

УДК 551.465

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ КАРСКОГО МОРЯ (128-й РЕЙС НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА “ПРОФЕССОР ШТОКМАН”)

© 2015 г. М. В. Флинт, С. Г. Поярков

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

e-mail: m_flint@orc.ru

Поступила в редакцию 12.11.2014 г.

DOI: 10.7868/S0030157415040073

Карское море – один из ключевых арктических регионов, исследование которого позволяет обращаться не только к локальным бассейновым, но и к общерегиональным проблемам. В Карское море поступает около 45% всего пресноводного стока в Арктику (1200 км²). Речной сток определяет сильное распреснение поверхностного слоя моря, что существенно влияет на процессы внутрибассейнового водообмена, вертикальное перемешивание водной толщи, биогенный режим и условия существования биоты. С пресноводным током на арктический шельф выносятся более 150 млн. т аллохтонного вещества, включая широкий спектр загрязнений. В карском регионе в сильной степени выражены характерные для Арктики в последние десятилетия климатические процессы, прежде всего деградация летнего ледового покрова. На шельфе и в прибрежной зоне моря разведаны огромные запасы газоконденсата и нефти, промышленная разработка и транспортировка которых грозят карской экосистеме сильнейшим антропогенным воздействием. Крупнейшие радиоактивные могильники в заливах восточного берега Новой Земли и Новоземельской впадине делают Карское море сосредоточением колоссальных накопленных экологических рисков.

Для исследования перечисленных выше проблем Институтом океанологии РАН была организована Карская морская экспедиция – 128-й научный рейс НИС “Профессор Штокман”. Рейс проходил с 8 августа по 11 сентября 2014 г. Руководителем экспедиции был заместитель директора Института океанологии РАН д.б.н. М.В. Флинт, судном командовал капитан дальнего плавания А.А. Хромов. Экспедиция была продолжением комплексных исследований Карского бассейна, проведенных ИО РАН в 2007, 2011 и 2013 гг. и основывалась на том же мультидисциплинарном

методологический подходе, что позволяет объединить данные многолетних исследований.

Главные цели экспедиционных исследований состояли в следующем:

получить характеристики современного состояния ключевых абиотических и биотических компонентов пелагической и донной экосистем разных районов Карского моря с учетом текущего климатического состояния Арктического региона;

оценить специфику физических, гидрохимических, биологических и геохимических процессов в районе масштабной распресненной поверхностной линзы, сформированной стоком Оби и Енисея, оценить роль линзы в формировании биологической продукции, трансформации и кросс-шельфовом переносе вещества;

исследовать зональную специфику физических, гидрохимических, биологических и геохимических явлений и процессов в восточном практически неизученном, наиболее холодном и ледовитом районе Карского моря;

исследовать гидрофизические, гидрохимические, биологические и геохимические явления и процессы, ассоциированные с эстуарной фронтальной зоной Оби; определить условия формирования и структуру планктонного “биологического фильтра”, ассоциированного с эстуарной фронтальной зоной, его роль в трансформации и потоках органического вещества;

получить гидрофизические, гидрохимические данные, биологические материалы для характеристики пелагических и донных экосистем в местах крупных радиоактивных могильников – заливах восточного берега Новой Земли (Абросимова, Степового, Цивольки и Благополучия) и Новоземельской впадине.

Маршрут экспедиции показан на рисунке. Проведенные исследования выявили локализацию поверхностной линзы, опресненной стоком

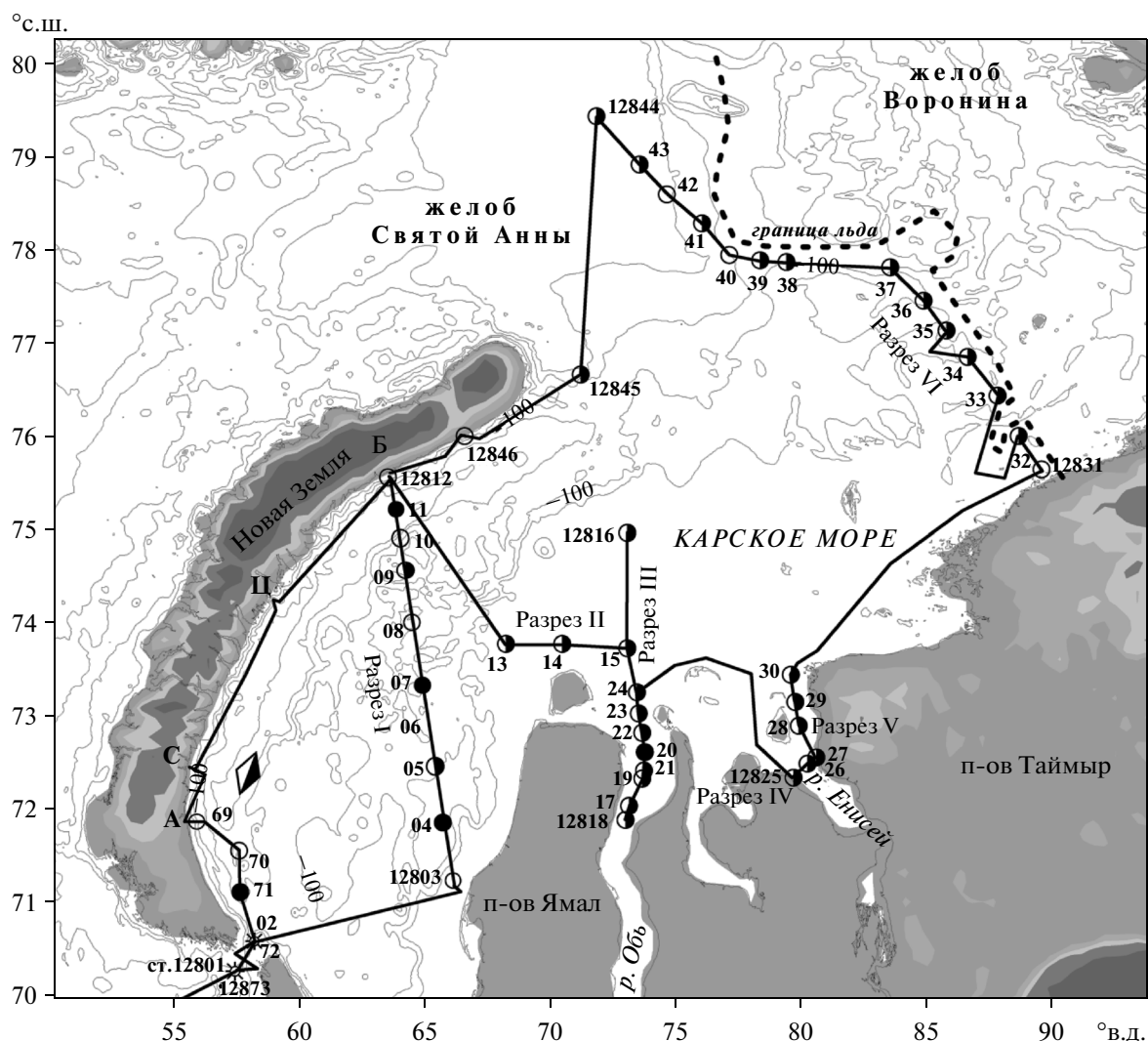


Схема маршрута, положение разрезов и станций 128-го рейса НИС «Профессор Штокман».

воды Оби и Енисея, в центральной и юго-западной частях Карского моря. В центре линзы в координатах $\sim 73^{\circ}20', 20''$ с.ш. и $65^{\circ}40', 0''$ в.д. была обнаружена область с рекордно низкой для открытых частей Карского моря соленостью — 9.2 psu. Поверхностную опресненную линзу подстилал жесткий пикноклин с градиентами солености до 5.5–6.0 psu на метр, что препятствовало ветровому перемешиванию, поступлению биогенных элементов в эвфотический слой и сезонному опусканию нижней границы верхнего однородного слоя. С помощью непрерывной регистрации гидрофизических и биофизических параметров поверхностного слоя моря получены данные о локализации и градиентных характеристиках фронтальных зон на периферии поверхностной опресненной линзы. Граница области опресненных вод (<24 psu) достигала берегов северного острова

Новой Земли. Поверхностные воды с наиболее низкой соленостью характеризовались относительно высокими значениями флуоресценции РОВ и хлорофилла. В целом опресненная область была существенно сдвинута на запад бассейна по сравнению с нашими наблюдениями 2007, 2011, 2013 гг.

Эстуарная фронтальная зона Оби характеризовалась резко выраженной в распределении придонной солености южной периферией (градиенты 0.8–1.0 psu/км), лежащей между $72^{\circ}12'$ и $72^{\circ}27'$ с.ш. На северной периферии эстуарной зоны ($73^{\circ}20'$ с.ш.) придонная соленость достигала характерных для Карского шельфа величин — >33 psu. Изменения солености в поверхностных слоях воды в эстуарной зоне происходили существенно более плавно. На протяжении 220 км (от $71^{\circ}12'$ до $74^{\circ}00'$ с.ш.) соленость возрастала от

до 12 psu. Значений, характерных для Карского шельфа, поверхностная соленость достигала лишь на $74^{\circ}50'$ с.ш., и, таким образом, внешняя периферия эстуарной фронтальной зоны в пределах Обского эстуария была практически не выражена. Это было следствием интенсивного (августовского) стока и действия сгонных ветров южных направлений.

Положение и выраженность в полях солености и температуры склоновой фронтальной зоны в желобе Св. Анны, отделяющей относительно теплые низкосолёные воды Карского шельфа от холодных и солёных арктических вод, были идентичными тем, что зафиксированы нами в исследованиях 2007 и 2011 гг., что позволяет говорить об устойчивости этой важной экологической границы.

Оценки гидрохимических параметров в разных районах моря показали, что содержание кислорода и основных биогенных элементов не выходило за пределы средних многолетних значений для летнего сезона. Концентрации фосфатов и нитратного азота в эвфотическом слое повсеместно не снижались до аналитического нуля, и их количество не могло служить фактором, лимитирующим развития фитопланктона.

Впервые проведены измерения первичной продукции Карского моря в водах с разным трофическим статусом в активный период сезонной сукцессии фитопланктона (август) по схеме *in situ*, что позволяет точно рассчитать суммарную величину первичной продукции в столбе воды. Получены характерные зависимости ассимиляционного числа от подводной облученности в водах разного оптического типа и трофности. Впервые проведены исследования пространственной изменчивости параметров световых кривых фотосинтеза фитопланктона Карского моря: максимального ассимиляционного числа, эффективности фотосинтеза, уровней светового насыщения (параметра фотоадаптации), оптимальной облученности и светового угнетения фотосинтеза.

Цветение фитопланктона было обнаружено только в области южной периферии эстуарного фронта (пресноводный фитопланктон, 4 г/м^3) и в центральной области опресненной поверхностной линзы вод в западной части бассейна (морские виды фитопланктона, 500 мг/м^3). В восточных районах моря у края сезонного льда и в северных глубоководных районах (севернее 78° с.ш.), несмотря на недавнее освобождение ото льда, фитоценоз находился на позднезимней стадии сезонной сукцессии и характеризовался очень низким уровнем биомассы — $<100 \text{ мг/м}^3$. Во всех обследованных районах Карского бассейна значения хлорофилла “а” даже в слое максимума

флуоресценции не превышали 1 мкг/л , что также указывает на низкие биомассы фитопланктона. Исключение составляли эстуарные области рек Обь и Енисей, где концентрации хлорофилла “а” в среднем составляли $4\text{--}6 \text{ мкг/л}$, а в пресноводной части Обского эстуария достигали 17 мкг/л .

Впервые для морей Сибирской Арктики получены количественные оценки растворенного органического углерода, продуцируемого фитопланктоном в процессе фотосинтеза. Значения продукции растворенного органического углерода фитопланктоном изменялась от 25 до 62% от общей первичной продукции, оцененной по усвоению ^{14}C . Доля новосинтезированного фитопланктоном органического вещества, усвоенного планктонными бактериями варьировала от 1 до 15% первичной продукции.

Впервые получен материал по количественному распределению зоопланктона и его трофодинамическим параметрам в области локализации поверхностного опресненного слоя Карского моря. В зоне эстуарного фронта реки Обь на основании суточных наблюдений были определены трофические характеристики массовых видов зоопланктона, что позволит оценить роль эстуарного “биофильтра” в трансформации аллохтонного и автохтонного органического вещества и вертикальных потоках органики. Впервые для Карского моря был получен материал, позволяющий характеризовать структурные и функциональные параметры зоопланктонного сообщества у границы льда в восточной части бассейна. Собрана коллекция массовых видов зоопланктона из разных биотопов Карского моря, что позволит провести оценку генетической дистанции различных по происхождению популяций.

Исследования донной фауны позволили выделить последовательную широтную смену биоценозов, которая соответствовала картине, приведенной в работе З.А. Филатовой, Л.А.Зенкевича по материалам 1945 г. Это указывает на большую временную устойчивость структуры донных биоценозов в западной части Карского бассейна, где расположены крупнейшие лицензионные участки добычи углеводородного сырья на шельфе.

Получены пробы донных осадков, зообентоса и зоопланктона, которые позволят впервые оценить содержание ртути в компонентах экосистемы Карского моря, определить коэффициенты ее биоаккумуляции и механизмы переноса. Собран материал для оценки радиационного состояния донных отложений в разных районах Карского моря, включая эстуарии Оби и Енисея.

Проведены первые подробные гидрофизические, гидрохимические и биоокеанологические исследования заливов Благополучия, Цивольки, Степового и Абросимова архипелага Новая Зем-

ля, различающихся морфологией, гидродинамикой, климатическими условиями, стоком и объемом радиоактивных захоронений, что позволит детально характеризовать локальные экосистемы и оценить уровень их изоляции от основного бассейна. Показано, что бентосные сообщества заливов сформированы в основном арктическими видами и отдельными представителями арктическо-бореальных видов.

Впервые получены материалы для характеристики радиоактивной загрязненности почвенных и растительных компонентов ландшафтно-геохимических экосистем и прибрежных донных отло-

жений четырех заливов Новой Земли. Получены ледовые пробы из выводных ледников Розе, Серп и Молот, что позволит впервые дать оценку их радиационного состояния.

Экспедиционные исследования проведены при финансовой поддержке Проектов РФФИ (№ 14-05-001Кар_а, №14-05-003Кар_а, № 14-05-005Кар_а, № 14-05-006Кар_а, № 14-05-10055к), РФФИ (№ 14-17-00681), РГО-РФФИ (№ 20/13) и Программы Президиума РАН “Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации”.