

УДК 551.465

**МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ В 67-м РЕЙСЕ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА “АКАДЕМИК
МСТИСЛАВ КЕЛДЫШ”**

© 2018 г. Н. В. Политова¹, А. Н. Новигатский¹, Н. В. Козина¹, С. А. Терпугова²

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

²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия
e-mail: politova@ocean.ru

Поступила в редакцию 13.03.2017 г.

DOI: 10.7868/S0030157418030188

В период с 25 августа по 10 октября 2016 г. состоялся 67-й рейс научно-исследовательского судна “Академик Мстислав Келдыш” из порта Архангельск в порт Калининград. Целью экспедиции было мультидисциплинарное изучение системы Баренцева моря, в связи с чем ставились такие основные задачи: изучение аэрозолей над поверхностью моря; изучение гидрологической и гидрохимической структуры вод; получение экспедиционных материалов для последующего анализа минерального, химического и изотопного состава микрочастиц, количественной оценки потоков рассеянного осадочного вещества в водной толще, включая порообразующие химические элементы, углерод (органический и карбонатный), токсичные тяжелые металлы и углеводороды; изучение особенностей вертикального потока рассеянного осадочного вещества; микробиологические, биогеохимические, изотопно-геохимические и молекулярно-биологические исследования придонной воды и донных осадков; оценка современного состояния экосистем Баренцева моря и анализ их изменчивости под влиянием современных изменений климата и антропогенных воздействий, в том числе захоронений твердых радиоактивных отходов и загрязнений антропогенными углеводородами; проведение литолого-геохимических и высоко разрешающих палеоокеанологических и палеоклиматических исследований. Также одной из задач экспедиции являлось проведение учебной и производственной практики студентов, магистрантов и аспирантов ИО РАН, МГУ.

Экспедиция проходила в акватории Баренцева моря (в российской и норвежской экономических зонах, в российских территориальных водах) (рисунок). Всего было выполнено 52 станции. Пройдено

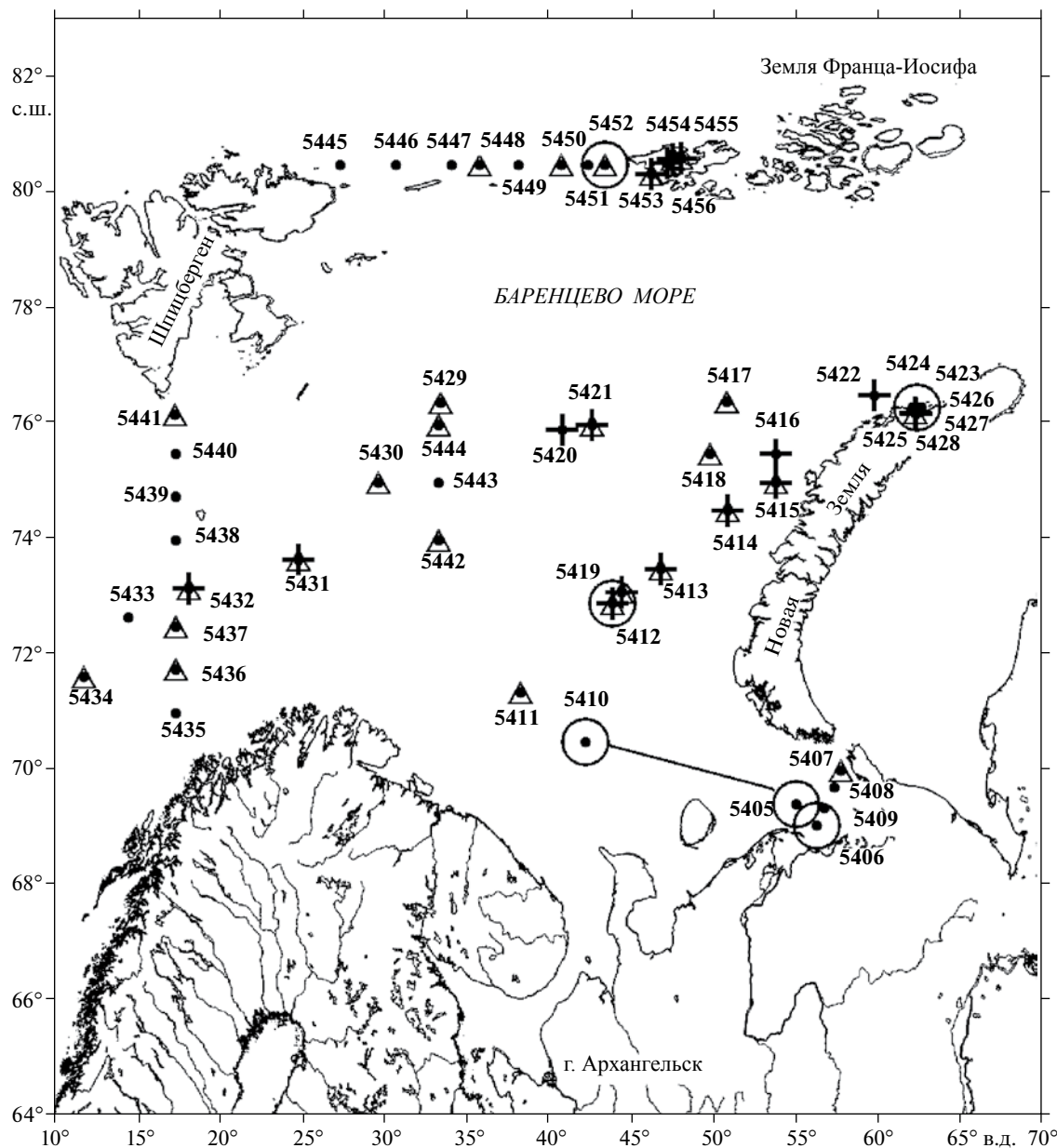
от порта Архангельск до порта Калининград – 7675 морских миль.

На протяжении всего рейса велись атмосферные наблюдения, включающие помимо снятия стандартных метеорологических данных измерения счетной концентрации аэрозольных частиц в нескольких диапазонах размеров, сбор аэрозолей сетевым методом, измерение оптической толщи атмосферы, массовой концентрации сажи, фильтрация воздуха для сбора сажевого углерода и изучения ионного и элементного составов аэрозолей. Из интересных результатов, полученных в экспедиции, следует отметить повышение замутнения атмосферы в начале сентября в акватории Баренцева моря, обусловленное дальним переносом мелкодисперсного дымового аэрозоля, источником которых явились лесные пожары в Сибири.

Гидрофизические исследования в рейсе проводились как на станциях в форме зондирования водной толщи STD-зондом SBE-19plus с датчиками температуры, электропроводности, давления, флуоресценции и мутности, так и на ходу судна (при волнении не более 3–4 баллов) с помощью солемера SBE21 измерялись температура и электропроводность приповерхностного слоя воды.

Также на станциях осуществлялось гидрооптическое зондирование верхних 200 метров водной толщи измерителем вертикального распределения показателя ослабления и температуры ПУМ. Была проведена верификация комплекса алгоритмов обработки спутниковых данных на основе карт цветности Баренцева моря (MODIS-Aqua), получаемых в течение рейса из Лаборатории оптики океана ИО РАН.

Отбор проб воды осуществлялся 30-л батометрами Нискина с горизонтов, определенных по



Карта-схема маршрута судна и выполненных в экспедиции работ. Виды работ на станциях: точки – зондирование + отбор воды + дночерпатель; треугольники – мультикорер; крест – геологическая труба (ТБД); незакрашенные круги – буйковые постановки; линия – сетевая проба аэрозолей.

результатам зондирования. Полученная вода фильтровалась под вакуумом для последующего изучения содержания и состава рассеянного осадочного вещества (взвеси). Также изучались счетные и объемные концентрации взвешенных частиц в воде и их гранулометрический состав с помощью счетчика Коултера модели Multisizer 3. Параллельно в воде с разных горизонтов определялись гидрохимические характеристики (биогены, кислород, щелочность). Для биохимических целей вода также фильтровалась через стекловолоконистые фильтры

с дальнейшим изучением как растворенного, так и взвешенного органического вещества.

Одним из самых важных этапов работ были геологические исследования. Отбор донных осадков проводился разными взаимодополняющими методами: дночерпателем (ДЧ) для уточнения условий современного осадконакопления в Баренцевом море, изучения распределения и состава редкоземельных элементов (совместно с Институтом геологии и геохимии УрО РАН), изучения ледового разноса методом промывки через сита с определением весовой и объемной концентрации каменного

материала. Другим инструментом отбора донных осадков был мультикорер Mini Muc K/MT 410 с пробоотбором через 0.5 см первые 3 см, в дальнейшем – через 1 см (для стратиграфии ультра-высокого разрешения), отбором наддонной воды, которая обрабатывалась так же, как и вода из батометров для исследования процессов на границе вода–дно. В кернах осадков определялись магнитная восприимчивость, влажность, pH и окислительно-восстановительный потенциал (Eh), процентное содержание карбоната кальция. Донные осадки на судне изучались под поляризационным микроскопом и бинокляром. Отбирались пробы на анализ $C_{\text{орг}}$, $C_{\text{карб}}$, $\delta^{13}C_{\text{орг}}$, SiO_2 аморфное, определение химического состава осадков, содержание глинистых минералов, микропалеонтологический анализ (определение водных палиноморф, радиолярий, кокколитофорид), анализ углеводов в лабораторных условиях ИО РАН. Также с помощью центрифуги выделялась иловая вода, в которой проводились измерения ее химических характеристик, затем вода замораживалась для дальнейшего изучения ее солевого состава в лабораторных условиях ИО РАН, что позволяет изучить диагенетические процессы, происходящие в верхнем слое осадков. Проводился отбор донных осадков трубкой большого диаметра (ТБД) для проведения высокоразрешающих палеоокеанологических и палеоклиматических реконструкций. Отобранные керны ТБД упаковывались для транспортировки в ИО РАН и дальнейшего изучения осадков Группой палеоокеанологии ИО РАН.

В течение всего рейса проводилась съемка рельефа дна с помощью судового однолучевого эхолота EA600 Kongsberg, что позволяло более целенаправленно выбирать точки отбора донных отложений.

Микробиологические исследования в рейсе включали в себя отбор проб воды и донных осадков непосредственно после подъема на борт судна для определения содержания метана, щелочного потенциала и содержания сульфатов, интенсивностей микробных процессов окисления и образования метана, а также сульфатредукции, изотопного состава углерода ($\delta^{13}C$) метана, органического вещества осадков и минерального углерода поровых вод, общей численности микроорганизмов, таксономического и функционального разнообразия микробного сообщества.

Группа ГЕОХИ РАН, работавшая в рейсе, проводила отбор проб донных осадков дночерпателем, бокс-корером и ТБД на общую геохимию и пиролиз органического вещества, отбор растворенной газовой фазы из разных горизонтов донных осадков для уточнения условий современного осадконакопления и для определения изотопного состава органического углерода.

И, наконец, еще одним типом работ в рейсе было изучение вертикальных потоков осадочного вещества с помощью постановки обсерваторий – суточных и годовых притопленных буйковых станций с седиментационными ловушками, позволяющими изучать процессы седиментации непрерывно круглый год. Были поставлены 6 кратковременных (суточных) буйковых станций, 3 станции поставлены на год.

Авторы благодарят академика А.П. Лисицына за общее руководство работами, а также капитана, команду и весь научный состав за помощь в экспедиции.

Экспедиция проведена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-27-00114). Обработка материала частично проведена в рамках Государственного задания, тема № 0149-2016-0002.