

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



**МОРСКИЕ ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ РОССИИ
В 2022 ГОДУ**

Москва, 2023 год

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МИРЭА – РОССИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Институт комплексных исследований национальной морской политики

МОРСКИЕ ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РОССИИ В 2022

**Тезисы докладов конференции «Итоги
экспедиционных исследований в 2022 году в
Мировом океане, внутренних водах, на архипелаге
Шпицберген и полуострове Камчатка»**

Москва 2023

УДК 551.46.
ББК 26.89(9)
М90

М90 **Морские экспедиционные исследования России в 2022 году:** Тезисы докладов конференции «Итоги экспедиционных исследований в 2022 году в Мировом океане, внутренних водах, на архипелаге Шпицберген и полуострове Камчатка». – М.: МИРЭА – Российский технологический университет, 2023. – 324 с.
ISBN 978-5-7339-1789-4.

Издание посвящено результатам морских экспедиционных исследований, выполненных в Российской Федерации в 2022 году. Представлены тезисы докладов конференции «Итоги экспедиционных исследований в 2022 году в Мировом океане, внутренних водах, на архипелаге Шпицберген и полуострове Камчатка», состоявшейся в Минобрнауки России 13-15 марта 2023 года. На конференции рассматривались вопросы, посвященные морским экспедиционным исследованиям в арктических морях, Антарктике, Балтийском море, Атлантическом океане, в Черном и Азовском морях, в Тихом океане и дальневосточных морях, во внутренних водах, а также на архипелаге Шпицберген. Кроме того, в издании отражены тезисы докладов на круглом столе «Исследования полуострова Камчатка и прилегающих к ней акваторий».

УДК 551.46.
ББК 26.89(9)

ISBN 978-5-7339-1789-4

© МИРЭА – Российский технологический
университет, 2023

**УНИКАЛЬНЫЙ КЛИМАТИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ
В КАРСКОМ МОРЕ: 89-Й РЕЙС (1-Й ЭТАП)
НИС «АКАДЕМИК МСТИСЛАВ КЕЛДЫШ» ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИИ
С САМОЛЕТОМ-ЛАБОРАТОРИЕЙ ТУ-134 «ОПТИК»**

*М.Д. Кравчишина, А.А. Клювиткин,
А.Н. Новигатский, Д.И. Глуховец,
В.П. Шевченко,
г. Москва, Институт океанологии
им. П.П. Ширшова РАН;
Б.Д. Белан,
г. Томск, Институт оптики атмосферы
им. В.Е. Зуева СО РАН*

Экспедиция «Экосистемы морей Сибирской Арктики» (89-й рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш») проводилась Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН) в рамках многолетней программы исследований в Карском море под руководством академика М.В. Флинта и была разделена на два этапа. 1-й этап экспедиции выполнялся с 5 по 18 сентября 2022 г. под руководством М.Д. Кравчишиной, к.г.-м.н., ведущего научного сотрудника Лаборатории физико-геологических исследований им. А.П. Лисицына ИО РАН; с 2021 года по н.в. является научным руководителем морских экспедиционных исследований в Европейской Арктике, развивая идеи академика А.П. Лисицына; с 2017 года выполняет обязанности начальника экспедиций по этой теме.

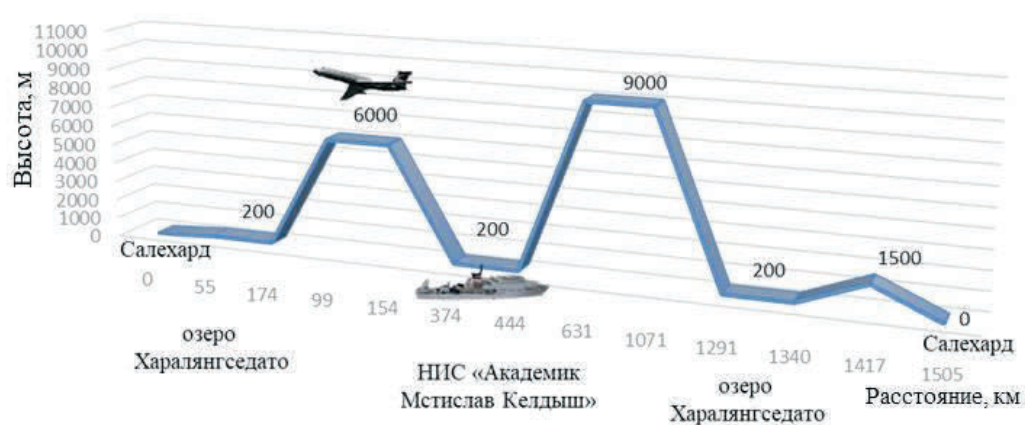
В ходе экспедиции проведен климатический эксперимент по исследованию состава воздуха и характеристик подстилающей поверхности в Российском секторе Арктики и Сибири. Синхронизированные исследования с борта НИС «Академик Мстислав Келдыш» и уникальной научной установки (УНУ) «Самолет-лаборатория Ту-134 «Оптик»» выполнены в пределах Южно-Карского осадочного бассейна с попутными работами в юго-восточной части Баренцева моря по маршруту следования судна в порт г. Мурманск (рис. 20 и 21).

Работы выполнялись согласно разрешениям на проведение морских научных исследований № ДН-08-20/47 и № ДН-08-21/56 от 11 апреля 2022 года. Исследования проводились ИО РАН в рамках второго года выполнения гранта Минобрнауки на проведение масштабных научных проектов мирового уровня с использованием УНУ (соглашение № 075-15-2021-934 от 28 сентября 2021 г., руководитель проекта – профессор Б.Д. Белан, ИОА СО РАН) при участии коллективов из других институтов РАН и вузов страны: ИОА СО РАН (Томск), ГЕОХИ РАН, ФИЦ Биотехнологии РАН, МФТИ, МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва), СПбГУ (Санкт-Петербург), ФИЦ МГИ РАН, ФИЦ ИнБЮМ РАН (Севастополь). Научный коллектив экспедиции, объединенный общей задачей на борту судна, включал 60 специалистов, из них 35 молодых ученых. В рейсе работали 10 отрядов и групп, выполнявших многодисциплинарные исследования почти во всех геосферах Земли (от атмосферы до литосферы).

(a)



(б)



(в)



Рис. 20. Синхронные исследования с борта НИС «Академик Мстислав Келдыш» и самолета-лаборатории Ту-134 «Оптик» (Ту-134А-3М, ЦКП «Атмосфера», ИОА СО РАН), Карское море: фото синхронных работ (а); схема полета самолета-лаборатории 9 сентября (б) и 10 сентября (в) 2022 г.

Постановка проблемы исследования. Процессы осадконакопления и преобразования органического вещества (ОВ) в Арктике тесно связаны с изменением климата на Земле и формированием полезных ископаемых. Важная особенность Карского моря – это скопление крупных залежей углеводородов (УВ) в его южной части и огромный речной сток. В морских нефтегазоносных провинциях шельфа наблюдается активная дегазация недр – высота «газовых труб» достигает

нескольких километров. На суше такие явления пока не отмечены. Флюиды УВ мигрируют к поверхности морского дна в течение длительных периодов геологического времени, но потоки этих флюидов остаются недооцененными в балансовых расчётах потоков парниковых газов. Среди парниковых газов наибольший вклад в тепловой баланс Земли вносят диоксид углерода и метан.

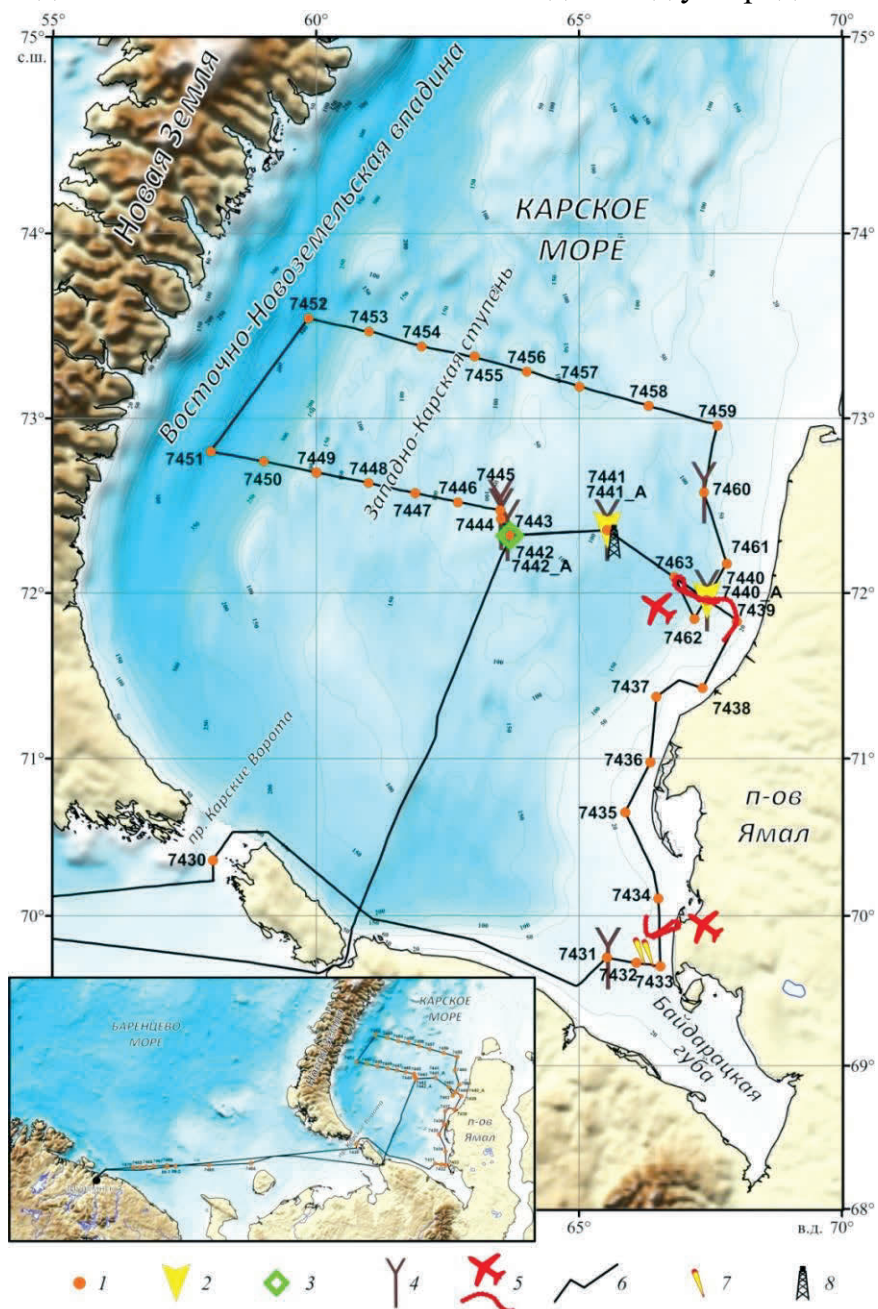


Рис. 21. Карта маршрута судна и виды работ в южной части Карского моря:
 1 – комплексные станции; 2 – комплексные станции с постановкой и подъемом АГОС;
 3 – буйковая станция с инклинометрическими измерителями скорости придонных течений; 4 – комплексные станции с работами ударной геологической трубки большого диаметра; 5 – полигоны подсамолетных измерений; 6 – маршрут судна с попутными измерениями Мурманск – Карское море – Мурманск; 7 – «газовые факелы» по данным эхолотного профилирования; 8 – Ленинградское газоконденсатное месторождение.
 На врезке показан весь маршрут судна протяженностью 2275.4 морских миль

Выявление причинно-следственных связей изменения климата и возрастания антропогенной нагрузки на морские акватории Крайнего Севера России должно быть реализовано при междисциплинарных исследованиях не только на шельфе, но и на прилегающей суше. Ранее эксперимент по измерению состава тропосферы в Российском секторе Арктики с борта самолета-лаборатории был выполнен в сентябре 2020 г. [2], но он не сопровождался морскими исследованиями.

Цели и задачи исследования. В рейсе проведено сопряженное изучение условий и процессов современного и древнего осадкообразования в южной части Карского моря с оценкой потоков вещества, парниковых газов и загрязнений во взаимодействии с самолетом-лабораторией Ту-134 «Оптик» [1]. Климатический эксперимент представлял собой комплекс измерений *in situ* в водной толще и приземном слое атмосферы непрерывно по всему маршруту судна и работы на 44-х комплексных станциях с привлечением данных, полученных с самолета-лаборатории и спутниковой информации о биооптических характеристиках поверхностного слоя моря.

Виды работ и основные научные результаты. Непрерывные исследования по маршруту судна включали газохимические определения на высоте 18 м от поверхности моря, аэрозольные и оптические – палубными измерителями, гидрооптические – с помощью судовой проточной системы на глубине 2 м и лидарное зондирование верхнего слоя воды. Комплексные станции включали оптические измерения на палубе, гидрооптические, гидрологические, гидрохимические, микробиологические и седиментологические измерения в водной толще, а также литолого-геохимические и микропалеонтологические работы с отбором верхнего ненарушенного слоя осадков с помощью мультикорера. На 7 станциях колонками длиной от 1.5 до 7.8 м вскрыта верхнечетвертичная толща осадков с помощью ударной геологической трубки большого диаметра. Изучены потоки осадочного вещества с помощью 2-х автоматических глубоководных седиментационных обсерваторий (АГОС) на Приямальском шельфе. Непосредственные полеты самолета над судном на высоте ~ 90–200 м от поверхности моря состоялись 9 и 10 сентября 2022 г. для валидации авиационных алгоритмов расчета характеристик подстилающей поверхности и измерения состава воздуха и аэрозолей в атмосфере и тропосфере над морем. Проведена валидация спутниковых алгоритмов расчета биооптических характеристик воды поверхностного слоя.

Проведены исследования седиментационной системы южной части Карского моря: атмосферные аэрозоли – водная взвесь – наилот – донные осадки, включая изучение гидрохимических, гидрологических условий и потоков вещества и газов. Исследован состав УВ в осадках, взвеси и микрослое на границе морская вода–атмосфера. Изучены скорости микробных процессов цикла углерода и серы в воде и осадках, а также филогенетический состав микробных сообществ. Отобраны газонасыщенные илы и пески Байдарацкой губы и Приямальского шельфа. Опробовано осадочное тело в депрессии Западно-Карской ступени, содержащее

газонасыщенные горизонты в основании вскрытой 6-метровой толщи. Выполнены изотопно-геохимические исследования УВ газов для восстановления природы глубинных флюидов.

На мелководном Приамальском шельфе повсеместно обнаружены признаки слабой, но устойчивой диффузии метана из осадков. Реликтовые многолетнемерзлые породы (ММП), сохранившиеся на прибрежных участках шельфа, нестабильны, деградируют и не выполняют роль газонепроницаемого слоя. При этом в тропосфере над изученным шельфом концентрации метана соответствовали фоновым значениям.

Таким образом, изучена роль природных источников в эмиссии метана на шельфе: микропросачивание (диффузная дегазация осадочной толщи над нефтегазовыми бассейнами), струйно-пузырьковые выходы метаносодержащих растворов и газов на дне (холодные метановые сипы) и деградация субаквальных ММП, начавшаяся в этом регионе ~18 тыс. лет назад. Исследование микрофоссилий в осадках наряду с изучением литологических и изотопно-геохимических маркеров палеосреды позволяет реконструировать палеоклимат для моделирования климатических изменений в настоящем и будущем.

Значимость проведенных исследований. Проведено сопряженное изучение условий и процессов современной и древней седиментации в пределах Южно-Карского осадочного бассейна, где локализованы огромные запасы углеводородов. Впервые на арктическом шельфе получены данные о концентрации метана в системе тропосфера – приповерхностный слой атмосферы – водная толща – донные отложения. Единоновременно оценены потоки парниковых газов с акватории шельфа и прилегающей суши (из различных ландшафтов Западной Сибири, в том числе Васюганских болот, термокарстовых озер и др.).

Проведенные исследования позволяют внести существенный вклад в решение задач приоритетных направлений научно-технологического развития Российской Федерации (пункты д и ж), реализации госпрограммы «социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации», развития Северного морского пути в соответствии с Морской доктриной России, при освоении ресурсов нефти и газа шельфа российской Арктики, а также будут способствовать укреплению России в числе ведущих мировых держав в области океанологии и климатологии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кравчишина М.Д., Клювиткин А.А., Новигатский А.Н., Глуховец Д.И., Шевченко В.П., Белан Б.Д. 89-й рейс (1-й этап) научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш»: климатический эксперимент во взаимодействии с самолетом-лабораторией Ту-134 «Оптик» в Карском море // Океанология. – 2023. – Т. 36. – № 3. С. 492–495.

2. Belan B.D., Ancellet G., Andreeva I.S., Antokhin P.N., Arshinova V.G., Arshinov M.Y. et al. Integrated airborne investigation of the air composition over the Russian sector of the Arctic // Atmos. Meas. Tech. – 2022. – V. 15. – Issue 13. – P. 3941–3967.

МОРСКИЕ ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РОССИИ В 2022

Тезисы докладов конференции «Итоги
экспедиционных исследований в 2022 году в
Мировом океане, внутренних водах, на архипелаге
Шпицберген и полуострове Камчатка»

Корректор: В.В. Ситенко

Электронная версия: <https://www.ocean-and-we.ru>

Подписано в печать 03 июля 2023 г. Формат бумаги 60x84 1/8
Усл. печ. л. 37,67. Тираж 40 экз. Изд. № 112. Заказ № 459.

МИРЭА – Российский технологический университет
119454, г. Москва, проспект Вернадского, дом 78