

УДК 551.465

## ЭКОСИСТЕМЫ МОРЕЙ СИБИРСКОЙ АРКТИКИ — 2018 (72-й РЕЙС НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА «АКАДЕМИК МСТИСЛАВ КЕЛДЫШ»)

© 2019 г. М. В. Флинт<sup>1\*</sup>, С. Г. Поярков<sup>1</sup>, Н. А. Римский-Корсаков<sup>1</sup>, А. Ю. Мирошников<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup> Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия  
\*e-mail: m\_flint@ocean.ru

Поступила в редакцию 10.10.2018 г.

После доработки 10.10.2018 г.

Принята к публикации 05.02.2019 г.

16 августа–20 сентября 2018 г. проведена крупная экспедиция по программе «Морские экосистемы Сибирской Арктики» — 72-й рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш». Комплексные экосистемные исследования были выполнены на шельфе и в области континентального склона Карского моря и моря Лаптевых и в проливе Вилькицкого. Экспедиция была организована Институтом океанологии РАН.

**Ключевые слова:** Арктика, Карское и Лаптевых моря, пролив Вилькицкого, шельф, континентальный склон, ледовые условия, экосистема, биологическая продуктивность

**DOI:** 10.31857/S0030-1574593506–509

В настоящее время есть бесспорные доказательства текущих климатических изменений в арктических морях. За последние 30 лет площадь летнего ледового покрытия в Арктике изменилась с 8.4 до менее чем 7 млн км<sup>2</sup>, а в некоторые годы последней декады уменьшалась до 5.7–6 млн км<sup>2</sup>. Летняя кромка льда в разных районах Арктики отступила к северу на расстояние от 200 до >700 км. Данные об изменениях химических, биологических и геохимических компонентов морских Арктических экосистем, имеющих климатическую природу, ограничены и касаются главным образом прибрежных районов. Экосистемы области внешнего шельфа и континентального склона, где в наибольшей степени проявилось изменение ледовых условий последних декад, в Сибирских Арктических морях крайне мало исследованы. Процессы, происходящие в этой части морской Арктики, играют важнейшую роль в формировании гидрофизических и гидрохимических свойств водных масс, создании биологической продукции, регулировании гидрохимического биогеохимического режимов и потоков вещества в современной арктической экосистеме, взаимодействии между экосистемами отдельных эпиконтинентальных арктических морей. Комплексная оценка этих процессов и факторов, которые ими управляют — основа для понимания Арктики как еди-

ной экосистемы и ее современной эволюции под воздействием изменений климата.

72-й рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш» — 9 крупная экспедиция, выполненная по программе «Морские экосистемы Сибирской Арктики» с 2007 по 2018 г., направленной на исследование Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского морей [1–4]. Общая протяженность маршрута этих экспедиций составила 45450 миль, продолжительность — 310 суток. Экспедиция 72-го рейса началась в порту Архангельск, ее продолжительность составила 36 суток, протяженность маршрута — 5150 миль (рис.). Основными районами исследований были Карское море, пролив Вилькицкого и море Лаптевых. Экспедиция была организована Институтом океанологии РАН, в ней приняли участие сотрудники ИГЕМ РАН, ИФА РАН, ГЕОХИ РАН, ЮНЦ РАН, МГУ, ВНИРО Росрыболовства, студенты МГУ, МФТУ и МИЭА. Руководителем экспедиции был заместитель директора ИО РАН член-корреспондент РАН М. В. Флинт, судном командовал капитан дальнего плавания Ю. Н. Горбач.

Главные задачи экспедиции состояли в исследовании:

- влияния текущих климатических трендов, прежде всего сокращения ледовитости, на арктические экосистемы;

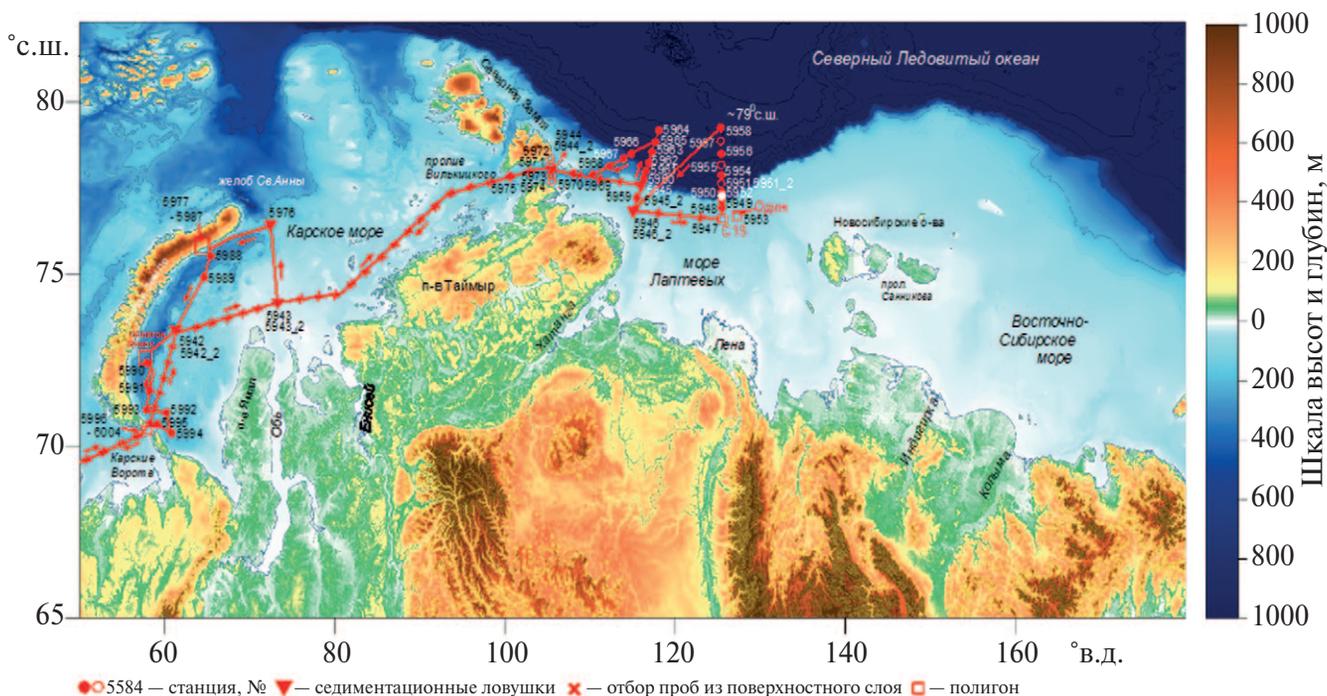


Рис. Схема маршрута и положения станций 72-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш».

- явлений и процессов, ассоциированных с областью континентального склона в арктических морях; взаимодействия между экосистемами шельфа и глубокого арктического бассейна;
- развития биологических инвазий и их влияния на естественные экосистемы морской Арктики;
- крупнейших накопленных экологических рисков в Арктике, связанных с подводными захоронениями радиоактивных отходов, состояния могильников и специфики экосистем районов захоронений;
- метановых высачиваний на шельфе моря Лаптевых, их влияния на донные экосистемы и потоки метана в атмосферу.

Смещение на север летней границы сезонного льда в последние два десятилетия, вызванное климатическими причинами, привело к открытию области арктического континентального склона и увеличению продолжительности безлёдного периода в этой области в Сибирских морях. Исследования районов континентального склона на востоке и западе моря Лаптевых в 2018 г. показали наличие специфических особенностей в распределении температуры и солености в ядре холодного подповерхностного слоя (ХПС) над глубинами 200–1500 м. В этой области в ядре ХПС и температура, и соленость были

выше, чем на шельфе и в глубоководном районе. Это указывает на уникальные локальные особенности вертикальной зимней конвекции, определенный уровень обособленности склоновой пелагической среды от прилежащих районов внешнего шельфа и глубоководного бассейна и консолидированный зональный перенос вод вдоль склона.

Специфические условия пелагической среды в области арктического континентального склона приводят к существенному локальному возрастанию первичной продукции даже в конце вегетационного сезона, биомассы фитопланктона (в 3–4 раза) и зоопланктона (в 3–10 раз) по сравнению с прилежащими районами шельфа и глубокого бассейна. Доминируют в зоопланктоне области склона 3 вида арктических copepod — *Calanus glacialis*, *C. hyperboreus* и *Metridia longa*, их суммарный вклад в общую биомассу превосходит 90%. Многократное увеличение биомассы зоопланктона в области континентального склона моря Лаптевых определяется высокой продукцией и концентрацией местной фауны, а не адвекцией аллохтонных видов с запада, как предполагалось ранее. В целом проведенные исследования показали, что возрастание биологической продукции в Арктике, связанное с современными климатическими процессами,

происходит за счет районов, освобождающихся ото льдов в ходе смещения на север их летней кромки, в первую очередь области арктического континентального склона.

Для континентального склона моря Лаптевых показана хорошо выраженная вертикальная зональность донной фауны. Смена донных сообществ приурочена к глубинам 100, 500–800, 1500–2000 и ~2500 м.

Исследовано развитие инвазии чужеродного хищника — краба-стригуна (*Chionoecetes opilio*) в Карский бассейн из Баренцева моря. Шельф и заливы восточного берега Новой Земли являются важнейшими «плацдармами» для нового вида-вселенца, проникающего в Карское море с баренцевоморскими водами, поступающими в бассейн с севера вокруг северной оконечности Новой Земли. Численность краба-стригуна в местах вселения лавинно возрастает — только за последний год она увеличилась вдвое — с 950–1120 до 1200–1880 экз/10000 м<sup>2</sup>. В местах массового селения хищный краб практически уничтожил естественные донные сообщества. Биомасса бентоса многократно снизилась, число видов за последние 4 года сократилось с 36 до 17. Под воздействием краба-вселенца полностью разрушилась столетняя стабильность донных экосистем Карского моря.

Проведенные исследования показали, что метановые сипы на шельфе моря Лаптевых имеют узколокальное распространение и сконцентрированы на участках поперечником не более 5 км, отстоящих друг от друга на ~50 км. Влияние таких локальных выбросов на потоки газов в атмосферу и фауну в целом крайне незначительно. Точечное (!) содержание метана в приводной атмосфере непосредственно над выходами газа достигает 2040–2083 ppb при фоновых значениях 1900–1920 ppb. В местах метановых высачиваний отмечено повышение разнообразия донной фауны при сохранении фоновой структуры сообществ. Впервые показано массовое развитие грибов в осадках на метановых сипах.

В заливе Благополучия (северный остров архипелага Новая Земля) с использованием буксируемой платформы «Видеомодуль» и локатора бокового обзора установлена локализация и получены визуальные оценки состояния объектов захоронений твердых радиоактивных отходов; измерения с помощью погружаемого спектрометра показали отсутствие значимых утечек радиоактивности. Работы в Новоземельской впадине позволили установить локализацию за-

топленного крупного лихтера «Саяны» с радиоактивными отходами и степень его разрушения.

В море Лаптевых были проведены измерения спектрального состава солнечного излучения, выходящего из водной толщи, которые необходимы для верификации и усовершенствования региональных биооптических алгоритмов определения концентрации хлорофилла, растворенного органического вещества и взвеси по спутниковым данным.

Исследования, выполненные на трансарктическом разрезе от Карских Ворот до восточной части моря Лаптевых (рис.), показали практически повсеместное опреснение поверхностных вод до <24–30 psu. Оценка продукционных параметров экосистемы на трансарктическом разрезе с дискретностью 30 миль показала их резко выраженную пространственную неравномерность. Концентрация хлорофилла «а» на поверхности изменялась в 78 раз — от 0.06 до 4.37 мг/м<sup>3</sup>, величины первичной продукции — в 11 раз — от 3.63 до 39.31 мгС/м<sup>3</sup> в день. Использование метода фракционной фильтрации позволило оценить вклад пикопланктона (<2 мкм) в общий хлорофилл «а» фитопланктона: в Карском море он составлял в среднем 41%, в море Лаптевых — 64%. Впервые получено подтверждение присутствия грибов в донных осадках Карского моря и моря Лаптевых. По предварительной оценке, в 1 см<sup>3</sup> осадка содержится от 1700 до 31600 мкм<sup>3</sup> грибного мицелия, который, предположительно, участвует в структурировании донных осадков.

Получены пробы криоконитовых осадков с поверхности ледника Налли (залива Благополучия, Новая Земля) для оценки удельных активностей техногенных (<sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr, <sup>239–240</sup>Pu, <sup>238</sup>Pu, <sup>241</sup>Am, <sup>60</sup>Co и др.) и природных (<sup>7</sup>Be, <sup>210</sup>Pb) радионуклидов. Гамма-спектрометрический анализ удельной активности <sup>137</sup>Cs в криоконитах показал величины 250–8050 Бк/кг (аналитик Р.А. Алиев, НИЦ «Курчатовский институт»). Столь высокий уровень активности радиоцезия на поверхности ледников Северного острова установлен впервые и связан с периодом интенсивных ядерных испытаний в атмосфере в первой половине 60-х годов XX века. Достаточно близкое нахождение выхода радиационно-загрязненного слоя в зоне абляции и поступление талой воды в заливы восточного берега Новой Земли говорят о том, что в настоящее время покровное оледенение Северного острова является современным действующим источником радиоактивности в Арктике.

Во всех районах, охваченных экспедицией, проведены гидрофизические, гидрохимические, биологические и геохимические исследования для развития представлений о структуре, функциональных особенностях, биопродуктивности и потоках вещества в арктических экосистемах. В ключевых районах была проведена постановка седиментационных ловушек.

**Источник финансирования.** Экспедиционные исследования проведены при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ (целевое финансирование на проведение морских экспедиционных исследований Арктики),

Проекта РНФ № 14-50-00095, Проектов РФФИ № 18-05-60228, № 18-05-60069, 18-05-60053.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экосистема Карского моря // *Океанология. Спецвыпуск*. 2010. Т. 50. № 5. С. 677–864.
2. Экосистема Карского моря: от эстуариев Оби и Енисея до желоба Святой Анны // *Океанология. Спецвыпуск*. 2015. Т. 55. № 4. С. 501–726.
3. Экосистемы Российской Арктики // *Океанология. Спецвыпуск*. 2017. Т. 57. № 1. С. 1–248.
4. Экосистемы морей Сибирской Арктики. 69-й рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш» // *Океанология*. 2018. Т. 58. № 2. С. 331–333.

## MARINE ECOSYSTEMS OF SIBERIAN ARCTIC — 2018 (72th CRUISE OF R/V “AKADEMIK MSTISLAV KELDISH”)

© 2019 M. V. Flint<sup>1,\*</sup>, S. G. Poyarkov<sup>1</sup>, N. A. Rimsky-Korsakov<sup>1</sup>, A. Yu. Miroshnikov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

<sup>2</sup> *Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

\*e-mail: m\_flint@ocean.ru

Received October 10, 2018

Revised version received October 10, 2018

After revision February 05, 2019

Large-scale expedition 72th cruise of R/V “Akademik Mstislav Keldish” was performed from 16 August to 20 September 2018 in a frame of the Program “Marine Ecosystems of Siberian Arctic”. Multidisciplinary ecosystem research was carried out over the shelf and continental slope in the Kara and Laptev seas and Vilkitski Pass. The expedition was organized by Shirshov Institute of Oceanology.

**Keywords:** Arctic, Kara and Laptev seas, Vilkitski Pass, shelf, continental slope, ice conditions, ecosystem, biological productivity