

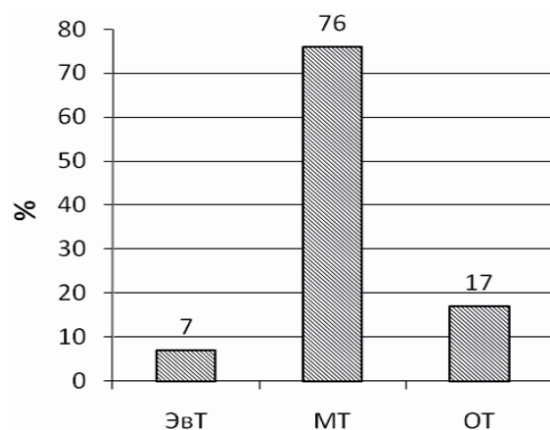


Рис. 7. Распределение прибрежно-водных видов по отношению к трофности (ЭвТ – эвтроф, МТ – мезотроф, ОТ – олиготроф)

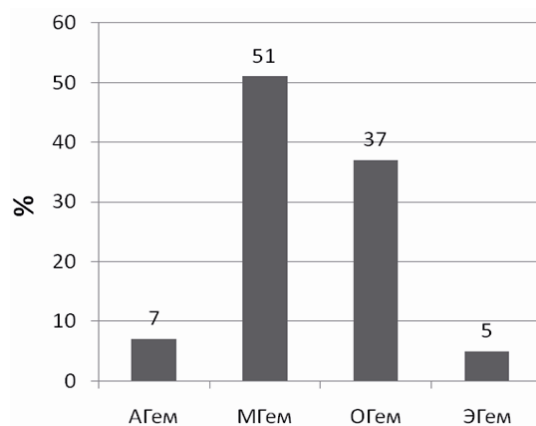


Рис. 8. Распределение прибрежно-водных видов по группам гемеробности (АГем – агемеробные, МГем – мезогемеробные, ОГем – олигогемеробные, ЭГем – эугемеробные)

Заключение

Прибрежно-водная флора оз. Четырехверстного включает 41 вид высших сосудистых растений, относящихся к 30 родам и 19 семействам из 3 классов и 2 отделов. Среди жизненных форм отмечено преобладание гемикриптофитов. Прибрежно-водная флора озера сформирована бореальными циркумполярными видами. Характерно преобладание гигрофитов, семигелиофитов, мезотрофов. По показателю гемеробности ведущую роль играют мезогемеробные виды.

В перспективе представленные исследования предполагают последующие исследования флоры и растительности оз. Четырехверстного.

Литература

1. Антипина Г. С. Урбановфлора Карелии. Петрозаводск, 2002. 200 с.
2. Антипина Г. С., Тойвонен И. М., Венжик Ю. В. Конспект флоры сосудистых растений города Петрозаводска. Петрозаводск, 2001. 110 с.
3. Атлас Карельской АССР. М., 1989. 40 с.
4. Катанская В. М., Распопов И. М. Методы изучения высшей водной растительности // Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л., 1983. С. 163–169.
5. Кравченко А. В. Конспект флоры Карелии. Петрозаводск, 2007. 403 с.
6. Раменская М. Л., Андреева В. Н. Определитель высших растений Мурманской области и Карелии. Л., 1982. 435 с.
7. Растения и лишайники города Петрозаводска (аннотированные списки видов): Учебное пособие / Под ред. Г. С. Антипиной. Петрозаводск, 2010. 208 с.
8. Цвелев Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России. СПб., 2000. 722 с.
9. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб., 1995. 992 с.
10. Raunkiaer C. The Life Forms of Plants and Statistical Geography. Oxford, 1934. 632 p.

БИОМАССА И КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЗООПЛАНКТОНА В ЭПИПЕЛАГИАЛИ АТЛАНТИЧЕСКОГО СЕКТОРА ЮЖНОГО ОКЕАНА

А. Н. Ступникова, А. Л. Верещака, В. И. Гагарин, Д. Н. Кулагин, А. А. Лунина

Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН

Введение

Оценка биомассы зоопланктона и ее пространственной неоднородности необходима для понимания общих закономерностей влияния факторов среды на распределение зоопланктона. Съемка

с высоким пространственным разрешением на двух меридиональных разрезах через все гидрологические границы Антарктического Циркумполярного течения (АЦТ) в западной и восточной частях Атлантического сектора позволила оценить влияние этих границ на смену таксономического состава зоопланктона и на характер распределения биомассы планктона в эпипелагиали.

В летний период наиболее важные группы зоопланктона находятся в поверхностных водах, так как мигрирующие виды уже поднялись в верхние слои для размножения и питания. Поэтому исследование верхнего активного слоя достаточно для первичной оценки влияния различных факторов среды на распределение зоопланктона во всем столбе воды.

Предшествующие исследования в регионе [9, 16] показали возникновение областей повышенной биомассы зоопланктона в зонах гидрологических фронтов АЦТ на общем фоне низких значений биомассы [13], причем обогащение биомассой может достигать двух порядков [2, 3, 9]. Задачей данного исследования была более детальная оценка влияния гидрологических фронтов на суммарную биомассу зоопланктона и изменение его видового состава.

Материалы и методы

Полевые исследования проводили с борта НИС «Академик Иоффе» на разрезе SR-2 в период со 2 по 22 декабря 2009 г. и разрезе в проливе Дрейка в период со 2 по 9 января 2010 г. Расположение разрезов, на которых проводили отбор зоопланктонных проб, показано на рис. 1. Пробы отбирали на CTD станциях гидрологических разрезов. Расстояние между станциями составляло порядка 20 миль на разрезе SR-2 и порядка 10 миль в проливе Дрейка.

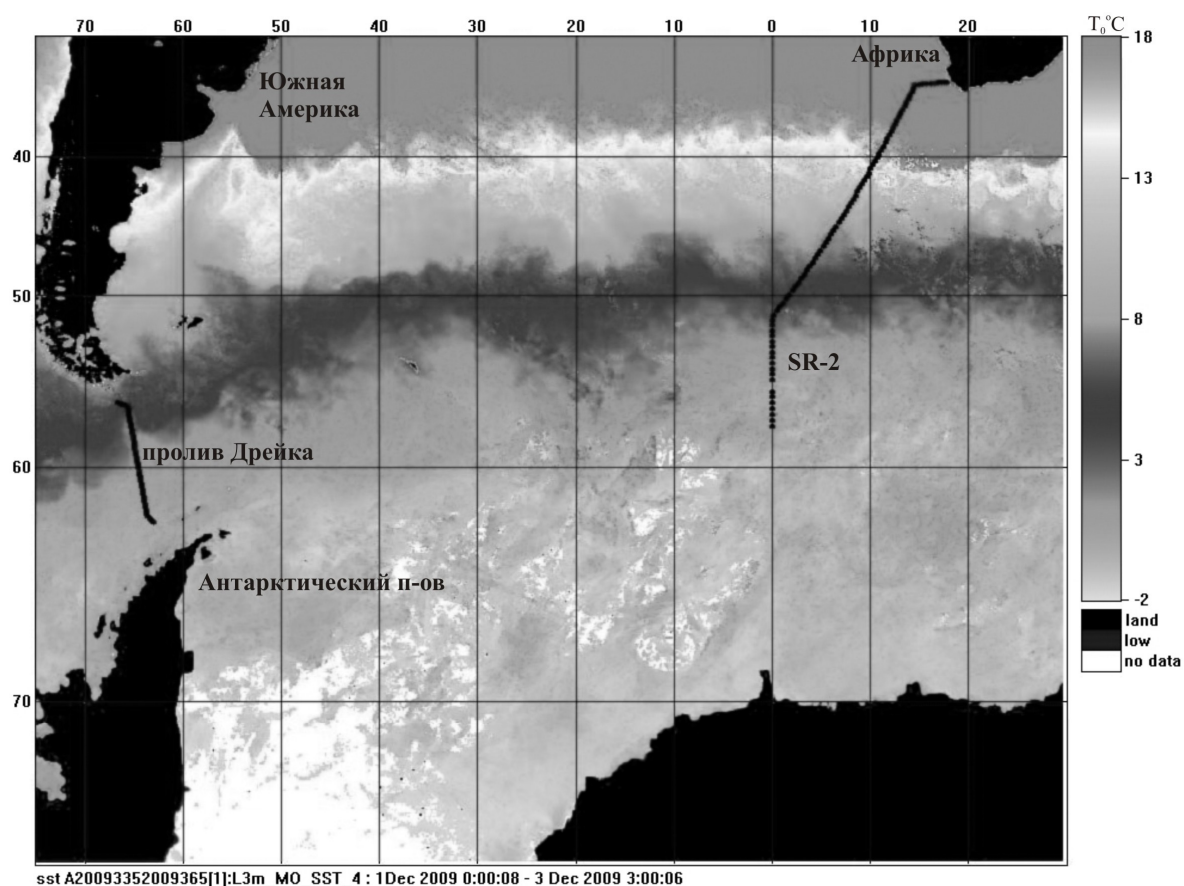


Рис. 1. Расположение разрезов SR-2 и разреза в проливе Дрейка в 30-м рейсе НИС «Академик Иоффе» на поле поверхностной температуры воды по данным дистанционного зондирования региона от 1–3 декабря 2009 г.

Отбор количественных проб зоопланктона производили замыкающей сетью Джеди 37/50 с площадью входного отверстия 0,1 м² и размером ячеек сита фильтрующего конуса 180 мкм. Ловы выполняли со скоростью 0,9–1 м/с.

Облавливался слой воды от поверхности до 300 м. Глубина опускания сети была рассчитана по длине троса и углу его наклона к поверхности моря. Под эпипелагиалью в данной работе мы принимаем слой 0–300 м.

Отобранные пробы концентрировали через сито с ячейей 100 мкм и фиксировали 4% формалином. Крупный желетелый планктон изымали из пробы сразу после отбора. Биомасса мезопланктона (без учета желетелого) измерялась в волюминометре Яшнова [10] в мл с последующим просмотром под бинокляром для выявления массовых форм.

Для определения положения фронтов использовали данные CTD-зонда, LADCP и спутниковые данные альтиметрии. Использовали восьмиструйную классификацию фронтов АЦТ Соколова и Ринтола [17]. Для выделения гидрологических зон использовали классическую схему разделения Южного океана на Субантарктическую, Полярную фронтальную и Антарктическую зоны [15].

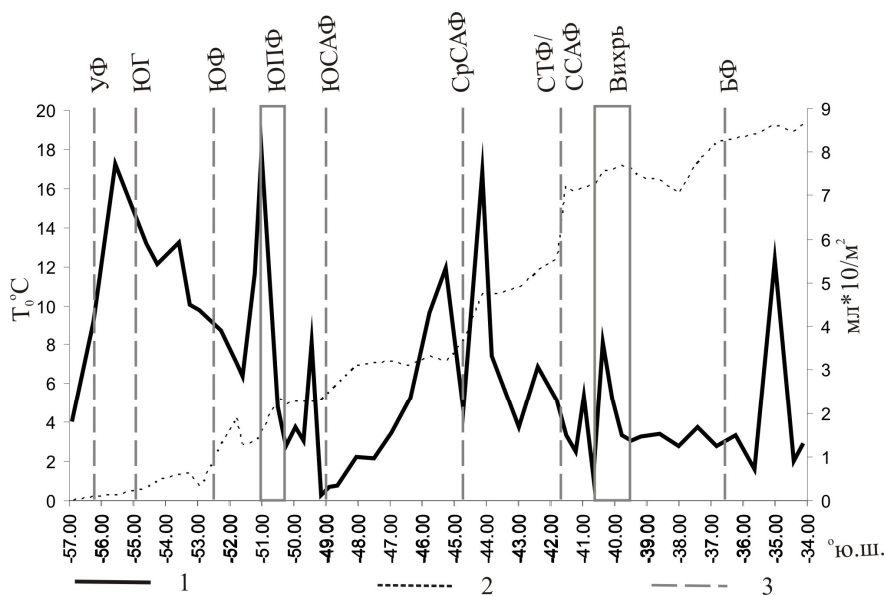
Результаты и обсуждение

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОЙ БИОМАССЫ ЗООПЛАНКТОНА В ЭПИПЕЛАГИАЛИ ИССЛЕДУЕМОГО РЕГИОНА

На рис. 2 показан характер распределения суммарной биомассы зоопланктона в столбе воды ($\text{мл} \cdot 10/\text{м}^2$) от поверхности до глубины 300 м на разрезе SR-2 на фоне кривой изменения поверхностной температуры.

Рис. 2. Распределение суммарной биомассы зоопланктона (без желетелых, $\text{мл} \cdot 10/\text{м}^2$) на разрезе SR-2 в поверхностном слое 0–300 м:

1 – значения суммарной биомассы, 2 – поверхностная температура воды, 3 – расположение фронтов согласно восьмиструйной классификации Соколова и Ринтола [17]. БФ – Бенгельский фронт, СТФ/ССАФ – Северная струя Субантарктического фронта слита с Субтропическим фронтом, СрСАФ – Средняя струя Субантарктического фронта, ЮСАФ – Южная струя Субантарктического фронта, ЮПФ – Южный Полярный фронт, все три струи слиты вместе, ЮФ – Южный фронт, ЮГ – Южная граница АЦТ, УФ – фронт моря Уэддэла



Средняя биомасса зоопланктона в эпипелагиали на разрезе SR-2 составляет $26,5 (\pm 19,0)$ $\text{мл}/\text{м}^2$. Полученные данные показывают, что величина биомассы зоопланктона в районе исследования колеблется в довольно широких пределах, почти на два порядка – от 1,3 до 80 $\text{мл}/\text{м}^2$ (рис. 2). Наблюдаются значительные колебания внутри каждой гидрологической зоны. Тем не менее прослеживается общий тренд изменения биомассы зоопланктона. Так, на разрезе SR-2 наблюдается трехкратное повышение суммарной биомассы в эпипелагиали в южном направлении: в Субтропической зоне средняя биомасса составляет $17,8 (\pm 11,4)$ $\text{мл}/\text{м}^2$, в Субантарктике – $26,1 (\pm 21,1)$ $\text{мл}/\text{м}^2$, в Полярной фронтальной зоне – $17,0 (\pm 11,6)$ $\text{мл}/\text{м}^2$, в Антарктике – $49,0 (\pm 14,5)$ $\text{мл}/\text{м}^2$. Такие низкие показатели биомассы представляются нетипичными для летнего периода и, скорее, соответствуют антарктической зиме [2].

На рис. 3 показано распределение суммарной биомассы зоопланктона ($\text{мл}/\text{м}^2$) в эпипелагиали пролива Дрейка. Среднее значение биомассы в столбе 0–300 м для всего разреза составляет $32,7 (\pm 22,1)$ $\text{мл}/\text{м}^2$, что в 1,5 раза больше, чем на разрезе SR-2. При этом пределы колебаний суммарной биомассы в проливе Дрейка (от 4,5 до 78 $\text{мл}/\text{м}^2$) сходны с таковыми на разрезе SR-2. На разрезе в проливе Дрейка отмечено увеличение суммарной биомассы зоопланктона в эпипелагиали в северном направлении: в Антарктике среднее значение биомассы составляет $13,1 (\pm 8,7)$ $\text{мл}/\text{м}^2$, в Полярной фронтальной зоне – $38,9 (\pm 16,8)$ $\text{мл}/\text{м}^2$, в Субантарктике – $74,9 (\pm 4,4)$ $\text{мл}/\text{м}^2$.

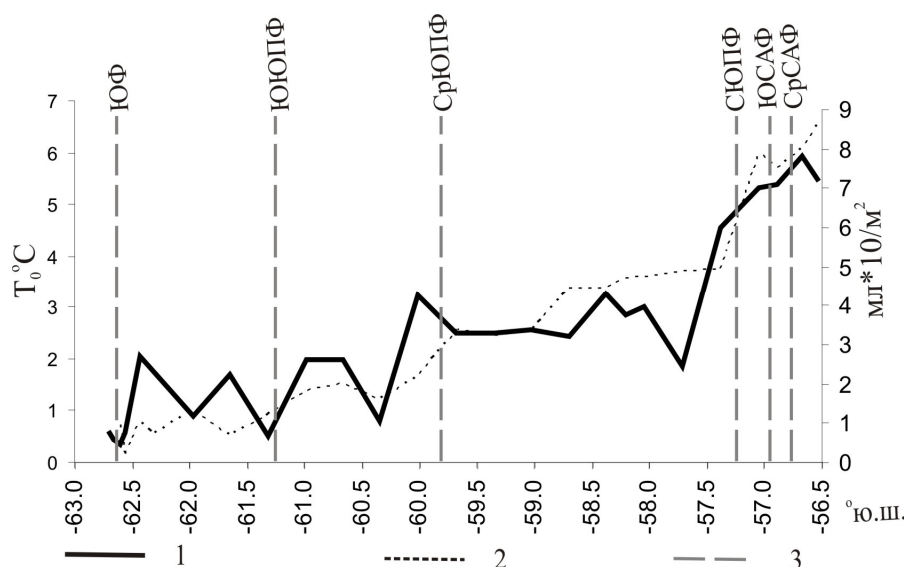


Рис. 3. Распределение суммарной биомассы зоопланктона (без желтелых, мл·10/м²) в проливе Дрейка в поверхностном слое 0–300 м:

1 – значения суммарной биомассы, 2 – поверхностная температура воды, 3 – расположение фронтов согласно классификации Соколова и Ринтола [17]. СрСАФ – Средний Субантарктический фронт, ЮСАФ – Южный Субантарктический фронт, СЮПФ – Северная струя Южного Полярного фронта, СрЮПФ – Средняя струя Южного Полярного фронта, ЮЮПФ – Южная струя Южного Полярного фронта, ЮФ – Южный фронт

Следует отметить, что увеличение биомассы в эпипелагиали двух разрезов происходит в противоположных направлениях. Так, с севера на юг суммарная биомасса зоопланктона в эпипелагиали пролива Дрейка уменьшается в 6 раз, тогда как на разрезе SR-2 увеличивается в 3 раза в этом же направлении.

При совместном рассмотрении показателей суммарной биомассы зоопланктона в эпипелагиали на обоих разрезах (рис. 2, 3) видно, что положение максимумов биомассы никогда не совпадает с линиями прохождения фронтов. Наоборот, в большинстве случаев наблюдаются ее минимумы. Локальные максимумы биомассы, в свою очередь, чаще всего находятся рядом с гидрологическими границами.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗООПЛАНКТОНА

Экспедиционные работы в 30-м рейсе НИС «Академик Иоффе» были проведены в период антарктического лета (декабрь-январь), когда происходит размножение массовых видов зоопланктона. Поэтому следовало ожидать, что изменение таксономического состава зоопланктона будет происходить согласно уже описанным закономерностям. При продвижении с севера на юг происходит смена фауны сначала с субтропической на субантарктическую, которая затем на протяжении Полярной фронтальной зоны постепенно сменяется антарктической фауной [2, 5, 6, 8, 14].

Массовыми видами, характерными для сообществ АЦТ, считаются виды антарктического комплекса: в юго-восточной Атлантике (90° – 160° в. д.) *Calanus propinquus* и *Metridia gerlachei* [12], в Атлантическом секторе Южного океана в январе – апреле и в октябре *Calanoides acutus*, *Calanus propinquus*, *Metridia gerlachei* и *Rhincalanus gigas* [2, 4]. По данным Аткинсона и Варда [11], летом в Атлантическом секторе по биомассе преобладают только *C. acutus* и *Rh. gigas*. Причем они хотя и являются интерзональными, более характерны для антарктических вод и зоны ЮПФ и почти не встречаются в субантарктических водах [1, 2, 8].

Наши данные, основанные на анализе качественного состава зоопланктона в эпипелагиали на двух разрезах, свидетельствуют о том, что по биомассе доминируют 4 вида Copepoda: *Neocalanus tonsus*, *Metridia lucens*, *Calanus simillimus* и *Rh. gigas* в Субантарктике, а в Полярной фронтальной зоне (ПФЗ) *N. tonsus* сменяется на *C. acutus*, 1 вид Chaetognatha *Eukrohnia hamata* и 1 вид Salpa *Salpa thompsoni*. Самыми многочисленными во всех зонах АЦТ оказались мелкие копеподы *Oithona similis* и *Ctenocalanus citer*.

На разрезе SR-2 ограничение распространения в широтном направлении выявлено только у четырех видов массовых копепод: *N. tonsus* отмечен для Субантарктики и ПФЗ, *C. acutus* встречается только южнее Средней струи Субантарктического фронта, т. е. начиная с ПФЗ, *C. propinquus* наблюдается только после ПФЗ, *M. gerlachei* – лишь к югу от Южного фронта. *C. simillimus*, *Rh. gigas* и *M. lucens* преобладают к югу от Субтропического фронта во всех зонах АЦТ.

На разрезе в проливе Дрейка для доминирующих по биомассе копепод *Rh. gigas* и *C. acutus* не отмечено влияние фронтов АЦТ на качественное распределение – эти виды встречаются на протяжении всего разреза. Следует подчеркнуть, что к северу от Полярного фронта встречается только 5-я стадия *C. acutus*. *M. lucens* присутствует в основном в зоне Полярного фронта, хотя в единичных экземплярах появляется к северу от 62° ю. ш. *C. simillimus* встречается везде севернее 62° ю. ш. *C. propinquus* отмечен для ПФЗ только до Южной струи Субантарктического фронта, а в зоне Полярного фронта и в Антарктике этот вид многочислен. Наши данные показали малочисленность *M. gerlachei* и отсутствие приверженности видов *C. simillimus*, *Rh. gigas* к какой-либо зоне на разрезе SR-2 и видов *Rh. gigas* и *C. acutus* – в проливе Дрейка в летний период.

Среди щетинкочелюстных в поверхностных водах разреза SR-2 распространение на север двух видов *Eukrohnia bathypelagica* и *Solidosagitta marri* ограничивается Южным фронтом. В проливе Дрейка в поверхностных водах распространение на север тех же двух видов ограничивается Северной струей Южного Полярного фронта. На распространение других видов щетинкочелюстных (*Eukrohnia hamata*, *Pseudosagitta gazellae*, *Pseudosagitta maxima*) фронты АЦТ влияния не оказывают.

Заключение

Исследования биомассы зоопланктона в эпипелагиали Атлантического сектора Южного океана в декабре 2009 – январе 2010 г. показали, что пределы колебаний биомассы сходны для западной и восточной частей Атлантического сектора Южного океана – на соседних станциях значения биомассы могут различаться в 10 раз на обоих разрезах. Несмотря на значительные колебания значений, выявлено закономерное изменение общей биомассы зоопланктона в меридиональном направлении. Однако направление общего тренда изменения биомассы на разрезах диаметрально противоположно: на разрезе SR-2 общая биомасса в южном направлении увеличивается в 3 раза, тогда как в проливе Дрейка уменьшается в 6 раз в том же направлении.

По нашим данным, в местах прохождения гидрологических фронтов биомасса зоопланктона в эпипелагиали имеет локальные минимумы. Другие авторы [9, 13, 16] отмечают наличие областей повышенной биомассы зоопланктона в зонах гидрологических фронтов АЦТ на общем фоне низких значений биомассы, причем обогащение биомассой может достигать двух порядков [2, 3, 9]. По нашим данным, такие всплески биомассы зарегистрированы на соседних с фронтом станциях.

Анализ качественного распределения доминирующих видов копепод (*Calanus simillimus*, *Calanoides acutus*, *Rhincalanus gigas*, *Metridia lucens*) и щетинкочелюстных (*Eukrohnia hamata*, *Pseudosagitta gazellae*, *Pseudosagitta maxima*) показал, что гидрологические фронты не являются границами распространения этих видов в период антарктического лета, в отличие от данных предыдущих исследований [1, 2, 4, 8, 11].

Таким образом, более детальное рассмотрение (расстояние между станциями 10–20 миль) распределения биомассы зоопланктона и его качественного состава вдоль меридиональных разрезов показало более сложные закономерности колебания значений биомассы в связи с влиянием на нее гидрологических фронтов АЦТ и отсутствие их существенного влияния на видовой состав.

Литература

1. Бондаренко М. В. Распределение планктона в ЮПФЗ Атлантического океана // Электроника карлсберга в Южной полярной фронтальной зоне. Т. 2. Биологические аспекты существования и распределения. М., 1991. С. 12–20.
2. Васильев В. И. Сезонные изменения мезозоопланктона в ЮПФЗ Атлантического океана // Электроника карлсберга в Южной полярной фронтальной зоне. Т. 2. Биологические аспекты существования и распределения. М., 1991. С. 20–34.
3. Виноградов М. Е., Виноградов Г. М. Зоопланктонные сообщества фронтальной зоны Гольфстрима и субполярных вод // Океанологические исследования фронтальной зоны Гольфстрима. Полигон «Титаник». М., 2002. С. 77–110.
4. Волошина Г. В., Стапунова Т. М. Пространственно-временная изменчивость, состав и трофическая структура зоопланктона восточной части Атлантического сектора Южного океана в январе-апреле 1983 года // Комплексное изучение биопродуктивности вод Южного океана. Т. 3. С. 289–308.
5. Воронина Н. М. Вертикальное распределение и сезонные миграции массовых популяций копепод тихоокеанского сектора Антарктики в зависимости от факторов среды // Океанология. 1999. Т. 39, № 3. С. 395–405.

6. Воронина Н. М. Годовой цикл планктона в Антарктике // Основы биологической продуктивности океана и ее использование. М., 1970. С. 64–70.
7. Воронина Н. М. Особенности антарктического мезопланктона в разных типах вод тихоокеанского сектора // Океанология. 2002. Т. 42, № 1. С. 76–84.
8. Воронина Н. М. Экосистемы пелагиали Южного океана. М., 1984. 208 с.
9. Флинт М. В., Воронина Н. М., Колосова Е. Г. Распределение мезопланктона в районе субтропической фронтальной зоны // Экосистемы субантарктической зоны Тихого океана. М., 1988. С. 221–227.
10. Яшнов В. А. Инструкция по сбору и обработке планктона. М., 1934. 43 с.
11. Atkinson A., Ward P. Summer-winter differences in copepod distribution around South Georgia // Hydrobiologia. 1988. Vol. 167–168, N 1. P. 325–334.
12. Chiba S., Ishimaru T., Hosie G. W., Fukuchi M. Spatio-temporal variability of zooplankton community structure off east Antarctica (90 to 160° E) // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2001. Vol. 216. P. 95–108.
13. Errhif A., Razouls C., Mayzaud P. Composition and community structure of pelagic copepods in the Indian sector of the Antarctic Ocean during the end of the austral summer // Polar Biology. 1997. Vol. 17, N 5. P. 418–430.
14. Hunt B. P. V., Hosie G. W. The seasonal succession of zooplankton in the Southern Ocean south of Australia, part II: The Sub-Antarctic to Polar Frontal Zones // Deep-Sea Research. 2006. Vol. I, N 53. P. 1203–1223.
15. Orsi A. H., Whitworth T., Nowlin W. D. On the meridional extent and fronts of the Antarctic Circumpolar Current // Jr. Deep Sea Res. 1995. Part I, 42. P. 641–673.
16. Pakhomov E. A., McQuaid C. D. Distribution of surface zooplankton and seabirds across the Southern Ocean // Polar Biology. 1996. Vol. 16, N 4. P. 271–286.
17. Sokolov S., Rintoul S. R. Circumpolar structure and distribution of the Antarctic Circumpolar Current fronts: 1. Mean circumpolar paths // J. Geophys. Res. 2009. Vol. 114, 19.

ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ВОДАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2008 г.

В. А. Чугайнова, Н. В. Климовский

Северный филиал ПИНРО (г. Архангельск)

Введение

Фотосинтетическая деятельность планктонных водорослей служит первоисточником образования органического вещества в водоеме. Измерение первичной продукции, т. е. количества органического вещества, которое синтезируется фитопланктоном за единицу времени в процессе фотосинтеза, имеет большое значение при определении продуктивности водоема. За счет дыхания водорослей и окислительной деятельности бактерий происходит обратный процесс разрушения (деструкции) органического вещества. Сопоставление интенсивности фотосинтеза и деструкции органического вещества имеет немаловажное значение при изучении как направленности энергетических потоков в морской среде, так и влияния загрязняющих веществ на жизнедеятельность организмов в море.

Материалы и методы

Отбор проб производился на акватории Баренцева моря на разрезе от Кольского п-ова до Штокмановского газоконденсатного месторождения. Работы проводились в летний период с 26 июля по 5 августа. За время рейса было проанализировано 33 пробы с поверхностного, придонного горизонтов и слоя «скачка».

Интенсивность фотосинтеза определялась по количеству выделенного кислорода при инкубации проб при температуре морской воды и естественном освещении в светлых и темных склянках в течение суток. По разности в содержании кислорода в склянках, инкубируемых на свету и в темноте, судят о фотосинтезе. Разница между исходным содержанием кислорода и таковым после суточной экспозиции в темноте дает значение деструкции. Таким образом, по выделению свободного кислорода в процессе фотосинтеза можно судить о количестве образовавшегося органического вещества.

Кислородный метод обычно используется в теплое время года, а также в прибрежных районах, когда можно уловить изменения в содержании кислорода после суточной экспозиции склянок.