосъемка морской поверхности на маршруте движения судна с целью получения данных для восстановления характеристик ветрового волнения в широком диапазоне длин волн.

4. Получение исходных радиолокационных и акустических данных о Доплеровском сдвиге скоростей на маршруте движения судна и в дрейфе для развития метода дистанционного измерения параметров ветрового волнения и приповерхностного течения.

5. Исследование возможности построения гидроакустических карт районов с интенсивными выходами метана; определение таких характеристик, как скорость всплытия пузырьков и концентрации в зависимости от размера пузырьков.

Предварительные научные результаты:

Результаты выполненных мультидисциплинарных работ по научным направлениям отражают следующие данные:

1. Гидрофизические исследования. За время работ на 48 станциях было выполнено 51 зондирование; на 31 станции производился отбор проб воды батометром с заданных горизонтов. В течение 29 суток осуществлялись непрерывные наблюдения за поверхностными температурой и соленостью. Выявлены особенности пространственных масштабов и вертикальной структуры водных масс на шельфе Карского моря в октябре 2021 г. Показано, что положение опресненной линзы в Енисейском заливе в значительной степени контролируется ветровым воздействием и такими образом, имеет выраженную синоптическую изменчивость. Оценена интенсивность перемешивания опресненных поверхностных вод моря в период начала льдообразования и снижения объемов материкового стока.

2. Биогидрохимия океана. Изучены особенности биогидрохимической структуры вод Карского и Печорского морей в период начала льдообразования и снижения объемов материкового стока. Особое внимание уделено эстуарным водам (рр. Обь, Енисей, Пясина, Печора) и водам вокруг пингообразных морфоскульптур. В донных осадках измерялись pH и Eh.

3. Газогеохимия системы «донные осадки – водная толща». Проанализированы 69 проб поверхностной воды на содержание метана. Для лабораторных исследований отобрано и законсервировано для лабораторного анализа 120 проб воды с горизонтов водной толщи и 59 вытяжек из донных осадков. На лазерном абсорбционном анализаторе LGR выполнены более 2000 тысяч маршрутных измерений CH_4 и CO_2, с частотой до 60 измерений в минуту. Прослеживается тренд уменьшения концентраций метана в сторону побережья.

4. Газообмен в приводном слое атмосферы. В период съемки для районов работ не отмечены выраженные проявления повышенной разгрузки метана, характерные для Восточно-Сибирского моря и моря Лаптевых. Наблюдались достаточно большие мезомасштабные (с временным масштабом от нескольких часов до суток и более) вариации концентрации метана амплитудой до 50–100 ppb в Карском и Печорском море, связанные, вероятно, в большей степени с переносом воздушных масс с суши.

5. Атмосферные аэрозоли. За 38 дней экспозиции фильтров выполнены более 5300 серий измерений счетной концентрации аэрозольных частиц и 5100 серий измерений концентрации черного углерода. Экспонировано следующее количество фильтров: по 12 для первого, второго и третьего каналов большой воздуходувки и по 25 фильтров для первого и второго каналов малой воздуходувки. Наибольшие концентрации черного углерода eBC (в диапазоне более 1000 нг/м^3) зарегистрированы на траверзе о. Колгуев Баренцева моря, предположительно объясняемые антропогенной нагрузкой. Высокие счетные концентрации частиц N_A до 500 см$^{-3}$ наблюдались согласованно с данными о значениях концентраций eBC, аналогично в местах активного судоходства и нефтегазодобычи. Среднее значение N_A в период рейса составило

20 см$^{-3}$, eBC – 260±3250 нг/м^3, что сопоставимо с результатами ранее выполненных наблюдений.

6. Галоорганические загрязнители. Отобраны 20 проб воздуха (включая холостые пробы и сравнительные образцы загрязнения с самого судна) для полуколичественного анализа галоорганических поллютантов методом двумерной газовой хроматомасс-спектрометрии с термодесорбцией. На наличие хлор- и бромфенолов и полиароматических углеводородов в лабораториях САФУ будут проанализированы 20 проб морской воды.

7. Литология и донная криолитозона. Для всесторонних лабораторных исследований отобраны: 12 кернов донных осадков и придонная вода – мультикорером, 4 длинных керна – гравитационной трубой и 32 вырезки донных осадков – дночерпателем «Океан».

8. Водные гуминовые системы. Выполнены работы на 25 станциях. Отобраны 97 образцов окрашенного растворенного органического вещества (CDOM, для изучения оптических свойств растворенного органического вещества), 97 образцов для определения DOC (растворенного органического углерода) и 28 проб из окисленного и восстановленного горизонтов донных осадков (для изучения фракционирования органического вещества и установления молекулярного состава фракций в осадках методом пиролиза, МС ИЦР ПФ и ГХ МС). Для твердофазной экстракции с каждого горизонта на каждой станции было отобрано по 4–5 л воды для выделения растворенного органического вещества (POB) с помощью картриджей Bond Elute PPL.

9. Гидробиология. Выполнены работы на 35 комплексных станциях, отобраны 52 образца из дночерпателя (из них 28 количественных и 24 качественных проб, 10 количественных проб зоопланктона). Для изучения бактериальных сообществ на 27 станциях отобраны образцы грунта (по 3 реплики), поверхностной (по 3 фильтра) и придонной (по 3 фильтра) воды и образцы пищеварительной системы беспозвоночных животных. На 18 станциях отобраны образцы бентосных животных. Посеяно и заморожено 15 образцов водорослей (5 видов по 3 реплики), посеяно 6 образцов воды (3 – придонная, 3 – поверхностная) и 13 образцов пищеварительной системы бентосных животных. Из всех образцов морской воды, профильтрованных через фильтры Sterivex, была выделена тотальная бактериальная ДНК (84 образца). Изучены биологические обрастатели твердых субстратов на примере образца годовой экспозиции со дна пролива Вилькицкого.

10. Радиолокационные и оптические наблюдения поверхности моря. Получен экспериментальный материал, позволяющий восстановить характеристики динамических процессов в верхнем слое океана (ветрового волнения, внутренних волн, неоднородных течений, ледовых полей, метановых выходов), развить модели формирования доплеровского сдвига частот радиоволн СВЧ диапазона и акустических волн при рассеянии на морской поверхности, расширить методы восстановления направленных пространственно-временных спектров ветрового волнения и скоростей течений в верхнем слое океана и на его поверхности по данным комплекса когерентных средств дистанционного зондирования.

11. Донная сейсмология. Выполнены кратковременные измерения донных сейсмических шумов в 5 пунктах, положение подводной мерзлоты в которых заверено бурением (1 пункт в Карском море и 4 в Печорском море). С помощью полученных записей будет определена глубина залегания кровли подводной мерзлоты методом HVSR (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio) и обоснована применимость этого метода в арктических морях.

12. Электромагнитное зондирование морского дна. Выполнены 169 геоэлектрических профилей общей длиной около 2700 погонных километров. Объем данных – 65372 точки зондирования. Получены уникальные данные о геокриологическом строении мелководного шельфа Печорского моря. В данном регионе были выполнены два основных региональных галса протяженностью более 500 морских миль, простирающихся с запада на восток. Полученные данные при последующей обработке позволят уточнить региональную схему распространения мерзлых толщ и выделить региональные таликовые области.

13. Акустические исследования. С регистрацией подводного рельефа и акустических аномалий водной толщи пройдены: с широкополосным эхолотом – 819 миль, узкополосным – 5820 миль. Профилированием локатором бокового обзора составлены 3D изображения некоторых участков дна в Печорском море.

14. Научно-образовательная активность в рамках Школы молодых ученых («Плавучий университет»). На борту судна на 1 этапе экспедиции работала 2-я Школа молодых ученых. Прочитаны 27 лекций, включая 10 – непосредственно молодыми учеными.

91-й рейс АМК
(10.12.2022 – 28.12.2022)

Балтийское море (Гданьский бассейн, восточная часть Финского залива)
Начальник экспедиции Е. С. Бубнова (АО ИО РАН)

Список организаций, участвовавших в экспедиции:
ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН.

Основные задачи экспедиции:

1. Выявление зимних особенностей гидролого-гидрохимических процессов в Балтийском море. Главный пикноклин на границе верхнего (распресненного) и нижнего (осолоненного) слоев Балтийского моря является препятствием для глубокой аэрации, что способствует гипоксии и сероводородному заражению глубинных вод. В связи с этим необходимо продолжение мониторинга путей распространения и трансформации этих вод.

2. Изучение распространения углеводородных газов в воде и донных осадках Балтийского моря. Проведение газо-геохимических исследований донных осадков и придонных вод.

3. Получение уточненных списков видов планктона и бентоса (чек-листов), актуализация сведений по пространственно-временной изменчивости планктонных и бентосных сообществ Балтийского моря. Для оценки состава и структуры биологических сообществ в Гданьском бассейне и Финском заливе в осенне-зимний период и описания характеристик распределения некоторых массовых чужеродных видов Балтийского моря на океанологических станциях будет выполняться пробоотбор фито-, зоо-, ихтиопланктона и макрозообентоса.

Рейс выполняется. Результаты пока не представлены.

Экспедиции ПС «Академик Иоффе» (АИ)

Рис. 2 – НИС «Академик Иоффе». Фотогалерея ИО РАН

60-й рейс АИ
(22.12.2021 – 07.02.2022)

Центральная Атлантика

Начальник экспедиции Е. В. Иванова (ИО РАН)

Список организаций, участвующих в экспедиции:

ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, в том числе Атлантическое отделение Института, ФГБУН ФИЦ Институт биологии Южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Кафедра океанологии Географического факультета.

Основные задачи:

1. Определение структуры и переноса Антарктических донных вод (ААДВ) и Северо-атлантических глубинных вод (САГВ) в Гвианской котловине.

2. Исследование структуры и переноса ААДВ в трансформных разломах Вима и Долдрамс как важнейшего механизма водообмена между западной и восточной Атлантикой. Результаты будут базироваться на данных CTD зондирования до дна и измерениях скоростей течений при помощи АСМ.

3. Определение изменений характеристик Антарктической донной воды в разломе Вима по сравнению с экспедициями прошлых лет.

4. Определение содержания кислорода и биогенных элементов, главным образом в слоях ААДВ и САГВ.

5. Измерения параметров состояния поверхностного перемешанного слоя океана.

6. Непрерывное сейсмоакустическое профилирование вдоль маршрута экспедиции от границы экономической зоны Испании до полигона в трансформной долине Вима, далее до разреза через Гвианскую котловину, от границы экономической зоны Бразилии через поднятие Сеара, к полигону Долдрамс. Интерпретация волновой сейсмоакустической картины на основе корреляции с геологическими разрезами отобранных колонок донных осадков и литературных данных.

7. Изучение верхней части осадочного чехла в трансформной долине Вима Срединно-Атлантического хребта. Детальная сейсмоакустическая съемка на трех микрополигонах для поиска перспективных для опробования осадочных тел. Отбор колонок донных осадков по результатам батиметрической съемки и сейсмопрофилирования, проведенных в 2019 г. в 45-м рейсе НИС «Академик Николай Страхов».

8. Сбор взвеси из придонного слоя водной толщи. Планируется проверить предполагаемый вклад выносов Амазонки и ААДВ в осадконакопление на планируемом полигоне, выявить присутствие контуритов и отложений гравитационных потоков, оценить мощность верхнего окисленного горизонта и содержание в нем карбоната кальция.

9. Изучение верхней части осадочного чехла в карманах трансформной долины Долдрамс Срединно-Атлантического хребта. Отбор колонок донных осадков по результатам батиметрической съемки и сейсмопрофилирования, проведенных в 2019 г. в 45-м рейсе НИС «Академик Николай Страхов».

10. В системе мегатрансформа Долдрамс гидрофизическими измерениями в том же рейсе установлено присутствие ААДВ, перетекающих из Западной в Восточную Атлантику. Цель – проверить, вносит ли поток ААДВ вклад в латеральный транспорт осадочного материала, как это сочетается с пелагической биоседиментацией и менялась ли интенсивность этих процессов в четвертичное время.

11. Изучение распространения и изменения морфометрических характеристик осадочных волн на поднятии Сеара, а также состава слагающих эти волны осадков.

12. Исследование взаимодействия процессов латеральной седиментации на поднятии Сеара и конусе выноса Амазонки.

13. Выполнение комплексных геолого-геофизических и гидрофизических исследований на нескольких станциях с отбором проб взвеси из придонного слоя для оценки потока ААДВ и вклада в осадконакопление.

14. Попутные измерения приходящей коротковолновой и длинноволновой радиации на морскую поверхность при различных режимах облачности.

15. Установление зависимости радиационных потоков от характеристик облачного покрова.

16. Получение высокоразрешающих снимков небесной сферы с использованием облачной камеры высокого разрешения и количественная оценка характеристик облачного покрова, включая покрытие облаками различной оптической плотности.

17. Непрерывный учет китообразных по пути следования судна (без затрат судового времени). Исследование их сезонной динамики распределения, видового состава и относительной численности в районе работ. А также изучение особенностей поведения, суточной динамики, межвидовых взаимоотношений китообразных в период зимовки.

Предварительные научные результаты:

1. На основе собранных данных предварительно выявлены различия в строении верхней части осадочного заполнения разлома Вима с запада на восток, выделены и прослежены по профилям шесть сейсмофациальных горизонтов.

2. В западной части разлома на большие расстояния тянется ровное дно с акустически стратифицированной толщей осадков и резкими рефлекторами. На одной из станций тяжелой гравитационной трубкой удалось пробить очень плотные осадки и установить геологическую природу поверхностного высокоамплитудного рефлектора, а также дать предварительную геологическую интерпретацию нижележащих рефлекторов.

3. В восточной и центральной частях разлома хорошо выражена структура верхних 20–50 м осадочной толщи, представляющая собой чередование акустически прозрачных и стратифицированных интервалов. В местах неглубокого залегания сейсмических рефлекторов удалось вскрыть верхние из них 2–3 колонками донных осадков.

4. На всех полигонах в разных соотношениях вскрыты интервалы доминирования как преимущественно вертикальной пелагической (в самой восточной части разлома), так и латеральной седиментации. Последние представлены оползневыми отложениями, турбидитами и контуритами с соответствующими им специфическими признаками. Морфологические, сейсмоакустические и литологические данные свидетельствуют о значительной роли Антарктических донных вод в формировании пост-тектонического рельефа и осадочной толщи разлома.

5. В разломе Вима на главной седловине впервые за последние 15 лет зафиксированы воды с низкой потенциальной температурой – 1.6 °C, причем слой ААДВ заглубился более чем на 200 м по сравнению с измерениями 2019 г.

6. Перенос ААДВ на север зафиксирован в самой восточной части разреза через Гвианскую котловину, вблизи САХ. Перенос нижней северо-атлантической глубинной воды на юг происходит в основном вдоль восточного склона поднятия Сеара, а также между его западным склоном и конусом выноса Амазонки. ААДВ здесь не идентифицированы, несмотря на глубину около 4 км. В целом наблюдается потепление всех составляющих САГВ, похолодание и распреснение ААДВ.

7. Проведены измерения солнечной радиации в рамках валидации системы автоматической регистрации этого параметра.

8. Выполнено сопоставление классификаций облачности, используемых Роскомидрометом и Всемирной метеорологической организацией, что позволит существенно расширить существующие базы данных за счет неучтенных пока исторических наблюдений.

9. Проведены наблюдения за параметрами волн в зависимости от погодных условий, в частности во время шторма. Установлены референсные значения, которые будут использованы для проверки моделей волнения.

10. По пути следования судна наиболее часто встречались короткоклювые обыкновенные дельфины (6 встреч, 27 особей) и атлантические белобокие дельфины (2 встречи, 14 особей).

61-й рейс АИ
(28.06.2022 – 12.07.2022)

Балтийское море (Гданьский бассейн, Гданьско-Готландский порог, восточная часть Финского залива)

Начальник экспедиции М.О. Ульянова (АО ИО РАН)

Список организаций, участвовавших в экспедиции:

ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, ФГАОУ ВО Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Атлантический филиал ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, ФГБОУ ВО Российский государственный гидрометеорологический университет, ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, ФГБОУ ВО Калининградский государственный технический университет, ФГБОУ ВО Севастопольский государственный университет, ФГБУН Институт озероведения РАН, Калининградское региональное отделение общественной организации «Российское геологическое общество», ФГБУК Музей Мирового океана, ФГБОУ ВО Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), ФГБОУ ВО Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К. И. Скрябина, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет, ФГБОУ ВО Московский физико-технический институт.

Основные задачи экспедиции:

1. Выявление особенностей гидролого-гидрохимической структуры Балтийского моря.
2. Исследование экологического состояния морской среды.
3. Изучение распространения углеводородных газов в морской среде.
4. Комплексная океанологическая съемка на морской площадке Калининградского карбонового полигона (восточный склон Гданьской впадины).
5. Исследование литостратиграфических комплексов Балтийского моря с использованием высокоразрешающего сейсмоакустического профилирования и стратиграфического расчленения заверочных колонок донных осадков.
6. Выявление литологических и геоморфологических индикаторов придонных течений.
7. Проведение V Международной летней школы «Береговая зона моря: исследования, управление и перспективы» БФУ им. И. Канта совместно с АО ИО РАН.

Предварительные научные результаты:

1. Гидролого-гидрохимические:

1.1. В Гданьской впадине оксиклин (0–8 мл/л) находился на глубинах 40–85 м, совпадая с галоклином и несколько превышая его. Оксиклин был приподнят в направлении юго-восточного склона впадины. С нижней частью оксиклина совпадал промежуточный нефелоидный слой, что позволяет сделать предположение о его биогеохимическом, а не гидродинамическом происхождении.

1.2. В придонном слое впадины (мощностью до 20 м) отмечены бескислородные условия, которые сочетались с максимальными значениями фосфора, фосфатов (>170 мкг/л).

1.3. Концентрация растворенного сероводорода достигала здесь 2.2 мг/л, причем не в центре впадины (глубина 100–105 м), а на глубинах около 90 м. Следовые количества сероводорода (до 0.035 мг/л) были зафиксированы над галоклином.

1.4. В поверхностном слое моря обращает на себя внимание локальное понижение концентрации кислорода над юго-восточным склоном впадины – в верхней части двухступенчатого термоклина, на глубине 10–15 м.

1.5. В придонном слое восточной части Финского залива (к востоку от о. Гогланд) зафиксирована гипоксия (содержание растворенного кислорода <2 мл/л). Она сопровождалась максимальными значениями концентрации фосфатов (до 175 мкг/л).

1.6. В поверхностном слое моря содержание кислорода заметно снижалось (от 8 до 6 мл/л) по мере приближения к устью р. Нева. Напротив, максимальные значения концентрации нитритов (1.8 мкг-ат/л) были зафиксированы вблизи устья Невы, что, очевидно, обусловлено ее стоком. В открытой части Финского залива максимум нитритов прослеживался на глубине 10–20 м.

2. Гидробиологические исследования:

2.1. В мористой части Гданьского бассейна концентрация хлорофилла «а», отражающая обилие фитопланктона, была, в основном, на низком уровне (< 2 мкг/л).

Вдоль северного побережья Калининградской области она была выше в 2–3 раза, что соответствует среднему уровню эвтрофирования вод. В фотическом слое (~0–21 м) отмечены проявления цианобактериального «цветения» моря, подповерхностная фаза.

2.2. Развитие зоопланктона соответствовало характерному для летнего сезона составу массовых видов. Не отмечено значительного развития чужеродного понто-каспийского рачка Cercopagis pengoi.

2.3. В прибрежной зоне выявлено присутствие нескольких групп беспозвоночного нектона (Mysida, Amphipoda, Decapoda), два вида личинок рыб, чужеродная планктонная кладоцера Cercopagis pengoi.

2.4. В глубоководных районах ниже галоклина, а также на глубинах 12–25 м, отмечены ранние стадии (эфиры) медуз (предположительно Cyanea capillata) от 0.5 до 5.0 см в диаметре. В прибрежной зоне моря медузы были представлены видом Aurelia aurita.

2.5. На дне эрозионной долины, расположенной на юго-восточном склоне Восточно-Готландской впадины (глубины от 80 до 120 м), подтверждено существование популяции двустворчатых моллюсков Astarte borealis, что объясняется поступлением придонных вод из Слупского желоба.

2.6. В прибрежной зоне моря состав, структура и количественное развитие зообентоса находилось в пределах межгодовой изменчивости. Отмечено присутствие ювенильных особей разных видов моллюсков и их планктонных личинок.

2.7. В восточной части Финского залива развитие фитопланктона было в целом значительнее, чем в Юго-Восточной Балтике (Гданьском бассейне). В мористой части района среди видов, формирующих цветение, преобладал Aph. flosaquae, причем значительная часть колоний находилась на стадии отмирания. Вблизи устья р. Невы визуально фиксировались протяженные пятна поверхностного цианобактериального цветения, предположительно Dolichospermum spp.

2.8. Чужеродный понто-каспийский рачок Cercopagis pengoi повсеместно встречался на уровне массового вида, образуя скопления, видимые невооруженным глазом в воде и на планктонных сетях.

3. Геолого-геофизические исследования:

3.1. По предварительным исследованиям 4-х колонок донных осадков, отобранных в Гданьской впадине (литологическое описание, спектрофотометрия, рентгенофлюоресцентный анализ, магнитная восприимчивость), выделено 3 литостратиграфических комплекса: глины Балтийского ледникового озера, глины Анцилового озера, илы литориновой и пост-литориновой стадий Балтийского моря. Литориновые и пост-литориновые илы имеют пониженные значения магнитной восприимчивости и содержания терригенных элементов. Повышенное содержание свинца и цинка в верхней части этого комплекса обусловлено антропогенным влиянием.

3.2. Осадки двух озерных стадий (комплексов) наоборот, характеризуются повышенными значениями магнитной восприимчивости и содержания терригенных элементов. Отличительным признаком осадков Анцилового озера являются гидротроилитовые прослои черного цвета с высокими значениями магнитной

восприимчивости, обусловленными присутствием аутигенных минералов – пирита и грейгита.

3.3. По геоакустическим данным уточнена граница выклинивания литориновых и пост-литориновых алевро-пелитовых осадков на фоне ее постепенного заглубления с 50 м до 90 м в северо-западном направлении.

3.4. У подножия восточного склона Гданьской впадины впервые зарегистрирована небольшая депрессия донного рельефа (1–2 м) в сочетании с примыкающим к ней клиновидным телом литориновых и пост-литориновых (морских) осадков. Зафиксированы акустические аномалии, связанные с газонасыщенными осадками.

3.5. На дне восточной части Финского залива по геоакустическим данным выявлены многочисленные «эрозионно-аккумулятивные пары», которые свидетельствуют о существенном влиянии придонной гидродинамики на осадконакопление. Зафиксированы акустические аномалии, связанные с газонасыщенными осадками.

62-й рейс АИ
(18.07.2022 – 11.09.2022)

Атлантический океан (субтропическая, субэкваториальная и экваториальная области восточной части Атлантического океана), Балтийское море
Начальник экспедиции Л. Д. Баширова (АО ИО РАН)

Список организаций, участвовавших в экспедиции:
ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН.

Основные задачи:

1. Гидролого-гидрохимические исследования для изучения параметров водной толщи: гидрофизическое зондирование, отбор проб воды для определения гидрохимических показателей (содержания кислорода, кремния, фосфора) и фильтрация взвешенного вещества на борту судна.
2. Сбор данных о течениях субполярного круговорота Северной Атлантики и характеристиках водообмена между Арктикой и Северной Атлантикой, оценка межгодовой изменчивости основных водных масс и течений круговорота.
3. Сбор данных о термохалинной структуре и водных массах, исследование изменчивости характеристик субполярного круговорота Северной Атлантики.
4. Видеосъемка морского дна и оценка скорости придонных течений на комплексных океанологических станциях.
5. Геофизическое профилирование участков дна глубоководных проходов для изучения особенностей формирования четвертичного осадочного чехла.
6. Прицельный отбор поверхностных осадков для интерпретации геоакустических данных и палеоокеанологических реконструкций.
7. Диагностика термохалинной структуры и структуры течений субполярного круговорота Северной Атлантики – основных компонент АВГК.

Предварительные научные результаты:

1. Выполненные в проходе Западном измерения подтвердили наличие трансформированной Антарктической донной воды на входном пороге и южном склоне котловины прохода сразу за порогом.

2. В центральной впадине прохода Дискавери подтвердились ранее полученные результаты (рейсы АНС-43, АИ-59 в 2019 и 2021 гг.) – здесь наблюдался придонный квазиоднородный слой мощностью более 200 м с температурой 1.993 °С. На поперечном разрезе через наиболее узкую часть прохода наблюдался менее мощный, по сравнению с результатами прошлогодних измерений (АИ-59), слой ААДВ, скорости придонных течений оказались ниже значений, полученных в прошлом году.

3. На поперечном разрезе через проход Кейн обнаруженная ААДВ со значениями температуры менее 1.9 °С занимает слой от глубин 4320–4400 м до дна. Минимальная температура (1.846 °С) отмечалась в придонном слое центральной части разреза. Измерения на поперечном разрезе показали, что в момент выполнения съемки в проходе преобладало течение северо-западного направления.

4. Измерения, проведенные в трех каналах разлома Романш, обеспечивающих перенос ААДВ в придонном слое во впадину Вима, показали, что самые холодные (0.695 °С), наименее соленые (34.804 PSU) и самые плотные (46.039 кг/м^3) воды переносятся через северный канал. В двух других каналах минимальные значения температуры составляли 0.748 °С в центральном канале и 0.736 °С в южном, самом мелководном канале. Абиссальный термоклин (пикноклин) между ААДВ и САГВ наблюдался в диапазоне глубин 3700–4200 м. Верхняя граница пикноклина соответствовала изолиниям потенциальной температуры 1.9–2.0 °С, нижняя граница – изотермам 1.1–1.2 °С. Здесь были отмечены максимальные скорости течений, превышавшие 10 см/с.

5. На поперечном разрезе через Гвинейский купол (верхние 1000 м) в северном и северо-восточном направлениях наблюдалось уменьшение толщины верхнего квазиоднородного слоя и глубины залегания термоклина, что указывает на подъем холодных глубинных вод. На выполненном разрезе идентифицированы 3 водные массы: Северотропическая поверхностная, Южноатлантическая центральная и Антарктическая промежуточная.

6. К югу от глубоководного прохода Западного отобраны поверхностные донные осадки, представленные песчано-алевритовыми глинами светло-коричневого цвета с единичными включениями гравийного материала, представленного известняком. Песчаный материал состоял в основном из раковин фораминифер. Степень растворения раковин высокая.

7. По данным акустического профилирования к югу от глубоководного прохода Западного, а также к северу от глубоководного прохода Кейн, обнаружены седиментационные волны. Осадки в глубоководных проходах предположительно сформированы в плейстоцене-голоцене под влиянием придонного контурного течения ААДВ, которое зафиксировано в проходах по данным гидрофизического зондирования.

8. Осадки в юго-восточной части Иберийской котловины стратифицированы, представлены на сейсмоакустических записях множественными параллельными рефлекторами.

63-й рейс АИ
(29.09.2022 – 07.12.2022)

Восточная тропическая Атлантика, попутные наблюдения в Средиземном море
Начальник экспедиции Е. В. Иванова (ИО РАН)

Список организаций, участвовавших в экспедиции:

ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, ФГОУ ВПО Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (Географический факультет), ФГБУН ФИЦ Институт биологии южных морей А. О. Ковалевского РАН.

Основные задачи:

1. Непрерывное сейсмоакустическое профилирование вдоль маршрута экспедиции вне экономических зон прибрежных государств до полигона Романш-Чейн и на обратном пути с целью выбора наиболее перспективных объектов для дальнейших геолого-геофизических исследований и расширения созданной в ИО РАН базы данных сейсмоакустических образов Атлантики.

2. Изучение верхней части осадочного чехла в трансформной долине на полигоне Романш-Чейн. Детальная сейсмоакустическая съемка, отбор колонок донных осадков по имеющимся в литературе результатам батиметрической съемки, а также по ожидаемым данным сейсмопрофилирования.

3. Интерпретация волновой сейсмоакустической картины на основе корреляции с геологическими разрезами отобранных колонок донных осадков и скважин глубоководного бурения с учетом литературных данных. Предполагается выявить присутствие осадочных волн, контуритов (в т.ч. контуритовых осадочных волн и небольших дрифтов) и отложений гравитационных потоков, а также наличие карбонатных отложений для дальнейшей оценки геологического возраста.

4. Магнитная съемка на полигоне Романш-Чейн и на части маршрута экспедиции с использованием современной цифровой аппаратуры для выяснения источников и природы магнитных аномалий региональных тектонических структур, выявление магнитных аномалий.

5. Исследование структуры и переноса ААДВ в трансформных разломах Романш и Чейн как важнейшего механизма водообмена между западной и восточной Атлантикой. В разломах планируется изучение межгодовых изменений структуры потока и переноса ААДВ. Результаты будут базироваться на данных CTD-зондирования до дна и измерениях скоростей течений при помощи АСМ.

Предварительные научные результаты:

1. Непрерывное сейсмоакустическое профилирование по маршруту экспедиции вне экономических зон прибрежных государств дополнило базу сейсмоакустических данных, собранных в регулярных рейсах ИО РАН в Атлантическом океане (2009–2022 гг). Для интерпретации полученных данных съемка выполнена через скважины глубоководного бурения.

2. Впервые исследована с высоким разрешением акустическая структура верхней части осадочной толщи, заполняющей долины трансформных разломов Романш и Чейн. Установлено мозаичное распределение участков с разным акустическим имиджем осадков. Основным фактором этой мозаичности является сильно расчлененный рельеф дна долин трансформных разломов. Выявлен характер переходов между сейсмофациальными типами донных осадков разного генезиса, а также аккумулятивные и эрозионные формы рельефа.

3. Выделены основные типы сейсмофаций осадков разного генезиса, характерные для района исследования, включая сейсмофации гравититов и предполагаемых контуритов в долинах трансформных разломов Романш и Чейн.

4. Обнаружено предполагаемое поле захороненных контуритовых осадочных волн и небольшой пластерный дрифт в разломе Чейн. Подобные небольшие контуритовые дрифты выявлены в западной части разлома Романш.

5. Эрозионно-аккумулятивная деятельность придонных течений более ярко проявлена в долине разлома Романш, по сравнению с подножием южного склона южного поперечного хребта.

6. По данным макроописаний выполнена предварительная реконструкция условий четвертичного осадконакопления в зоне разлома Романш.

7. Получены новые данные о магнитном поле для ряда профилей в Бискайском заливе, в том числе построено компактное распределение эффективной намагниченности для верхних 10 км океанской литосферы; выделен базальтовый слой мощностью 1–2 км, являющийся основным источником наблюдаемых аномалий; обнаружены глубинные источники магнитных аномалий, возможно, серпентинитового происхождения.

8. Синтезирована карта аномального магнитного поля для района подводной горы Хуго де Ласерда в котловине Зеленого Мыса. Установлено неоднородное строение горы: основной массив постройки и питающий очаг палеовулкана сформированы не ранее времени отделения Иберийской микроплиты от Лавразии.

9. Впервые с 1994 г. выполнен океанографический разрез, повторяющий часть разреза WOCE A15 с комплексом гидрофизических и гидрохимических исследований структуры вод в экваториальной части Атлантики от прохода Кейн до разлома Чейн.

10. Определена структура Северо-атлантических глубинных вод по разрезу A15. Она сильно различается к югу и северу от 4° с. ш. по количеству экстремумов растворенного кислорода. В слое глубинных вод к югу два экстремума, соответствующие Нижним и Средним САГВ, как в западной части Атлантики, а к северу только один максимум.

11. Выявлены максимумы биомассы и численности фитопланктона в районе экваториального апвеллинга.

12. В пробах фитопланктона на поверхности исследуемой акватории Атлантики выявлено 25 видов фитопланктона, из них 12 динофитовых (*Neoceratium extensum, Tripos muelleri, Ceratium furca* и др.) и 13 диатомовых (*Chaetoceros affinis, Chaetoceros peruvianus* и др.).

13. По маршруту экспедиции встречено 3 вида китов (11 встреч – 12 особей) и 8 видов дельфинов (29 встреч – 143 особи). Всего зарегистрировано 155 особей китообразных (40 встреч), большинство из них определены до вида.

14. Установлено, что визуальные наблюдения хорошо согласуются с измерениями волномерным буем: наблюдатель незначительно занижает низкие и завышает высокие волны; при измерении направления волнения средняя ошибка составляет 10 градусов.

15. Отлажен, оптимизирован и проверен алгоритм получения волновой статистики (значимая высота волны, период и направление волнения) по радарным изображениям.

16. Создана модель прогнозирования положения альтиметрических спутников в точке нахождения судна, которая обеспечила возможность планирования наблюдений и контактных измерений в момент пролета спутника(ов). Это существенно расширило возможности сравнения и обеспечило статистическую достоверность полученных результатов измерений высоты волн.

Экспедиции ПС «Академик Сергей Вавилов» (АСВ)

Рис. 3 – НИС «Академик Сергей Вавилов». Фотогалерея ИО РАН

54-й рейс АСВ
(04.11.2022 – 19.11.2022)

Балтийское море (юго-восточная часть Балтийского моря и Финский залив)
Начальник экспедиции Д. В. Дорохов (АО ИО РАН)

Список организаций, участвовавших в экспедиции:

ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, ФГАОУ ВО Балтийский федеральный университет им. И. Канта.

Основные задачи:

1. Выявление осенне-зимних особенностей гидролого-гидрохимических процессов в Балтийском море.
2. Исследование распределения загрязнений Балтийского моря в осенне-зимних условиях.
3. Изучение распространения углеводородных газов в воде и донных осадках Балтийского моря.
4. Получение уточненных списков видов планктона и бентоса (чек-листов), актуализация сведений по пространственно-временной изменчивости планктонных и бентосных сообществ Балтийского моря.
5. Исследование географического распространения близкородственных видов генетическими методами: неаборигенных полихет из группы видов Marenzelleria spp. (Polychaeta, Spionidae), моллюсков Mytilus trossulus, M. edulis и Cardium spp.
6. Комплексная океанологическая съемка на карбоновом полигоне в Юго-Восточной Балтике.
7. Получение новых экспедиционных данных для разработки модуля климатического и экологического мониторинга российского сектора юго-восточной части Балтийского моря и обоснование региональных адаптационных мер.
8. Изучение литологических, а также микропалеонтологических характеристик донных отложений Балтийского моря.
9. Изучение аспектов биоразнообразия в районе подводных гор в восточной части Атлантического океана.
10. Экспериментальное исследование гидрофизических процессов в Восточной Атлантике.

Предварительные научные результаты:

Всего пройдено 1191 морская миля. Протяженность галсов однолучевой эхолотной съемки составила 709 морских миль. Выполнен комплекс работ согласно научной программе рейса на 63-х станциях.

1. Гидролого-гидрохимические исследования:

В российском секторе ЮВБ получен массив данных на трех гидролого-гидрохимических разрезах, перекрывающих трассу умеренных и слабых затоков трансформированных североморских вод: вдоль польской ИЭЗ, литовской ИЭЗ

и от Гданьско-Готландского порога до м. Таран Самбийского п-ова. По всей акватории Гданьской впадины ниже галоклина наблюдался слой гипоксии (содержание кислорода <2 мг/л) и аноксия в центральной части впадины, а максимальные значения концентрации растворенного сероводорода (до 1.7 мг/л) были оторваны от дна на 3–4 м. На северо-восточном склоне впадины абсолютные концентрации растворенного сероводорода достигали 2.3 мг/л и были локализованы у дна. На Гданьско-Готландском пороге также выявлена гипоксия и локальные максимумы растворенного сероводорода были оторваны от дна на 10–20 м. В то же время в придонном слое зафиксировано небольшое поступление вод из Готландского бассейна с содержанием растворенного кислорода 2–2.5 мг/л, что согласуется с реконструкцией течений по модели NEMO на момент проведения измерений.

2. Экспериментальные гидрофизические исследования:

На Гданьско-Готландском пороге на трассе проникновения затокового течения выполнена длительная постановка *донной станции с двумя автономными придонными инклинометрическими измерителями течений* производства АО ИО РАН. Подъем и извлечение данных планируется осуществить в конце весны 2023 года. Осуществлена экспозиция *дрейфующей седиментационной ловушки* для оценки потока осадочного материала.

3. Геоэкологические исследования:

На всей исследованной акватории моря глубина эвфотического слоя составляла 15 м. Результаты измерений активной флуоресценции хлорофилла «а» показали, что потенциальная фотосинтетическая способность фитопланктона (Fv/Fm) на исследованной акватории была достаточно высокой при малой вариабельности в пределах верхнего перемешанного слоя и значительно снижалась ниже термоклина. Величины rETR (флуоресцентно определяемый аналог скорости первичной продукции) были на умеренном уровне, при этом в поверхностном слое разброс значений был от 10 до 30 отн. ед.

4. Гидробиологические исследования:

В составе фитопланктона в районе Вислинской косы над склоном Гданьской впадины выявлено 36 таксонов, относящихся к 8 систематическим отделам. Суммарная биомасса составила 0.547 мг/л. По биомассе в структуре фитопланктона преобладали диатомовые водоросли, доля которых была более 96 %. Численность фитопланктона составила 222 тыс. кл./л. В целом, видовой состав, количественные показатели и структура зоопланктона являлись характерными для осенне-зимнего сезона Балтийского моря. В пробах макрозообентоса в наиболее глубокой части Гданьской впадины (112 м) и на южном склоне Готланской впадины (110 м) в донных осадках с резким запахом сероводорода живые организмы макробентоса не обнаружены. В Готландской впадине на глубине 108 м были обнаружены живые двустворчатые моллюски *Astarte borealis.* В Финском заливе по биомассе доминировали характерные представители макробентоса этого района моря – реликтовые ракообразные *Saduria entomon.*

5. Литологические и геохимические исследования:

На южном и северо-восточном склонах Гданьской впадины на глубине 94.5 м и 93 м соответственно, отобраны короткие колонки (69 см и 63 см). Осадки колонок представлены черными пелитовыми пористыми литориновыми илами с сильным запахом сероводорода. По данным анализа поровой воды и газового состава донных осадков установлено, что место отбора приурочено к зонам метанового сипинга – в поверхностном слое осадков (0–15 см) концентрации метана в хэд-спейс превышали 1500 ppmV. На юго-восточном склоне Готландской впадины на глубине 107 м отобрана колонка (49 см). В верхней части колонка сложена черным, обводненным и рыхлым илом, покрытым тонким бактериальным матом, с легким запахом сероводорода. Вниз по разрезу осадки уплотнены и характеризуются серым и оливково-серым цветом. В палеодолине на севере Гданьско-Готландского порога пробы осадков представляют собой диамикты – оливково-коричневые и коричневые пески и песчаные глины с включением гравийного материала. Поверхность осадков покрыта слоем плоских и круглых железомарганцевых конкреций размером 2–5 см. В Финском заливе на глубине 65 м отобраны черные пелитовые обводненные, пористые литориновые илы, уплотняющиеся к низу, с сильным запахом сероводорода. В разрезах колонок (длина 425 см, глубина 22 м) в Выборгском заливе и колонки (длина 480 см, глубина 33 м) в Лужской губе ниже обводненных газонасыщенных литориновых илов черного и оливкового цветов вскрыты глины озерных стадий Балтийского моря. Колонки характеризуются высокими концентрациями метана в хэд-спейс, что подтверждает присутствие в районе отбора зон метанового сипинга.

6. Метеорологические исследования:

На ходу судна были измерены радиационные потоки. Велась запись метеорологических стандартных наблюдений (температуры воздуха, давления, относительной влажности воздуха с дискретностью 15 сек) и визуальных наблюдений за трансформацией облачности (в баллах и типах) с периодичностью раз в час. Анализ непрерывных наблюдений за облачностью показал, что за время рейса преобладали облака слоистообразной (50 %) и слоисто-кучевых (30 %) форм. Облачность 10 баллов преобладала более чем в 60 % случаев наблюдений.

Экспедиции НИС «Академик Николай Страхов» (АНС)

53-й рейс АНС
(04.11.2022 – 19.11.2022)

Северная Атлантика.

Начальник экспедиции А. А. Пейве (ГИН РАН)

Список организаций, участвовавших в экспедиции:

ФГБУН Геологический институт РАН, ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, ФГАОУ ВО Балтийский федеральный университет им. И. Канта.

Рис. 4 – НИС «Академик Николай Страхов». Фотогалерея ИО РАН

Основные задачи:

1. Изучить рельеф дна, провести морфоструктурный анализ и выявить особенности тектонического строения и тектонических деформаций океанического дна и океанической коры в сегменте САХ между разломами Максвелл и Чарли Гиббс. Учитывая, что процессы эрозии на морском дне протекают гораздо медленнее, чем на суше, детальное изучение рельефа дна (особенно в пределах молодых структур, таких как САХ, еще не перекрытых осадочным чехлом) дает возможность выявить особенности морфологии различных океанических структур. Особенности морфологии, в свою очередь, отражают тектонические и магматические процессы, которые в своей основе могут иметь весьма различные глубинные движущие силы.

2. Изучить особенности состава и строения океанической коры в пограничной зоне влияния Азорского плюма глубинной мантии на процессы осевой аккреции коры.

3. Исследовать вариации состава, геохимии и изотопии базальтов вдоль, а также поперек, простирания рифтовой долины САХ между разломами Максвелл и Чарли Гиббс; охарактеризовать условия и причины разнообразия обстановок частичного плавления мантии и дифференциации первичных расплавов вдоль оси спрединга в районе, характеризующемся контрастным магматизмом; выявить масштабы, характер и природу мантийной гетерогенности в данном сегменте САХ.

4. Измерить аномальное магнитное поле в сегменте САХ между разломами Максвелл и Чарли Гиббс и прилегающих участках океанического дна, определить возраст океанического дна при идентификации магнитных аномалий, установить природу аномального магнитного поля.

5. Изучить распределение осадочного чехла и его свойства в гребневой зоне САХ между разломами Максвелл и Чарли Гиббс и отражение в его строении неотектонических деформаций.

6. Продолжить изучение аномального магнитного поля над подводной горой на восточном фланге разлома Чарли Гиббс, обнаруженной в 50-м рейсе НИС «Академик Николай Страхов» и частично изученной в 53-м рейсе судна «Академик Сергей Вавилов».

7. Определить пространственное положение зон дегазации на восточном фланге САХ в Северной Атлантике, связать их с глубинным геологическим состоянием и системами макротрещиноватости; изучить флюидонасыщенность осадочного чехла и опасные явления, связанные с миграцией газов.

Предварительные результаты экспедиции:

1. Основным результатом исследований является то, что впервые в Северной Атлантике был обнаружен и изучен рифтовый сегмент САХ между 48° и 51.5° с. ш. протяженностью около 400 км, который характеризуется процессами образования океанической коры в условиях дефицита базальтовых расплавов, что при непрерывном растяжении в рифтовой долине приводит к тектоническому выведению на поверхность дна глубинных нижнекоровых и мантийных пород (габброидов и ультрабазитов). Сходные процессы, называемые «сухим» спредингом, описаны в хребтах с очень низкой скоростью спрединга.

2. В районе горы Фарадей в водной толще был обнаружен сильный звукорассеивающий шлейф, который поднимается вверх от поверхности дна и, по всей видимости, имеет гидротермальную природу. Аналогичные объекты известны в областях активной гидротермальной разгрузки на дне океана (черные курильщики).

3. На поднятии в районе 51.1° с. ш. и 29.5° з. д. драгированы габброиды с высокими содержаниями сульфидов. Это могут быть образцы из неизученного еще рудного поля.

4. На полигоне Фарадей в районе САХ (48° – 51°30′с. ш.) была выявлена система линейных магнитных аномалий спрединговой природы. Идентифицированы аномалии с номерами 1, 2, 2А, а на нескольких профилях – 3. Это позволило рассчитать возраст и скорости спрединга за последние 3 млн лет для участка САХ длиной почти 400 км и выделить как сегменты со стационарным так и, возможно, нестабильным режимом раскрытия. Выявлены также интенсивные локальные аномалии, скорее всего, неспрединговой природы, связанные с наложенной тектонической активностью.

5. Установлено наличие 2-х протяженных субширотных хребтов, расположенных на 49.6° и 50.2° с. ш., при приближении к которым рифтовая долина резко меняет простирание от 315–320° до 350–360°. Они прослеживаются, как минимум, на 100 и 200 км соответственно в каждую сторону от оси рифтовой долины. Хребты в значительной степени сложены породами нижней коры и верхней мантии.

6. Анализ распространения драгированного материала показывает, что статистически кора, образованная к востоку от рифтовой долины, сложена в большей степени глубинными породами, в то время как на западе преобладают вулканиты.

7. На вершинах локальных внутриплитных поднятий, имеющих амплитуду ~400 м, наблюдаются современные пликативные и штамповые деформации, взбросовые нарушения и структуры протыкания осадочного чехла.

8. В осевой части северного трога системы Чарли Гиббс выделяется медианный хребет, в обрамлении которого в осадках видны складки, перекрытые с угловым несогласием, указывающие на современное протыкание хребтом осадочной толщи. Разломы к югу от хребта интерпретируются как взбросы. Северный трог разломной системы Чарли Гиббс находится на современном этапе в условиях сжатия, которое сопровождается формированием медианного хребта при выжимании глубинного вещества.

Экспедиции НИС «Академик Борис Петров»

Рис. 5 – НИС «Академик Борис Петров». Фотогалерея ИО РАН

49-й рейс АБП
(01.06.2022 – 23.06.2022)

Балтийское море (юго-восточная часть Балтийского моря)
Начальник экспедиции Д. В. Дорохов (АО ИО РАН)

Список организаций, участвовавших в экспедиции:

ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, ФГАОУ ВО Балтийский федеральный университет им. И. Канта, ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Общество с ограниченной ответственностью «СПЛИТ» (ООО «СПЛИТ»), Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное объединение «ДЕКО» (ООО НПО «ДЕКО»).

Основные задачи:

1. Батиметрическая съемка многолучевым эхолотом.
2. Гидролокация бокового обзора дна.
3. Непрерывное сейсмоакустическое профилирование донных отложений.
4. Проведение морского геофизического профилирования на участках предполагаемого развития опасных экзогенных геологических процессов.
5. Измерение вертикального разреза скорости звука.
6. Гидрологическая съемка по повторяющимся трассам.
7. Измерение придонных течений с помощью гирлянды инклинометров.
8. Отбор проб воды для выполнения гидрохимических и гидробиологических анализов.
9. Отбор проб фитопланктона, зоопланктона, ихтиопланктона, макрозообентоса.
10. Измерение прозрачности воды и фотосинтетической активной радиации.
11. Экспозиция дрейфующей седиментационной ловушки.
12. Отбор придонной воды и донных осадков на содержание метана.
13. Отбор колонки донных осадков трубой большого диаметра для измерения магнитной восприимчивости на разных горизонтах.
14. Отбор поверхностных донных осадков для литологического картографирования.
15. Отбор проб поверхностных донных осадков на исследование содержания в них микропластика.
16. Сбор данных по загрязнению вод макропластиком и микропластиком.
17. Подводная видеосъемка донных ландшафтов телеуправляемыми необитаемыми подводными аппаратами.

Предварительные научные результаты:

Пройдено 2600 морских миль. Протяженность галсов многолучевой эхолотной съемки составила 2504 морских мили, высокоразрешающего сейсмоакустического профилирования (профилографа) – 1972 морских мили, непрерывного сейсмоакустического профилирования – 68 морских миль, гидролокации бокового обзора – 54 морских мили. Количество тралений нейстонным тралом – 18. Выполнен комплекс работ согласно научной программе рейса на 643 станциях.

1. Продолжены геофизические исследования и получены новые данные о формировании реликтовых форм рельефа дна (плугмарки, затопленные клифы, дюны и палеодолины). Уточнены границы распространения затопленных клифов в районе м. Таран, которые образовались около 10–13 тыс. лет назад. Подводная видеосъемка карстовых провалов на глубинах 15–25 м вблизи бровки уступа показала обрастание их поверхности железомарганцевыми корками. На плато Рыбачий выявлены обширные выходы коренных пород, которые ранее не были отмечены на картах поверхностных осадков.

2. Первичный анализ полученных данных гидролокации бокового обзора (ГЛБО) и непрерывного сейсмоакустического профилирования в районе м. Таран

позволил выявить особенности геологического разреза и зафиксировать проявления опасных экзогенных геологических процессов. На полученных сейсмограммах четко прослеживается куэстовый рельеф, обусловленный структурными особенностями разреза с многочисленными уступами, с некоторыми из которых связаны осыпи и обвалы. На записанных сонограммах также выявлены выходы на современную поверхность морского дна размываемых коренных пород и уступы, осложненные обвалами.

3. В ходе многолучевой эхолотной съемки и ГЛБО обнаружены и детально обследованы 5 затонувших судов, которые не отмечены на навигационных картах. Одно из судов длиной 65 м с тремя бочками на борту обнаружено в районе м. Таран на глубине около 20 м. Две баржи, сильно занесенные песком, длиной 26 м и 37 м – на траверсе г. Зеленоградска на глубинах 20–30 м.

4. Выполнены два гидролого-гидрохимических разреза, первый из которых проходил вдоль границы с Польшей по центральной части Гданьской впадины от подводного берегового склона Балтийской косы до Гданьско-Готландского порога. Ниже галоклина (горизонт 63 м) на разрезе наблюдался слой гипоксии с содержанием растворенного кислорода менее 1 мл/л, а максимальные значения содержания растворенного сероводорода (до 0.4 мл/л) были оторваны от дна и совпадали с локальными максимумами мутности. Второй разрез протянулся от Гданьско-Готландского порога до подводного берегового склона Самбийского полуострова у м. Таран, проходя через северо-восточную оконечность Гданьской впадины. Ниже 80-ти метров в этой части впадины наблюдалось полное отсутствие растворенного кислорода, а абсолютные значения растворенного сероводорода достигали 1.5 мл/л и были локализованы у дна. При этом локальные максимумы мутности на границе вод, насыщенных кислородом и сероводородом, были в несколько раз ниже, чем на первом разрезе. По всей видимости, эта часть Гданьской впадины еще не была затронута влиянием вод, поступивших из Слупского желоба.

5. Выполнены четыре гидрологических разреза максимальной протяженности в пределах ИЭЗ РФ в юго-восточной части Балтики, характеризующие пространственно-временную изменчивость термохалинной структуры и содержания кислорода в прибрежной зоне Самбийского п-ва, в Гданьской впадине, в районе Гданьско-Готладского порога и вблизи его западного склона. В ходе съемки получены новые данные о стратификации водной толщи для июля 2022 года, где наблюдается гипоксия под галоклином (содержание кислорода < 2 мг/л). Сравнение гидрологических разрезов не выявило существенных изменений в распределении температуры, солености и растворенного кислорода.

6. Дополнительная информация о режиме течений в районе Гданьско-Готландского порога была получена с помощью выставленной 03.06.22 г. и снятой 22.06.22 г. буйковой станции с инклинометрическими измерителями течений, которые в порядке эксперимента выставлялись не только на дно, но и на различные горизонты, чтобы оценить общую вертикальную структуру течений. Измеренная структура термохалинных полей, кислорода и течений соответствовала ситуации прерывистого затокового течения из Гданьской в Готландскую впадину с ядром,

находящимся на расстоянии от дна около 10 м. Два верхних горизонта станции показали весьма сильные и регулярные инерционные волны с периодом, характерным для Балтики. Полученные результаты согласуются с данными модели NEMO на период измерений.

7. Биологические исследования. Собраны пробы для изучения сезонной изменчивости фитопланктона, зоопланктона, ихтиопланктона, макрозообентоса на станциях в Гданьском и Готландском бассейнах вдоль границ ИЭЗ Польши и Литвы, а также на вдольбереговых мелководных станциях, ряды сезонных данных по которым накапливаются с 2015 г. На 10 станциях на глубинах 81–110 м преобладали серо-черные илы с выраженным запахом сероводорода. В большинстве просмотренных проб отмечались лишь растительные или хитиновые остатки, в ряде проб встречались отдельные створки Bivalvia или танатоценозы, состоящие из Macoma sp., пустых раковин Foraminifera и Ostracoda разных видов. На меньших глубинах, на склоне Гданьской впадины на мелкозернистых песчано-глинистых грунтах был отмечен более благоприятный кислородный режим, где запах H2S отсутствовал, и макрофауна была представлена значительным количеством живых двустворок Macoma balthica и Polychaeta разных видов. На мелководной станции (глубина 27 м) у м. Таран на валунно-глыбовом субстрате отмечен биоценоз обрастателей с доминированием Amphibalanus improvises и присутствием Mytilus edulis, мшанок рода Electra и др. Цветения фитопланктона на период исследований обнаружено не было. В фитопланктоне наблюдалось два вида потенциально токсичных синезеленых микроводорослей Aphanizomenon floseaquae и Nodularia spumigena, а также цепочная диатомовая водоросль из рода Chaetoceros. Обнаруженные виды характерны для раннелетнего фитопланктона этого района.

50-й рейс АБП
(01.06.2022 – 23.06.2022)

Баренцево и Карское моря

Начальник экспедиции М. Ю. Токарев (МГУ)

Список организаций, участвовавших в экспедиции:

ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, ФГАОУ ВО Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова.

Основные задачи:

1. Проведение опытных изысканий, направленных на фундаментально-научное обоснование методических подходов в организации геолого-геофизического и геолого-геохимического картирования зон проявления опасных геологических процессов (ОГП) на арктических акваториях.

2. Изучение эволюции малоподвижного субконтинентального четвертичного ледникового покрова в пределах северо-восточной части Карского шельфа,

особенностей формирования осадочного покрова шельфа и постледникового донного рельефа, а также генетических признаков ледниково-морских и морских осадков.

3. Изучение особенностей формирования постледниковых долин различного генезиса и морфологии, характеристика литоморфодинамических особенностей современного седиментогенеза в них, характеристика и выделение типоморфных признаков различных генотипов гравитационных процессов, а также установление их генетической связи с голоценовыми геодинамическими движениями.

4. Анализ данных геолого-геохимического опробования арктических донных алевропелитовых отложений с целью характеристики углеводородных систем региона.

5. Совершенствование методики полевых геофизических наблюдений.

6. Разработка методов комплексных геолого-геофизических и геохимических исследований.

7. Характеристика биосообществ арктического шельфа.

8. Изучение гидрометеорологических особенностей региона в условиях изменения климата.

9. Создание инновационной системы подготовки кадров в областях морской геологии и геофизики, геохимических методов поиска углеводородов, экологических изысканий, оценки инженерных рисков освоения акваторий.

10. Получение новых геофизических данных в рамках исследований ИО РАН по теме «Морские природные системы Балтийского моря и Атлантического океана: формирование природных комплексов Балтийского моря и их изменение под влиянием Атлантического океана и антропогенного воздействия», руководитель В. В. Сивков.

11. Обмен компетенциями и опытом в рамках совместных научных исследований ИО РАН – МГУ в части сейсмоакустических, сейсморазведочных и гидроакустических исследований на акваториях.

Предварительные научные результаты:

1. В рамках региональных исследований выполнено более 3000 пог. км сейсморазведки высокого разрешения, 500 пог. км сейсморазведки сверхвысокого разрешения, более 5000 пог. км многолучевого эхолотирования и акустического профилирования.

2. В пределах 5 ключевых участков отобрано 102 станции геологического пробоотбора для характеристики вещественного состава, строения и свойств донных отложений и насыщающих их флюидов.

3. Впервые установлено, что на глубинах более 40 м в Карском море происходит активное перемещение песчаных наносов. Полученные данные существенно уточнят стратиграфическую схему четвертичных отложений региона, что позволит более четко представить ход палеогеографического развития окрестностей архипелага Северная Земля в четвертичное время.

4. Получены новые данные о строении дочетвертичных и четвертичных отложений, необходимые для актуализации государственных геологических карт

в рамках проведения ежегодного мониторинга масштаба 1:1 000 000. Также уточнена топографическая основа, выявлены новые формы рельефа, которые позволяют по-новому толковать различные палеогеографические процессы.

5. С использованием современных высокоразрешающих сейсмоакустических исследований удалось установить широкое развитие форм гравитационных процессов от непосредственных оползней до зон площадного оплывания грунтов. Большой объем полученных данных позволит составить каталог и типизировать палеоврезы различной генерации и возраста.

6. Получены новые факты о распространении ледниковых отложений на Северо-Карском шельфе; выявлены геоморфологические формы, возникшие в результате воздействия древних ледников на морское дно; оконтурены элементы обширных морских палеобассейнов, которые существовали в регионе в течение более миллиона лет. Оконтурены участки фокусированной разгрузки углеводородов из недр осадочного чехла.

7. В пределах региона работ по данным мультичастотного сейсмоакустического профилирования и многолучевого эхолотирования выявлены многочисленные зоны активной дегазации, оконтурены участки фокусированной разгрузки углеводородов из недр осадочного чехла, выявленные в рельефе дна в виде полей покмарок, опробованы зоны с потенциально повышенным газосодержанием.

8. В более, чем 100, станциях произведен отбор образцов газовой фазы, придонных вод и осадков для изучения литологического состава, типа и характеристик органического вещества, гидрогеохимических особенностей поровых вод, а также специфических микробиологических сообществ, которые могут существовать в зонах фокусированной флюидоразгрузки. Результаты будущих комплексных исследований позволят пролить свет на генезис, литофациальные характеристики и глубину залегания генерирующих толщ, а также на состав и свойства самих углеводородов.

9. Для участка исследований характерно разнообразие геолого-геофизических условий. Для таких условий был оптимален комплекс изысканий, включающий в себя мультичастотные сейсмоакустические и гидроакустические наблюдения, дополняемые оперативным анализом в судовой лаборатории проб осадков по выбранным точкам с характерными свойствами. Комплексирование гидроакустических, сейсмоакустических и литолого-геохимических методов на борту одного судна позволило повысить эффективность полевых исследований геологических процессов и достоверность прогноза зон флюидной разгрузки. В дополнение к стандартным методам в рейсе были опробованы инновационное технологии гидроакустических, сейсмоакустических и геохимических исследований, разработанные в рамках ПНИЭР «Разработка программно-аппаратных комплексов для поиска, разведки, геофизического и геохимического мониторинга разработки месторождений углеводородов, в т. ч. в труднодоступных регионах и сложных природно-климатических условиях».

10. В ходе рейса проводились различные циклы лекций и семинаров для молодых ученых. Качество пройденного материала проверялось в форме зачета по всем дисциплинам.

ISSN (online): 2587-9634 / ISSN (print): 1564-2291
Океанологические исследования. 2022. Том 50. № 4. С. 151–202

51-й рейс АБП
(24.08.2022 – 26.09.2022)
Баренцево и Карское моря
Начальник экспедиции Н. О. Сорохтин (ИО РАН)

Список организаций, участвовавших в экспедиции:

ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, ФГБУН Геологический институт РАН, ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр Российской академии наук», ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, ФГБУ Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова, Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук».

Основные задачи:

1. Проведение картирования рельефа и верхней осадочной толщи по трассе Северного Морского пути и в районах освоения нефтегазовых месторождений в морях западного сектора российской Арктики. Обоснование наиболее вероятного сценария развития природных обстановок западного арктического шельфа, в том числе уточнение концепции палеогеографического развития региона как составной части прогноза геолого-геоморфологического развития. Уточнение границ распространения последнего позднеплейстоценового покровного оледенения в Баренцево-Карском регионе.

2. Оценка современных опасных природных процессов. Особую опасность на современном этапе освоения месторождений на шельфе арктических морей представляют области повышенной газонасыщенности и разрывные нарушения. Применение высокоточных геофизических комплексов даст возможность эффективно определять зоны аномального газонасыщения в водной и верхней осадочной толщах.

3. Уточнение границ распределения различных фаций донных осадков в Баренцевом и Карском морях. Установление связи литологических типов донных осадков с формами рельефа дна различного происхождения для реконструкции процессов четвертичного осадконакопления в исследуемой акватории.

4. Исследования экзарации морского дна под воздействием морского льда и айсбергов, изучение параметров ледовых образований и гидродинамических характеристик.

5. Определение наличия, границ и размеров возможного простирания подводных многолетнемерзлых пород с привязкой сейсмоакустических данных к результатам бурения (кернам) как реперам для определения вещественного состава и генезиса различных слоев верхней осадочной толщи. Наличие мерзлоты существенно меняет акустические свойства осадков и, прежде всего, скорость распространения упругих колебаний.

6. Разработка рекомендаций по созданию составной части комплексной системы геолого-геофизического и гидрофизического мониторинга морского дна, водной и осадочной толщи с целью изучения опасных природных процессов.

Предварительные научные результаты:

1. Проведены комплексные геофизические, гидроакустические, геолого-геоморфологические и гидрофизические исследования на шельфе Баренцева и Карского морей.

2. В ходе выполнения экспедиционных работ с помощью геофизического оборудования были закартированы предполагаемые области распространения различных гляциальных форм рельефа. Так, в районе, примыкающем к северной части Новой Земли, были обнаружены друмлины и ледниковые линеаменты различного масштаба и ориентировки. В Баренцевом море в заливе Русская Гавань были закартированы эскеры, а на траверзе мыса Канин Нос – предполагаемый канал стока талых ледниковых вод. Участок исследований в центральной части Карского моря к западу от п-ова Ямал представляет собой область сложно построенного рельефа с сочетанием форм структурно-тектонического, руслового и, вероятно, ледникового генезиса. Полученные в экспедиции новые данные позволят уточнить границы распространения и направления движения ледника в период позднеплейстоценового покровного оледенения в Баренцево-Карском регионе.

3. Выполненные исследования подтвердили широкое распространение современных опасных природных процессов в данном районе. В Печорском море и вблизи северной оконечности Новой Земли были обнаружены участки повышенной газонасыщенности, выделяющиеся в осадках в виде акустических аномалий типа «яркое пятно», локального прогибания рефлекторов и акустического осветления, а в водной толще – в виде сфокусированных факелообразных или площадных участков повышенной акустической мутности водной толщи.

4. В экспедиции были продолжены исследования ледовой экзарации в Карском море. В Байдарацкой губе были выполнены повторные галсы, что позволило выявить новые экзарационные борозды, появившиеся в последние годы (мониторинг за несколько лет). В акваториях перед фронтами ледников Вершинского, Рождественского и Розе впервые было прослежено простирание нескольких крупных борозд, в них и на фоновых участках морского дна были отобраны керны с целью определения абсолютного возраста следов ледового экзарационного воздействия.

5. На полигоне вблизи острова Рыбачий были также выявлены многочисленные борозды ледового выпахивания, преобладающая ориентировка борозд выпахивания (СЗ-ЮВ) позволяет установить основные тренды движения айсбергов.

6. В ходе выполнения исследований были проведены работы по установке и поднятию донных сейсмографов. Полученные сейсмические записи будут использоваться для определения основных параметров зарегистрированных землетрясений, анализа их взаимосвязи с неотектоническими процессами в регионе, процессом разгрузки геофлюидов.

7. Наиболее крупнозернистые донные осадки, представленные песками разной крупности, были вскрыты на полигоне к югу от о-ва Колгуев в зоне распространения крупных валообразных аккумулятивных форм донного рельефа, образованных в результате действия сильных придонных течений. На остальных полигонах

преобладают глинисто-алевритовые и алевритово-глинистые илы, в Баренцевом море – местами с прослоями алевро-песчаного материала. Повсеместно в колонках отмечаются включения материала ледового разноса, представленного обломками песчаников, аргиллитов, кварцитов, гнейсов, гранитоидов гравийной и щебнистой размерности; максимальный поднятый размер обломка – около 12 см в поперечнике. После проведения лабораторных анализов отобранных проб и определения литологических и генетических типов отложений будут определены границы распространения различных литолого-фациальных зон.

52-й рейс АБП
(17.12.2022 – 30.12.2022)

Западная тропическая Атлантика

Начальник экспедиции Е. Г. Морозов (ИО РАН)

Список организаций, участвовавших в экспедиции:

ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, ФГБУН Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН, ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук, ФГОУ ВПО Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (Центр морских исследований), ФГОУ ВПО Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (Химический факультет), ФГБУН Институт оптики атмосферы СО РАН, Университет штата Рио Гранде (Бразилия), Университет штата Пара (Бразилия), Университет штата Баийа (Бразилия).

Основные задачи:

1. Исследование динамики вод в абиссальных каналах Атлантического океана, приводящих к значительным изменениям в структуре вод и перемешиванию, что вносит вклад в краткосрочную изменчивость климата Атлантики
2. Изучение свойств Антарктической донной воды в абиссальных каналах: определение скоростей и структуры потока и переноса вод в этих глубоководных каналах.
3. Изучение особенностей структуры гидрофизических, термохалинных, и биогеохимических полей в зоне взаимодействия прибрежной океанской циркуляции и материкового пресноводного стока на примере крупнейшего в мире и уникального по своим характеристикам речного плюма реки Амазонка.
4. Изучение закономерностей переноса и аккумуляции в океане связанных с материковым стоком загрязняющих веществ, а также аллохтонной взвеси и биогенов, их влияния на состояние пелагической и донной биоты.
5. Исследование процессов переноса микропластика и пластикового мусора в речных плюмах, причем особое внимание будет уделено плюму и приустьевому участку реки Амазонка, считающейся основным источником пластика в центральной Атлантике.
6. Дальнейшее развитие международного научного сотрудничества со странами БРИКС.

Предварительные научные результаты:

Пройдено 13345 миль, выполнено 76 станций.

1. Выполнен разрез вдоль разлома Вима. Исследован абиссальный поток в разломе Вима и других разломах Северо-Атлантического хребта. Продолжен многолетний ряд наблюдений за температурой, скоростями ААДВ, изучена застойная зона в западной части разлома. В восточной части седловины наблюдался подводный водопад.

2. Совместно с бразильскими учеными выполнены работы на 28 станциях в плюме Амазонки и в окружающих водах. Данные измерений in situ и спутниковые данные показывают, что наиболее опресненные и богатые взвесью и хлорофиллом воды были локализованы на внутреннем шельфе. Воды плюма характеризовались повышенными значениями концентрации фитопланктона (представленного преимущественно колониальными диатомеями, в том числе солоноватоводных видов), а также высоким содержанием взвеси и повышенной мутностью (глубина видимости белого диска 3 м против 22 м вне плюма).

3. Химические определения в поверхностном слое в районе плюма обнаруживают повышенные значения силикатов, фосфатов, нитратов, нитритов по сравнению с мористой частью. Щелочность выше в мористой части.

4. Повышенные значения водородного показателя pH (8.21), а также растворенного кислорода наблюдаются на границе плюма, тогда как со стороны берега и с морской стороны границы значения pH ниже (8.18).

Экспедиции МНИС «Ашамба»

Рис. 6 – МНИС «Ашамба». Фотогалерея АО ИО РАН

ISSN (online): 2587-9634 / ISSN (print): 1564-2291
Океанологические исследования. 2022. Том 50. № 4. С. 151–202

МНИС «Ашамба»
(100 выходов: апрель–декабрь 2022)
Прибрежная зона российского сектора Черного моря
Начальник экспедиции А. Г. Зацепин,
зам. начальника экспедиции С. Б. Куклев (ИО РАН)

Список организаций, участвовавших в экспедиции: ФГБУН океанологии им. П. П. Ширшова Российской академии наук, ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Крыловский Государственный Научный Центр, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова**.**

Основные задачи:

1. Поддержание кластера автономных станций на Полигоне «Геленджик», изучение гидрофизических процессов на шельфе и континентальном склоне дистанционными и контактными методами.
2. Гидрохимические исследования, анализ концентраций загрязняющих веществ (нефтепродуктов, фенолов, СПАВ, ХОП, ПАУ, тяжелых металлов и др.) в водной толще и в донных осадках Геленджикской и Голубой бухт.
3. Испытание новых автономных зондирующих аппаратов.
4. Мониторинг прибрежных донных сообществ.
5. Исследование структуры и изменчивости гидрофизических и биогеохимических полей и показателей качества вод в районе Керченского пролива и примыкающей к проливу акватории Черного моря.
6. Гидрооптические исследования.
7. Геохимия форм серы и микроэлементов в воде анаэробных бассейнов.
8. Изучение геоморфологии и осадочного заполнения палеорусла реки Ашамба.
9. Гидрофизический и гидрохимический мониторинг на поперечном берегу разрезе.
10. Исследование межгодовой динамики желетелого макропланктона, включая гребневиков-вселенцев и их влияния на прибрежную экосистему.
11. Исследования литодинамических процессов в районах азово-черноморского побережья Краснодарского края.

Предварительные научные результаты:

1. Поддержано функционирование и осуществлено дальнейшее развитие кластера автономных донных и заякоренных буйковых станций, установленных на морском полигоне ИО РАН «Геленджик». Продолжены совместные измерения профилей скорости течения, температуры, солености, плотности вод и флуоресценции хлорофилла «а» с высоким пространственно-временным разрешением на перпендикулярных берегу судовых разрезах.
2. Проведен эксперимент по изучению приповерхностных течений с помощью когерентного СВЧ радиолокатора. Во время эксперимента осуществлялось

синхронное измерение течений локатором, ADCP и дрифтерами. В результате были получены радиальные составляющие скорости приповерхностного течения.

3. Выполнен анализ качества результатов прогноза скорости течения, полученных на основе оперативной σ-координатной модели BSCM (BlacKSeaCoastalModel, ГОИН) на полигоне «Геленджик». Оценки качества были получены при сопоставлении данных моделирования с данными дрифтеров в июне и сентябре 2022 года.

4. Анализ гидрологических данных за период 2010–2020 гг. позволил выявить тренды в климатическом изменении температуры и солености верхнего 150-метрового слоя моря. В среднем рост солености составлял около 0.05 PSU/год, а температуры воды – 0.04 °C. Выявленные тренды сохранились и в 2022 году. Данное ежегодное увеличение температуры воды и ее солености привели к существенным изменениям гидрологических параметров черноморского деятельного слоя за последние 10–12 лет.

5. Количество осадков в 2022 г. было умеренным: за период с января по октябрь включительно выпало 589 мм, что на 70 мм меньше среднегодового значения и в полтора раза меньше, чем в аномально дождливом 2021 г. Средняя соленость ВКС в 2022 г. была довольно высокой (18.20 psu). Подобная средняя соленость (18.19 psu) до этого наблюдалась в ВКС только в засушливый и жаркий 2020 г. Мутность воды в 2022 г. летом (июнь–июль) достигла рекорда, превысив в отдельных случаях 4 NTU. До этого нечто подобное наблюдалось в 2017 г., из-за обильного цветения коколитофорид.

6. В 2022 году зафиксирована резкая смена гидрохимического фона, запаса и соотношения биогенных элементов в деятельном слое моря. В 2022 году закончились отмечавшиеся ранее тренды на снижение содержания кремния и азота, зафиксировано резкое увеличение содержания кремния (в 3.3 раза по сравнению с прошлым годом), запасы минерального азота выросли в 1.2 раза, содержание фосфора осталось на прежнем уровне.

7. Характер распределения хлорофилла «а» по мониторинговому разрезу в 2022 г. был типичным для района исследования. Максимальные значения Chl-a были зарегистрированы в узком диапазоне глубин на всех станциях разреза от берега до континентального склона практически в каждом выходе МНИС «Ашамба».

8. Годовая динамика зоопланктона показала, что его структура и видовой состав не претерпели существенных изменений и были представлены обычными для данного региона видами. Отличительной особенностью этого года является интенсивный рост ночесветки Noctilucascintillans, биомасса которой превысила аналогичный показатель прошлого года почти в 200 раз.

9. Выявлен механизм адаптации диатомового фитопланктона к свету, который определяется размером клетки. Предложены модели, учитывающие механизмы адаптации диатомового фитопланктона к свету.

10. В 2022 г. были продолжены многолетние исследования, связанные с выявлением закономерностей эволюции морских береговых систем с учетом изменчивости

природных и антропогенных факторов. Получены новые данные о закономерностях перераспределения донных отложений Азовского моря за климатический период времени (1979–2020 гг.).

11. Проведено исследование форм серы на границе анаэробных и аэробных вод. Для исследования сульфита и тиосульфата применялась новая методика дериватизации с монобромбиманом. Впервые получены данные по вертикальному распределению тиосульфата и сульфита раздельно в воде Черного моря. Получен вертикальный профиль сероводорода на 3 станциях и кислорода на 2 станциях.

12. Пробы морской воды отобраны и подготовлены к анализу для оценки поведения микроэлементов на границе окисленной и восстановленной зон.

13. Описано расширение ареала инвазивной рифообразующей полихеты Ficopomatusenigmaticus (Fauvel, 1923) на северо-восточном побережье Черного моря. Впервые отмечено массовое поселение этого вида в эстуарии р. Вулан при солености около 13 PSU. Исследована генетическая структура этой популяции. Получены новые данные по генетической и морфологической структуре инвазивной, сверлящей карбонатные субстраты (в том числе раковины коммерчески важных видов – устриц и мидий), полихеты Polydorawebsteri (HartmaninLoosanoff&Engle, 1943 (Spionidae)). Впервые показано присутствие полихеты в Таманском заливе Азовского моря, Керченском проливе, Голубой и Геленджикской бухтах на двустворчатых моллюсках-вселенцах тихоокеанской гигантской устрицы Crassostreagigasи Anadarakagoshimensis, а также черноморских видах мидии Mytilusgalloprovincialisи брюхоногом моллюске Tritiareticulata (пустая раковина, населенная раком отшельником). Найдено два коммерчески важных вида (мидии и устрицы), пораженные этим перфоратором. Степень поражения достигала ¾ внутренней поверхности раковины.

14. Дана оценка положения границы многоклеточного бентоса (~ 150 м). Показано, что основой фактор, определяющий структуру бентоса на глубинах 80–150 м – это длительность периодов гипоксии. Положение нижней границы бентоса не отличалось от таковой XX в.

15. Новая буксируемая подводная видеосистема, разработанная совместными усилиями ЦМИ МГУ и ИО РАН, показала высокую эффективность в ландшафтных исследованиях шельфа и верхней части материкового склона, получен значительный объем качественных видеоматериалов в районе Геленджика.

16. Закончена работа по многопрофильному исследованию керна Ash-2012-02 и изучению современного распространения фауны с внешнего шельфа северо-восточного Черного моря. Исследования позволили определить последние изменения окружающей среды и их причины за последние 300 лет, при семилетнем временном разрешении.

17. Построены карты распределений поверхностных концентраций минеральной взвеси, абсолютных и относительных концентраций органической взвеси и хлорофилла, пигментного индекса фитопланктона и относительной прозрачности в мае 2022 г.

18. Выполнены исследования содержания техногенных загрязнений (тяжелых металлов, нефтепродуктов, детергентов и т. д.) в водах Геленджикской и Голубой бухт. Проведен сравнительный анализ двух бухт по уровню загрязненности их вод. Выполненные полигонные съемки отчетливо показывают наиболее загрязненные участки бухт.

19. Произведен отбор проб и лабораторный анализ на содержание техногенных загрязнений – ТЗ (тяжелых металлов, нефтепродуктов, пестицидов и бенз(а) пирена), в донных отложениях Геленджикской и Голубой бухт. Для Геленджикской бухты характерен повышенный фон содержания таких ТЗ, как: бензапирен, цинк, хром, кобальт, никель. Выявлены загрязняющие вещества, превышающие допустимые концентрации в донных отложениях, в 2022 году они зафиксированы для нефтепродуктов, кадмия и пестицидов. Выполнен анализ многолетней изменчивости концентрации антропогенных загрязнений в донных осадках бухт. Устойчивых трендов в содержании большинства параметров в течение 2017–2022 годов не выявлено, за исключением концентраций в донных осадках железа, где наблюдается повышение содержание.

20. С использованием проточного измерительного комплекса на ходу судна получены данные о пространственной изменчивости интенсивности флуоресценции хлорофилла «а», окрашенного растворенного органического вещества, показателя ослабления света c(530), а также температуры и солености.

21. Проведены успешные натурные испытания нового четырехканального проточного спектрального флуориметра ПСФ-4 (длины волн возбуждающего излучения: 405, 450, 532 и 595 нм, разработка Лаборатории оптики океана ИО РАН), предназначенного для непрерывной регистрации спектров флуоресценции морской воды вдоль маршрута следования судна. Прибор позволяет полностью исключить взаимное влияние полос флуоресценции и комбинационного рассеяния (КР) на молекулах воды и выполнять нормировку сигнала на КР.

22. Зарегистрировано необычно интенсивное цветение кокколитофорид в северо-восточной части Черного моря в июне 2022 г. По спутниковым данным концентрация кокколитофорид не превышала 6 млнкл/л., по данным натурных измерений в отдельных точках она достигала 19 млн кл/л. Для регистрации таких высоких значений спутниковыми методами требуется модификация алгоритма.

23. Проведен очередной цикл работ по опытной эксплуатации автономных станций с притопленными буями (ПБС) и сканирующими комплексами «Аквалог», измерявшими вертикальные профили температуры, солености и плотности морской воды, а также скорости течения. Станция с аппаратом «Аквалог 2» установлена на новый срок 19 октября 2022 г. с планируемым окончанием работы в марте–апреле 2023 г.

24. В период с 14 по 20 октября 2022 г. проведены испытания макета мультипараметрического зонда-профилографа «Винчи» лебедочного типа. Натурные испытания показали, что доработка аппарата выполнена качественно, что обеспечило стабильное выполнение циклов зондирования не реже, чем 1 раз в час от

придонного слоя до поверхности моря на протяжении 6-ти суток. По результатам испытаний начата работа по изготовлению предсерийного образца зонда-профилографа «Винчи».

Экспедиции МИС «Норд-3»

МИС «Норд-3»
(30 суток: март – декабрь 2022)

Юго-восточная Балтика

Начальник экспедиции М. О. Ульянова (ИО РАН)

Рис. 7 – МИС «Норд-3». Фотография АО ИО РАН

Список организаций, участвовавших в экспедиции: ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, ФГАОУ ВО Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта.

Основные задачи:

1. Развитие методики мультидисциплинарного мониторинга береговой зоны моря и оценки ее экологического состояния.
2. Совершенствование методов оперативных измерений на гидролитодинамическом полигоне.

3. Постановка/выборка долговременных и кратковременных автономных станций для изучения временной изменчивости различных параметров в прибрежной зоне.

4. Исследование изменений рельефа дна в различных литодинамических участках (системах и подсистемах) в годичном временном интервале.

5. Изучение сезонных изменений гидро- и геохимических условий и загрязнений водной и геологической среды вдоль польской границы, на геохимическом барьере «река–море».

6. Картографирование донных ландшафтов. Подводная видеосъемка.

7. Изучение условий морской среды на морской площадке карбонового полигона «Росянка».

Предварительные научные результаты:

1. Литологическая основа субаквальных ландшафтов. В результате видеосъемки в районе палеоклифа подтверждено наличие карниза нависания верхней бровки уступа, который был выявлен в ходе высокоразрешающей многолучевой эхолотной съемки в 48-м рейсе НИС «Академик Борис Петров». На дне карстового провала выявлены россыпи белемнитов. Подошва уступа характеризуется распространением валунно-глыбовой отмостки, которая формировалась в результате обрушения карниза нависания, вследствие береговой абразии и повышения уровня моря. В ходе работ 20.07.2022 г. была обнаружена потерянная в 48-м рейсе НИС «Академик Борис Петров» видеокамера и поднята 21.07.2022 г. Видеокамера осталась в рабочем состоянии, и все видеоматериалы, полученные в 2021 г., извлечены и переданы в обработку.

2. Гидролого-гидрохимические условия и загрязнение морской среды геохимической барьерной зоны «р. Преголя – Калининградский залив – Гданьский залив». В ходе работ по изучению системы «река–море» на примере Калининградского морского канала, Калининградского залива и прибрежной акватории Юго-Восточной Балтики был получен массив данных, включающий в себя информацию о вертикальном распределении температуры и солености. В заливе выполнялось гидрофизическое зондирование, отбирались пробы на содержание биогенных элементов, кислорода (с поверхности), взвешенного осадочного вещества, а также пробы фито и зоопланктона.

3. На 7 станциях, выполненных в море и канале, проведены измерения гидрофизических параметров и фотосинтетически активной радиации. Состав работ на остальных 10 станций включал еще отбор проб воды на содержание биогенных элементов, кислорода, метана (с поверхности), взвешенного осадочного вещества, хлорофилла, а также пробы фито и зоопланктона. Проанализирована динамика концентраций хлорофилла «а» как показателя трофического статуса и качества вод во все гидрологические сезоны (март, май, октябрь).

4. В зоопланктоне района исследований обнаружено более 50 видов и таксонов, относящихся к коловраткам (Rotifera), ветвистоусым ракообразным (Cladocera)

и веслоногим ракообразным (Copepoda), также были встречены меропланктонные личинки усоногих ракообразных (Cirripedia), брюхоногих моллюсков (Gastropoda), двустворчатых моллюсков (Bivalvia) и многощетинковых червей (Polychaeta), а также мизиды (Mysida). Отмеченные виды зоопланктона относились как к пресноводному комплексу видов, так и к солоноватоводным, но обитающим и при значительном распреснении, видам, а также к морским видам, которые характерны для Балтийского моря.

5. Постановка/выборка долговременных и кратковременных автономных станций для исследования временной изменчивости различных параметров в прибрежной зоне. Измерения проводились в течении 12 суток.

6. Сформирован массив данных, позволяющий определить характеристики полей течений и волнения в прибрежной зоне Самбийского полуострова в различных условиях.

7. Проведенные испытания нового оборудования позволили отработать методику получения данных. Штатно отработали инклинометры, метеобуй и частично трекерные измерители. Обнаружены значительные погрешности в показаниях трекерных датчиков скорости ветра и течения, что позволит в дальнейшем устранить причину этих погрешностей.

От редакции: В данном обзоре экспедиций за 2022 г., организованных ИО РАН или проведенных с участием ИО РАН, изложены основные цели и отражены предполагаемые научные результаты осуществленных исследований. Подробные, развернутые итоги экспедиций размещены в отчетах по рейсам и в научных статьях авторов-участников вышеперечисленных рейсов.

Информация предоставлена ЦКП «Научный флот ИО РАН».

Статья поступила в редакцию 11.11.2022, одобрена к печати 23.12.2022.
Для цитирования: *Гладышев С. В., Симонова О. А.* Экспедиции на судах ИО РАН 2022 г.: основные задачи, участники, предварительные результаты // Океанологические исследования. 2022. № 50 (4). С. 151–202. https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2022.50(4).7.

EXPEDITIONS ON SHIPS IO RAS OF 2022: MAIN TASKS, PARTICIPANTS, PRELIMINARY RESULTS

S. V. Gladyshev, O. A. Simonova

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia,
e-mail: simonova@ocean.ru

The information review highlights the main expeditions organized by the Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences (IO RAS), in 2022 and joint expeditionary research conducted with the participation of the IO RAS and other organizations. The tasks, the essence of the work and the results of the expeditions that took place this year are briefly stated.

Keywords: IO RAS, expeditions, voyages, IO RAS fleet, field observations, expedition research in 2022

Submitted 11.11.2022, accepted 23.12.2022.
For citation: Gladyshev, S. V. and O. A. Simonova, 2022: Expeditions on ships of IO RAS 2022: main tasks, participants, preliminary results. *Journal of oceanological research*, **50** (4), 151–202, https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2022.50(4).7.