

УДК 551.465

ПЛАНКТОННОЕ СООБЩЕСТВО КАРСКОГО МОРЯ РАННЕЙ ВЕСНОЙ

© 2017 г. А. Ф. Сажин¹, С. А. Мошаров¹, Н. Д. Романова¹, Н. А. Беляев¹, П. В. Хлебопашев¹, М. А. Павлова², Е. И. Дружкова², М. В. Флинт¹, А. И. Копылов³, Е. А. Заботкина³, Д. Г. Ишкулов², П. Р. Макаревич², А. Ф. Пастернак¹, П. Н. Маккавеев¹, А. Н. Дроздова¹

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

²Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

³Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Россия

e-mail: andreysazhin@yandex.ru

Поступила в редакцию 27.07.2016 г.

DOI: 10.7868/S0030157417010178

Практически полное отсутствие информации о состоянии планктонной биоты Карского моря ранней весной делает невозможным реконструкцию сезонного цикла экосистемы этого бассейна и оценку воздействия на нее текущих климатических изменений в Арктике. Исследования, проведенные с 29 марта по 08 апреля 2016 г. на судне “Норильский никель” позволили получить материалы в какой-то степени заполняющие этот пробел. На 27 станциях (рисунок) были отобраны пробы для оценки структурных и продукционных параметров планктона, а также проведены измерения гидрофизических, гидрохимических и продукционных параметров в поверхностном слое моря. Измерены: температура, электропроводность, освещенность, щелочность, концентрация кислорода, кремния, фосфатов, нитратов, нитритов, суммарной взвеси, взвешенного и растворенного органического углерода, изучены спектральное распределение и интенсивность флуоресценции окрашенной фракции растворенного органического вещества. Определены видовой состав, численность и биомасса автотрофного и гетеротрофного пико-, нано- и микропланктона, концентрация хлорофилла “a”, величины ассимиляционного числа, уровень первичной и бактериальной продукции, концентрация вириопланктона и бактериопланктона в воде, а также численность вирусов, связанных с бактериальными клетками. На двух станциях были отобраны тотальные пробы зоопланктона от дна до поверхности моря.

Карское море по пути следования судна было покрыто 30–50 см льдом разной степени сплошности, встречались участки открытой воды, главным образом, у западной оконечности Ямала и в Карских Воротах. Температура воздуха не поднималась выше 0°C, температура воды в поверхностном слое изменялась от –1.9 до 0°C, соленость от 0.12 (ст. 11, р. Енисей) до 35.43 psu (ст. 23,

западное побережье п-ва Ямал). Щелочность морских вод была 2.1–2.3 мкг-ат/л, речных Енисейских – 1.6–1.7 мкг-ат/л. Концентрация кремния в морских водах составляла 1.2–41.3 мкг-ат/л, фосфатов 0.15–0.65 мкг-ат/л, нитритов 0–0.1 мкг-ат/л, нитратов 3.0–7.2 мкг-ат/л. В Енисейской воде концентрация кремния возрастала до 113–135 мкг-ат/л, фосфатов до 0.36–0.61 мкг-ат/л, нитратов до 12.2–16.8 мкг-ат/л. Таким образом, содержание биогенных элементов в поверхностном слое моря в конце марта–начале апреля не могло быть фактором, лимитирующим развитие фитопланктона в морском и эстуарном биотопах. Насыщение воды кислородом в морских водах составляло 87–100%, в речных 73–78%.

Средняя концентрация взвеси в поверхностном слое Карского моря составляла 1500 мкг/л, меняясь от 260 до 5040 мкг/л, что связано с низким стоком рек в конце марта–начале апреля. Изменчивость содержания взвеси ранней весной была выше, чем в летне-осенний период, что, вероятнее всего, обусловлено влиянием процессов сорбции и десорбции взвеси во время образования и таяния льда. То же справедливо и для взвешенного органического углерода. Средняя концентрация органического углерода во взвеси была 133 мкг/л (диапазон изменчивости 12.8–621 мкг/л). Средняя концентрация растворенного органического углерода в поверхностном слое составила 3.8 мг/л, при диапазоне изменчивости от 1.9 до 5.1 мг/л. Окрашенная фракция растворенного органического углерода представлена в основном гуминовыми веществами терригенного происхождения, которые в речном и эстуарном районах Енисея доминируют в составе растворенного органического вещества. К западу от п-ва Ямал влияние стока Оби и Енисея незначительно и в поверхностных водах возрастает роль автохтонного органического вещества.

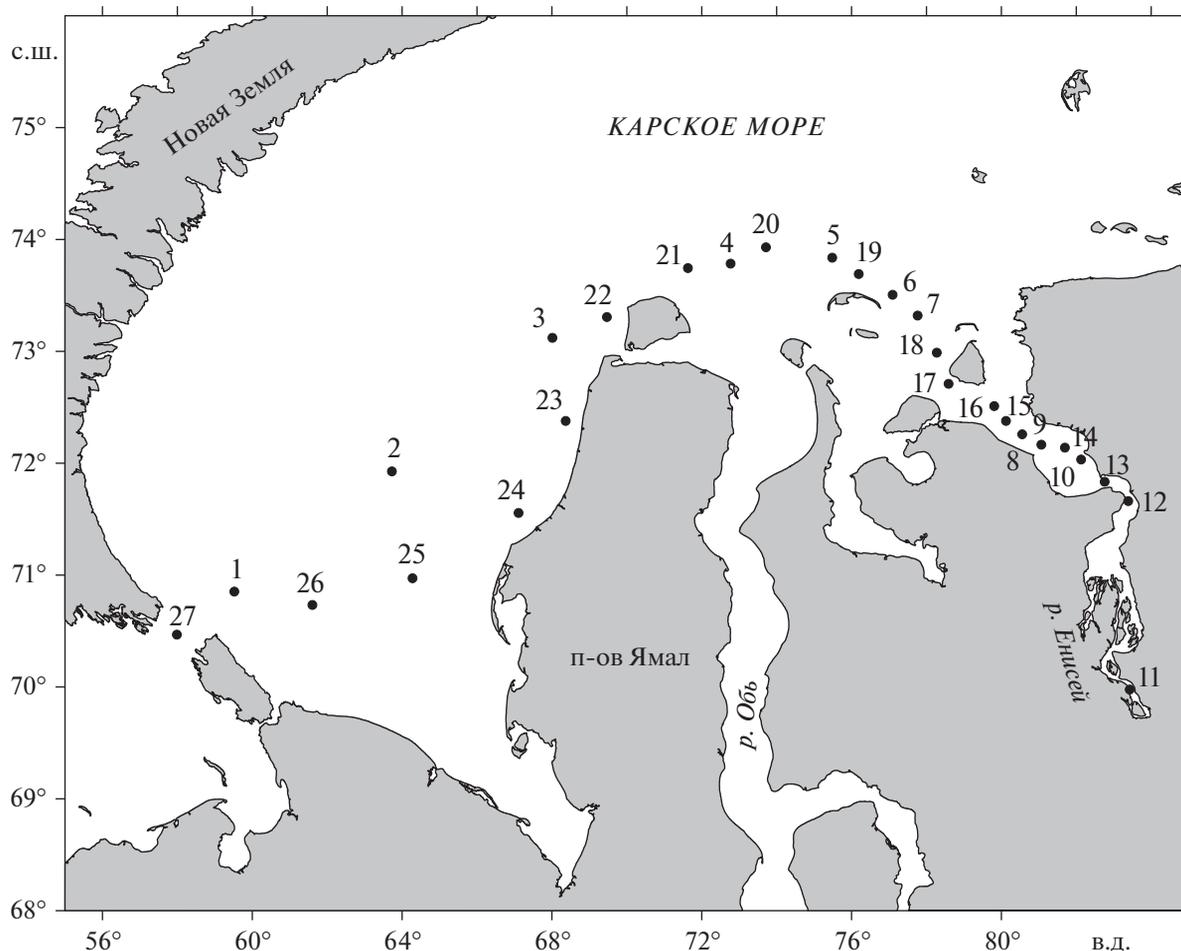


Схема станций в Карском море в марте–апреле 2016 г. (судно “Норильский никель”).

Концентрация хлорофилла “а” в период исследований менялась от 0,08 до 3.223 мкг/л, при среднем значении 0.624 мкг/л и лишь в Карских воротах возрастала до 9.483 мкг/л. Доля феофитина в среднем в морских водах составляла 41% от суммы хлорофилла и феофитина, достигая на отдельных речных станциях 97% (ст. 8, 9). Величина первичной продукции на акваториях, покрытых льдом, в среднем составляла 0,040 мгС/м³ час⁻¹, а на свободных ото льда участках была в четыре раза выше: 0,15 мгС/м³ час⁻¹. Исключением был район Карских ворот (ст. 27), где уровень первичной продукции достигал 6.73 мгС/м³ час⁻¹ при биомассе автотрофного фитопланктона 457 мгС/м³, что является максимальными значениями, полученными в этот период года. Все станции по численности, биомассе и видовому составу фитопланктона и простейших условно можно разделить на три группы: станции с высоким уровнем развития автотрофных водорослей (станции 3 и 27); станции, на которых фитопланктона немного, но автотрофные организмы доминируют (станции 1, 2, 4, 5, 18, 21, 23–26); и станции с преобладанием гете-

ротрофной составляющей в микропланктоне (станции 7, 8, 14, 16, 19, 20, 22). В юго-западной части Карского моря на всех станциях доминировали автотрофные водоросли. Их биомасса варьировала в пределах 2.01–11.53 мгС/м³, при биомассе гетеротрофного микропланктона (микроводоросли, инфузории) 0.31–2.01 мгС/м³. Среди автотрофных водорослей доминировали *Fragilariopsis oceanica*, *F. cylindrus*, *Thalassiosira* spp., *Rhodomonas salina*, *Dicrateria inornata*, *Pauliella taeniata*, а также *Nitzschia frigida* и *Entomoneis palludosa*, вероятно, попадающие в воду с нижней поверхности льда. В эстуарных зонах Оби и Енисея на станциях 7, 19, 20, 22 преобладали гетеротрофные водоросли и инфузории. Их биомасса менялась от 1.25 до 2.01 мгС/м³ при биомассе автотрофного фитопланктона 0.62–1.35 мгС/м³. На станциях 4, 5, 18, 21 автотрофный фитопланктон составлял большую часть микропланктона. Его биомасса варьировала в пределах 0.70–6.78 мгС/м³. Самыми массовыми видами были *Navicula* spp., *Melosira arctica*, *Teleaulax acuta*, *Pyramimonas marina*. В речной зоне Енисея (станции 8, 14, 16) в

микропланктоне преобладали гетеротрофные формы жгутиковых водорослей и инфузории, биомасса которых менялась от 0.62 до 5.14 мгС/м³. Автотрофные формы водорослей при этом составляли лишь 0.31–0.54 мгС/м³.

Численность бактериопланктона ранней весной варьировала в пределах 72–354 × 10³ кл/мл, биомасса составляла 1.27–6.57 мгС/м³. Уровень суточной бактериальной продукции не превышал 6.18 мгС/м³. Численность свободных вирусов в поверхностных водах Карского моря менялась в пределах 1.05–8.47 × 10⁶ частиц/мл, составляя, в среднем, 4.04 ± 0.91 × 10⁶ частиц/мл. Количество бактерий с прикрепленными к их клеткам вирусными частицами колебалось от 14.2 до 24.8% общей численности бактерий, при средней величине 19.6 ± 1.2%. Количество фагов в инфицированных бактериальных клетках достигало 78 фагов/клетку. Вирус-индуцированная смертность бактериопланктона определялась средней величиной 7.8 ± 0.8% от продукции бактерий.

Зоопланктон на станциях 20 и 24 с глубинами около 10 м практически полностью состоял из *Pseudocalanus acuspes*, в большинстве своем представленным четвертыми и пятыми копеподитами. В значительно меньшем количестве присутствовали первые-четвертые копеподиты *Oithona similis*. Суммарная численность зоопланктона на исследованных станциях составляла 2200–3310 экз/м², биомасса – 143–870 мг сырого веса под 1 м². Физиологическое состояние зоопланктона соответствовало концу зимы, лишь у части (31%) самок *P. acuspes* началось развитие ооцитов в гонадах.

В период проведения работ в исследованных районах Карского моря “цветение” диатомовых водорослей на нижней поверхности льда уже про-

шло. Об этом свидетельствует как вид нижней кромки льда, окрашенной в коричневый цвет, так и остатки характерных колоний ледовых водорослей в основном *Nitzshia frigida* в пробах поверхностной воды. Интенсивное “цветение” фитопланктона с преобладанием диатомовых водорослей наблюдалось только у северной оконечности Ямала под 40–50 см слоем льда и в открытой воде в районе Карских Ворот, где на фоне вспышки диатомовых водорослей, развивалось еще не достигшее своего максимума “цветение” *Phaeocystis pouchetii*. Факт “цветения” *Phaeocystis pouchetii* впервые отмечен для пограничного района Карского и Баренцева морей. В эстуарии Оби фитопланктон состоял исключительно из морских видов, пресноводные *Aulacoseira* spp. в поверхностных пробах не отмечены.

Пока мы можем лишь констатировать, что “пусковые механизмы” интенсивного сезонного развития тех или иных видов или групп водорослей в Карском море известны плохо. Судя по немногим данным, интенсивная вегетация морского фитопланктона начинается уже с конца февраля, как на нижней кромке льда, так и в подледной воде. Она проявляется пятнисто и мало зависит от состояния ледового покрова. С началом весеннего половодья в эстуарных областях Енисея и Оби главенство переходит к видам, связанным с опреснением, а водоросли, предпочитающие высокую соленость, играют второстепенную роль.

Экспедиционные исследования и сбор материала выполнены при финансовой поддержке РФФ (проект № 14-17-00681) и РФФИ (проект № 14-05-05003Кар_а). Обработка материала выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 14-05-00028а, № 14-04-00130а, № 16-35-60032 мол-а-дк).