

УДК 551.465

## ЭКОСИСТЕМЫ МОРЕЙ СИБИРСКОЙ АРКТИКИ – 2017 (69-й РЕЙС НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА “АКАДЕМИК МСТИСЛАВ КЕЛДЫШ”)

© 2018 г. М. В. Флинт, С. Г. Поярков, Н. А. Римский-Корсаков

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

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

Поступила в редакцию 10.10.2017 г.

DOI: 10.7868/S0030157418020168

Современное состояние и текущие изменения Арктического бассейна как климатической, так и антропогенной природы во многом определяются процессами, происходящими на шельфах краевых арктических морей, в областях наиболее мощного воздействия континентального стока на морскую арктическую среду и биоту. Шельфы Сибирских морей являются областями поступления в Арктику огромных объемов речного стока – ~2000 км<sup>3</sup> в год и его трансформации. Процессы, происходящие в эстуарных областях Сибирских рек и на шельфе эпиконтинентальных арктических морей влияют на Центральный Арктический Бассейн через систему кросс-шельфового и кросс-склонового переноса. Они играют важнейшую роль в формировании гидрофизических и гидрохимических свойств водных масс, регулировании гидрохимического и биогеохимического режимов, создании биологической продукции и регулировании потоков вещества, включая загрязнения антропогенного происхождения, в современной арктической экосистеме в целом. Комплексная оценка этих процессов и факторов, которые ими управляют – основа для понимания Арктики как системы и ее современной эволюции под воздействием изменений климата и антропогенных факторов, а также прогноза и оценки обратимости, происходящих в Арктике современных изменений.

Для исследования арктических экосистем Институтом океанологии РАН была организована экспедиция в Карское, Лаптевых и Восточно-Сибирское моря – 69-й научный рейс НИС “Академик Мстислав Келдыш”. Экспедиция началась в порту Архангельск с 22 августа 2017 г., ее продолжительность составила 45 суток. Руководителем экспедиции был заместитель директора Института океанологии РАН член-корреспондент РАН М. В. Флинт, судном командовал капитан дальнего плавания Ю. Н. Горбач. Маршрут экспедиции показан на рисунке, его протяженность составила 8108 миль.

Экспедиция была продолжением комплексных исследований экосистем Российской Арктики, которые ИО РАН проводил, начиная с 2007 г. [1, 2, 3] (рисунок).

Научный состав экспедиции включал 75 человек. Кроме сотрудников ИО РАН и его Атлантического, Южного и Северо-Западного отделений в экспедиции принимали участие ученые из ИГЕМ РАН, ИОГен РАН, ИБВВ РАН, ГЕОХИ РАН, ИМБИ РАН, НИЦ “Курчатовский институт”, МГУ, МФТУ.

Проведенные исследования позволили получить характеристики пространственно-временной изменчивости термохалинной структуры вод в районах воздействия крупных Сибирских рек на Арктический шельф в Карском море, море Лаптевых и Восточно-Сибирском море. Впервые проведены непрерывные наблюдения за изменчивостью термохалинных характеристик поверхностного слоя Сибирских морей от Карских ворот до центральной части Восточно-Сибирского моря, которые показали почти повсеместное опреснение до < 28 psu. Гидрофизические наблюдения выявили разделение Восточно-Сибирского моря на две области – западную более опресненную, находящуюся под влиянием вод моря Лаптевых и восточную, испытывающую влияние Чукотского моря и Центрального Арктического бассейна. Уникальной чертой восточной части Восточно-Сибирского моря было существование протяженной (около 150 км в меридиональном направлении) области практически гомогенных по плотности вод, где вертикальные изменения солёности от поверхности до дна составили всего от 28.1 до 28.2 psu. Очевидно, что в этом районе сезонное выхолаживание провоцирует вертикальную конвекцию, охватывающую всю водную толщу. Наблюдения в эстуарии р. Хатанга и на прилежащем шельфе выявили наличие

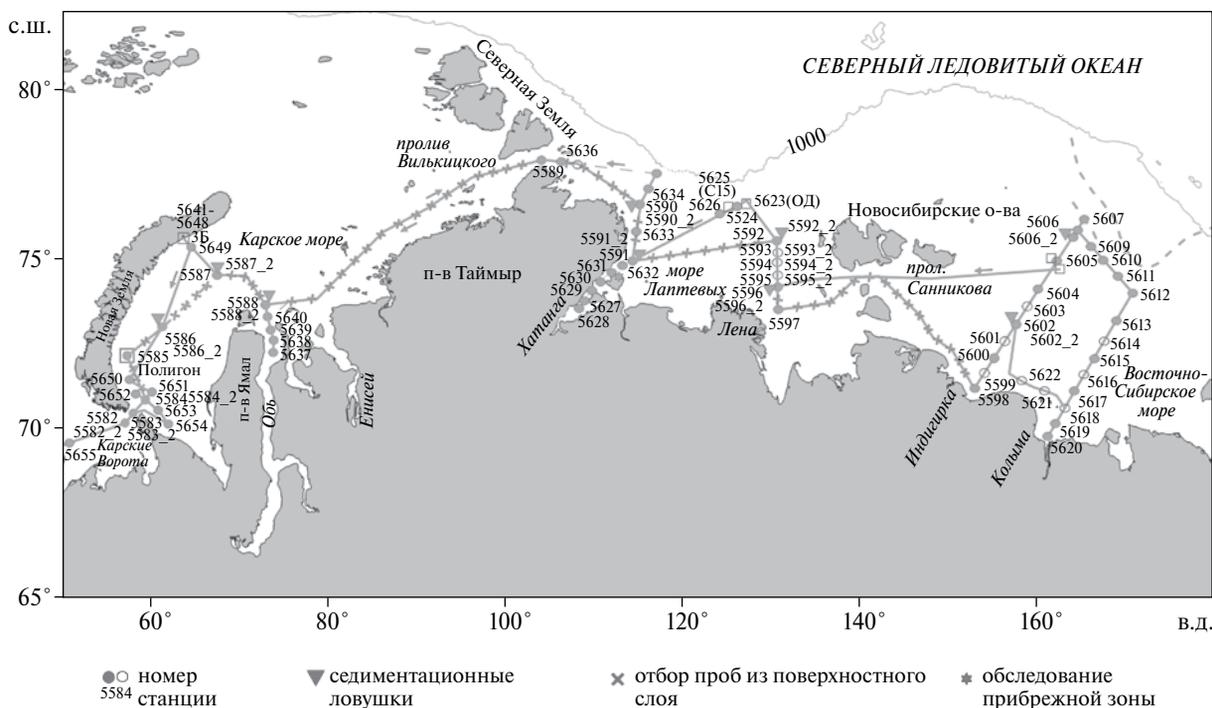


Схема маршрута 69-го рейса НИС “Академик Мстислав Келдыш” и характеристика выполненных работ.

эстуарного фронта, имеющего меридиональную протяженность около 30–40 км.

Исследование оптических свойств вод в Восточно-Сибирском море позволили впервые оценить широтную протяженность аномально мутного придонного слоя с прозрачностью от  $27 \text{ м}^{-1}$  до  $58 \text{ м}^{-1}$ , связанного с речным стоком. В районе р. Индигирка она составила около 450 км, в районе р. Колымы – 150 км, при том, что среднегодовой сток Колымы почти в 2 раза превышает сток Индигирки. Выявлено мощное влияние стока р. Хатанга на оптические характеристики шельфовых вод в западной части моря Лаптевых. Здесь в придонном слое зафиксировано самое высокое значение показателя ослабления для всей исследованной области Арктики ( $C = 80.6 \text{ м}^{-1}$ ).

Непрерывные наблюдения за характеристиками поверхностных вод на трансарктическом маршруте протяженностью ~6 тыс. км позволили оценить влияние материкового стока на гидрохимический режим Арктического шельфа. Близкое к аналитическому нулю содержание нитратов на большей части шельфа является основным фактором, лимитирующим сезонную первичную продукцию и развитие фитопланктона. Оценка доли вод материкового стока в формировании поверхностных вод шельфа восточнее пролива Велькицкого показала, что континентальный сигнал в наибольшей степени проявляется в районах, прилежащих к устьям рек Лена и Индигирка.

На трансарктическом разрезе от Карских Ворот до восточной части Восточно-Сибирского моря получены уникальные данные по структуре сообществ фитопланктона в поверхностном слое моря с пространственным разрешением ~30 миль. Установлена практически повсеместная крайняя бедность фитопланктона – значения численности и биомассы не превышали  $50\text{--}75 \times 10^3$  кл/л и  $50 \text{ мг WW/м}^3$ , соответственно. Локальное возрастание численности фитопланктона до  $300\text{--}400 \times 10^3$  кл/л, а биомассы до  $600\text{--}700 \text{ мг WW/м}^3$  ассоциировано с областями шельфа, где проявлялось существенное воздействие речного стока.

Наблюдения на трансарктическом разрезе позволили выявить колоссальную пространственную изменчивость концентрации хлорофилла и первичной продукции. Концентрация хлорофилла “а” в поверхностном слое изменялась в 58 раз – от 0.04 до  $2.32 \text{ мг/м}^3$ , значения  $>1 \text{ мг/м}^3$  были связаны с районами, прилежащими к устьям Оби, Енисея, Лены и Индигирки. Величины первичной продукции изменялись в 59 раз – от 1.12 до  $66.31 \text{ мгC/м}^3/\text{сутки}$ . Первые в истории исследований измерения первичной продукции в Восточно-Сибирском море дали величины от 1.2 до  $9.8 \text{ мгC/м}^3/\text{сутки}$ .

Получены оценки состава и количественного распределения мезозoopланктона для трех морей Сибирской Арктики. Впервые выявлены крайне низкие значения биомассы зоопланктона

в центральной части Восточно-Сибирского моря –  $<5 \text{ мг/м}^3$  (против  $50\text{--}150 \text{ мг/м}^3$ , характерных для других шельфовых районов Арктических морей). Получены первые оценки роль зоопланктона в утилизации фитопланктона в западном районе моря Лаптевых в Восточно-Сибирском море. Эти важнейшие функциональные характеристики экосистемы существенно варьировали – от 0.5 до 10% для биомассы фитопланктона и от 2 до 48% для первичной продукции. Максимальные величины были характерны для областей внутреннего шельфа, где доминировала мелкоразмерная фракция зоопланктона.

На шельфе Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского морей на время экспедиции были поставлены буи с седиментационными ловушками, и получены материалы для оценки вертикальных потоков в районах в разной степени подверженных воздействию речного стока.

Получены новые данные о биоразнообразии арктической донной фауны. В Восточно-Сибирском море, наименее изученным море российской Арктики, было определено 205 видов донных организмов, из которых один вид отмечен впервые для бассейна. Четыре вида отмечены впервые для моря Лаптевых, из них два вида, предположительно, новые для науки. Исследована донная фауна в районе метановых высачиваний на внешнем шельфе моря Лаптевых. Реакция макрофауны на поступление метана в верхний слой осадков выражалась в изменении интегральных характеристик сообщества и присутствии ряда эндемичных симбиотрофных организмов. В районах метановых сипов обнаружено не менее 66 бентосных видов, в прилежащем фоновом районе – 34. Для районов высачиваний метана характерно массовое развитие погонофор *Oligobrachia haakonmosbiensis*. Проведенные впервые наблюдения с использованием БРПА “Видеомодуль” показали, что в районах высачиваний погонофоры образуют сплошные “ковры” площадью до нескольких квадратных метров. Выявлено наличие карбонатных корок разного возраста – от “свежих” светло-серых консолидированных образований до темных, присыпанных осадком и находящихся в стадии разрушения.

С использованием БНПА “Видеомодуль” выполнен количественный учет недавнего вида-вселенца в Карское море краба *Chionoecetes opilio*.

Плотность популяции крабов в западной части моря достигла  $0.11 \text{ экз/м}^2$  ( $1124 \text{ экз}$  на  $1 \text{ га}$ ), в составе популяции явно преобладают взрослые половозрелые формы. Это указывает на быстрое развитие инвазии.

Установлено, что поступление метана со дна моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря имеет локальный характер. В море Лаптевых с эхолотным промером было пройдено около  $3500 \text{ км}$  и газовые факелы (42 аномалии) были зарегистрированы только в пределах двух районов на внешнем шельфе при глубинах  $\sim 60\text{--}70 \text{ м}$ . Данные эхолота и буксируемой платформы “Видеомодуль” позволили оценить поперечник каждого из районов с газовыми факелами всего в несколько километров, расстояние между ними – в  $50 \text{ км}$ . Районы метановых высачиваний расположены вблизи сочленения хребта Гаккеля с системой разломов на шельфе, и метан здесь, скорее всего, имеет глубинное происхождение, а не выделяется при таянии многолетнемерзлых пород, как предполагается в некоторых работах. В целом установлено, что влияние локальных выбросов метана на потоки газов, распределение фауны и донную экосистему очень незначительно.

По результатам гидролокационной съемки высокого разрешения в одном из районов захоронений радиоактивных отходов (залив Благополучия, Новая Земля) были выявлены конкретные точки нахождения не локализованных ранее потенциально опасных объектов. На объектах произведены измерения гамма-спектров и констатировано отсутствие утечки радиоактивности.

Экспедиция проведена при финансовой поддержке ФАНО (целевое финансирование на проведение морских экспедиционных исследований Арктики), Проекта РНФ № 14-50-00095 и Программы I.3П Президиума РАН.

## 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.