

УДК 551.465

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕДИМЕНТОСИСТЕМ ЕВРОПЕЙСКОЙ АРКТИКИ В 75-м РЕЙСЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА “АКАДЕМИК МСТИСЛАВ КЕЛДЫШ”

© 2020 г. А. А. Ключиткин¹ *, М. Д. Кравчишина¹, И. А. Немировская¹,
Б. В. Баранов¹, А. И. Коченкова¹, А. П. Лисицын¹

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

*e-mail: klyuvitkin@ocean.ru

Поступила в редакцию 11.12.2019 г.

После доработки 11.12.2019 г.

Принята к публикации 16.12.2019 г.

Приведена информация о первых результатах системных океанологических исследований европейской части Арктики в 75-м рейсе НИС “Академик Мстислав Келдыш”. Экспедиция охватила акватории Норвежского, Гренландского и Баренцева морей. Основная цель – сопряженное изучение рассеянного осадочного вещества (аэрозоли, водная взвесь) и донных осадков с акцентом на процессы седиментогенеза и раннего диагенеза в сочетании с палеоокеанологическими реконструкциями. Продолжены начатые ранее [1] исследования роли эндогенного материала в современных осадочных процессах в океане на примере субполярного участка (хребт Мона) Срединно-Атлантического хребта.

Ключевые слова: седиментация, атмосферные аэрозоли, водная взвесь, донные осадки, диагенез, метан, эндогенное вещество, углеводороды, Арктика

DOI: 10.31857/S003015742003003X

Северная Атлантика и западная часть Евразийской Арктики играют ключевую роль в системе формирования климата Европы. Процессы, определяющие температуру в Арктике, являются одними из наиболее чувствительных элементов окружающей среды. В последние годы усиливается “атлантификация” Северного Ледовитого океана, что способствует переносу тепла и вещества через пролив Фрама и Баренцево море [4, 5].

Основная цель экспедиции – сопряженные седименто-биогеохимические, геологические и экологические исследования европейской части Арктики в системе рассеянное осадочное вещество приводного слоя атмосферы и водной толщи – верхний слой осадка – подстилающие донные отложения. Изучение одновременно рассеянных (взвесь) и связанных (донные осадки) форм осадочного вещества позволит обоснованно судить об изменениях морской среды и климата Европы [2].

В ходе экспедиции (27 мая–30 июня 2019 г.) выполнена 91 океанологическая станция, пройдено 5800 морских миль (рис. 1). Район исследований охватывал активные срединно-океанические хребты Мона и Книповича, отмерший хребт Эгир, глубоководные котловины Норвежского и Гренландского морей, континентальный склон архипелага Шпицберген, желоба-троги западной континентальной окраины Баренцева мо-

ря и его южный шельф. Для этих структур составлены как генеральные, так и локальные батиметрические профили, а для полигонов детальных исследований в пределах гидротермальных полей хребта Мона подготовлены батиметрические карты. Были получены новые данные, которые позволят исследовать тектоническое строение и гидротермальную активность изученного региона.

Выполнены разрезы по гидрологическим параметрам субширотного и субмеридионального простираения, что позволит оценить сезонный перенос атлантических вод в арктический бассейн, выявить положение и влияние Полярного фронта на структуру вод, планктонное сообщество и на особенности формирования состава взвеси в раннелетний сезон.

Проведено детальное опробование водной и осадочной толщ на четырех гидротермальных полях, расположенных в пределах Ян-Майенского осевого вулканического поднятия в южной части хребта Мона. Исследовано гидротермальное поле Локи Касл на севере хребта Мона. У дна выявлены аномалии температуры, плотности, концентрации кислорода и метана. Отобраны пробы воды, взвеси, гидротермально измененные донные осадки, образцы гидротермальных построек и марганцевые корки с низким содержанием железа.

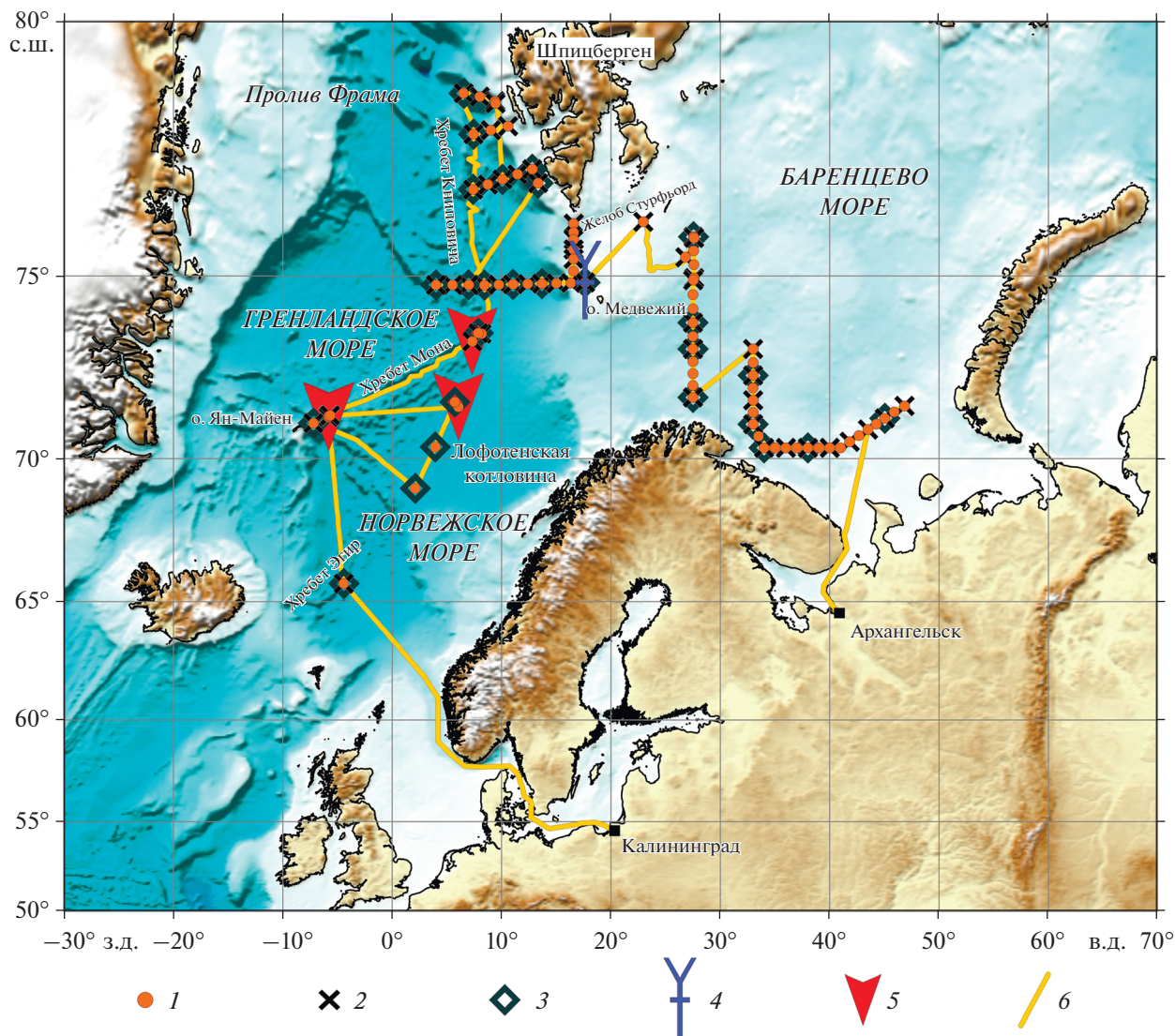


Рис. 1. Карта-схема района работ и выполненных исследований в 75-м рейсе НИС “Академик Мстислав Келдыш”, май—июнь 2019 г.

1 – комплексные океанологические станции, 2 – отбор донных осадков ДЧ, 3 – отбор донных осадков МК, 4 – отбор донных осадков ТБД, 5 – АГОС, 6 – маршрут судна.

Выполнен отбор донных осадков и воды в местах выходов метансодержащих растворов и газовых струй из осадочных толщ (холодные метановые сипы) на континентальной окраине архипелага Шпицберген и в желобе Стурфьорд. В центральной части Баренцева моря обследованы два кратера (около километра диаметром), связанных с крупномасштабным выбросом метана, образовавшегося при бурном разложении газогидратов в результате отступления ледникового щита [3].

Аэрозоли приводного слоя атмосферы изучены на содержание черного (сажевого) углерода. На открытых морских участках преобладают низкие концентрации сажевого углерода ($10\text{--}50\text{ нг/м}^3$), которые допустимо считать фоновыми. Повышенные концентрации сажевого углерода (80--

90 нг/м^3) встречаются в Норвежском и Баренцевом морях вблизи берега вдоль рекомендованного маршрута движения судов.

Исследование рассеянного осадочного вещества водной толщи выполнялось параллельно несколькими взаимодополняющими методами. Выделение вещества проводилось с помощью вакуумной фильтрации. Гранулометрический состав определялся кондуктометрическим методом на счетчике частиц Коултера Beckman Coulter Multisizer 3. Впервые в составе зондирующего комплекса SBE911 помимо обычного нефелометра WET Labs был задействован лазерный анализатор частиц Sequoia LISST-deep, который позволяет получать непрерывный вертикальный профиль гранулометрического состава и объемной концентрации взвеси *in situ*.

Вертикальные потоки осадочного вещества изучали с помощью седиментационных ловушек в составе автоматических глубоководных седиментационных обсерваторий (АГОС). В Лофотенской котловине поднята АГОС, завершившая 2-летний цикл работы. Новая долгосрочная постановка АГОС выполнена на периферии гидротермального поля Локи Касл с целью оценить внутригодовую изменчивость потока эндогенного вещества на изученном участке Срединно-Атлантического хребта. Краткосрочные АГОС отработали на гидротермальном полигоне Ян-Майен: поле Тролльвегген и Сориа Мория. В составе осадочного вещества в придонном 30-ти метровом слое установлены сульфидные и сульфатные минералы гидротермального генезиса, а самописцы среды АГОС (температура, течения, акустическая прозрачность и др.) выявили динамику латеральных потоков изученных гидротермальных плюмов.

Донные осадки с поверхности отбирали дночерпателем (ДЧ) "Океан-0.25". Детальность отбора ненарушенного верхнего слоя с дискретностью 0.5–1 см достигалась с помощью мультикорера (МК) KUM MiniMUC. Обработано 27 МК и 80 ДЧ, произведена отмывка материала ледового разноса из ДЧ. В желобе Квейтола к северо-западу от о. Медвежий ударной трубкой большого диаметра отобрана колонка донных осадков длиной 7.05 м. Вскрыта толща донных осадков дреффта Квейтола с включениями целых раковин двусторчатых моллюсков, перспективных для установления абсолютного возраста радиоуглеродным методом. Колонка представляет интерес для исследования климатических колебаний, миграций Полярного фронта и палеопродуктивности европейской части Арктики за последние ~7 тыс. лет.

Эколого-геохимические исследования выявили увеличение концентрации углеводородов (УВ) во взвеси поверхностного слоя южной части Баренцева моря по сравнению с восточными и запад-

ными разрезами в районе Шпицбергена. В открытой части акватории содержание и состав УВ формируют природные процессы. В придонном слое концентрация УВ значительно ниже. Отмечены различия в составе алканов из взвеси придонного горизонта и наилка.

Благодарности. Авторы признательны капитану Ю.Н. Горбачу, команде и всему научному составу за помощь в экспедиции.

Источники финансирования. Экспедиция проведена в рамках госзадания Минобрнауки России (тема 0149-2019-0007). Эколого-геохимические исследования проводились при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-17-00234), работа АГОС обеспечена Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 19-05-00787).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кравчишина М.Д., Леин А.Ю., Боев А.Г. и др.* Гидротермальные минеральные ассоциации на 71° с.ш. Срединно-Атлантического хребта (первые результаты) // *Океанология*. 2019. Т. 59. № 6. С. 73–91.
2. *Лисицын А.П.* Современные представления об осадкообразовании в океанах и морях. Океан как природный самописец взаимодействия геосфер Земли // *Мировой океан*. Т. II / Отв. ред. Лобковский Л.И., Нигматулин Р.И. М.: Научный мир, 2014. С. 331–571.
3. *Andreassen K., Hubbard A., Winsborrow M. et al.* Massive blow-out craters formed by hydrate-controlled methane expulsion from the Arctic seafloor // *Science*. 2017. V. 365. Is. 6341. P. 948–953.
4. *Lind S., Ingvaldsen R.B., Furevik T.* Arctic warming hotspot in the northern Barents Sea linked to declining sea-ice import // *Nature Climate Change*. 2018. V. 8. P. 634–639.
5. *Polyakov I.V., Pnyushkov A.V., Alkire M.B. et al.* Greater role for Atlantic inflows on sea-ice loss in the Eurasian Basin of the Arctic Ocean // *Science*. 2017. V. 365. Is. 6335. P. 285–291.

Studies of Sediment Systems of the European Arctic during the 75th Cruise of the Research Vessel Akademik Mstislav Keldysh

A. A. Klyuvitkin^{a, #}, M. D. Kravchishina^a, I. A. Nemirovskaya^a, B. V. Baranov^a,
A. I. Kochenkova^a, A. P. Lisitzin^a

^a*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

[#]*e-mail: klyuvitkin@ocean.ru*

First results of systemic oceanological studies of the European part of the Arctic during the 75th cruise of the RV *Akademik Mstislav Keldysh* are reported. The expedition covered the waters of the Norwegian, Greenland and Barents Seas. The main goal was a conjugate study of dispersed sedimentary matter (atmospheric aerosols, water suspended particulate matter) and bottom sediments with an emphasis on the processes of sedimentogenesis and early diagenesis in combination with paleoceanological reconstructions. The earlier studies [1] of the role of endogenous material in modern sedimentary processes in the ocean using the example of a subpolar section (Mona Ridge) of the Mid-Atlantic Ridge are continued.

Keywords: sedimentation, atmospheric aerosols, suspended particulate matter, bottom sediments, diagenesis, methane, endogenous substance, hydrocarbons, the Arctic