

УДК 574.5.583(268.45)

П.Р. МАКАРЕВИЧ, В.В. ЛАРИОНОВ, Е.И. ДРУЖКОВА

Мурманский морской биологический ин-т Кольского НЦ РАН,
Россия, 183010 Мурманск, ул. Владимирская, 17

ДИНАМИКА ФИТОПЛАНКТОНА В ЭСТУАРНЫХ ОБЛАСТЯХ СЕВЕРНЫХ МОРЕЙ В ПЕРИОД ПОЛЯРНОЙ НОЧИ

Представлены данные, свидетельствующие о сохранении фитопланктоном высокой степени активности в период полярной ночи в незамерзающих эстуарных зонах Баренцева моря. Показано, что способность автотрофных микроводорослей к вегетации в течение всего зимнего сезона является отличительной чертой эстуарных пелагических экосистем и определяет их высокую биологическую продуктивность.

Ключевые слова: автотрофный микропланктон, эстуарные экосистемы, фотосинтез.

Введение

Традиционно считается, что пелагические экосистемы северных морей функционируют в жестких экологических условиях (Богоров, 1978). В период полярной ночи (декабрь-январь) количество солнечной радиации в этих водоемах составляет 0,002 (кал/см²)/мин, тогда как минимальная интенсивность света, необходимая для роста практически всех групп микроводорослей, должна достигать величин порядка 0,01 (кал/см²)/мин (Раймонт, 1983). Это является причиной короткого периода вегетации организмов фитопланктона – основных продуцентов органического вещества в арктическом бассейне. Поэтому в сезонном процессе развития сообщества микроводорослей в полярном бассейне всегда прослеживается цикличность и строгая последовательность отдельных стадий, четко выраженных по качественным и количественным признакам и приуроченных к определенным временным интервалам.

Изменение показателей развития в течение года хорошо изучено у пелагических фитопланктонов многих районов арктического бассейна. Наиболее детально исследованы в этом отношении Баренцево и Карское моря, при этом основное внимание уделялось их прибрежным областям (Дружкова и др., 1997; Макаревич, 1998). В то же время крайне мало подобных работ проводилось в эстуарных зонах – самых продуктивных и имеющих наибольшее хозяйственное значение участках морских водоемов. Результаты, представленные в данной статье, позволяют в определенной степени восполнить этот пробел.

Материалы и методы

Материал был получен в результате исследований в южной части акватории Кольского залива Баренцева моря. Наблюдения проводились зимой 2000-2001 гг. в период полярной ночи (начало октября – конец февраля). Пробы отбирали еженедельно из поверхностного слоя воды. Их первичную обработку

© П.Р. Макаревич, В.В. Ларионов, Е.И. Дружкова, 2004

проводили двумя методами: одну серию образцов (объемом 1-2 л) концентрировали путем обратной фильтрации (Суханова, 1983) с последующей фиксацией нейтрализованным 40 %-м формалином (конечная концентрация раствора 1-2 %) для подсчета крупных форм микрофитопланктона; вторую серию образцов (объемом 200 мл) отстаивали после фиксации раствором Льюголя в двухкомпонентной модификации. При этом способе в пробах сохраняются мелкие организмы нанопланктона (Михеева, 1989). Количественный учет клеток осуществляли в счетной камере Ножотта объемом 0,05 мл по общепринятой методике (Федоров, 1979).

Параллельно для достоверного учета численности автотрофных (хлорофиллсодержащих) организмов проводили подсчет клеток под эпифлуоресцентным микроскопом по стандартной методике (Wood, 1955; Wood, Oppenheimer, 1964; Брок, 1987). Поскольку хлорофилл флуоресцирует в красной области, данный способ позволяет регистрировать только фотосинтетически активные формы фитопланктона по их красному свечению.

Результаты и обсуждение

Анализ полученных данных показал, что основу фитоценоза в качественном и в количественном соотношении составляли организмы, характеризующиеся автотрофным типом питания; именно они определяли общую динамику численности фитопланктона в исследуемом районе в течение зимы (рис. 1). Красное свечение клеток в ультрафиолетовом свете (при эпифлуоресцентном микроскопировании) свидетельствовало о том, что хлорофилл в них находится в активном состоянии. Ведущая роль в составе данного комплекса принадлежала диатомовым водорослям (*Bacillariophyceae*). Среди них доминировали галофилы пресноводного происхождения, являющиеся преимущественно не типично пелагическими, а прибрежными бентопланктонными видами. Формы морского генезиса, в числе которых преобладали обычные обитатели северо-европейских эстуариев (такие, как *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Lewin & Reimann, *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky), были представлены в фитоценозе менее значительно.

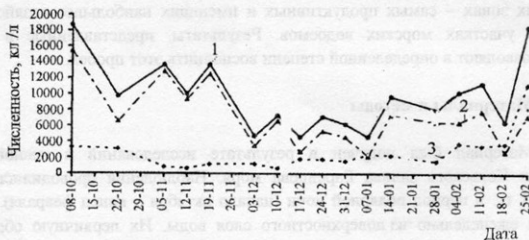


Рис. 1. Динамика численности фитопланктона и отдельных групп микроводорослей в южной части Кольского залива в период полярной ночи (зима 2000-2001 гг.): 1 — все группы микропланктона; 2 — хлорофиллсодержащие формы; 3 — бесхлорофильные формы.

Помимо диатомовых, значительную долю фотосинтетиков составляли хлорофиллсодержащие жгутиковые, в основном представители группы криптофитовых водорослей (класс *Cryptophyceae*). В январе – начале февраля обнаружен непродолжительный, но хорошо выраженный максимум их численности, сформированный популяцией рода *Cryptomonas* (рис. 2). В настоящее время трудно достоверно интерпретировать причины такого популяционного всплеска (в это время наблюдалось минимальное обилие диатомовых) в сезон окончания полярной ночи. В морских прибрежных экосистемах Мурманского берега это явление ранее не отмечалось (Дружков и др., 1997).

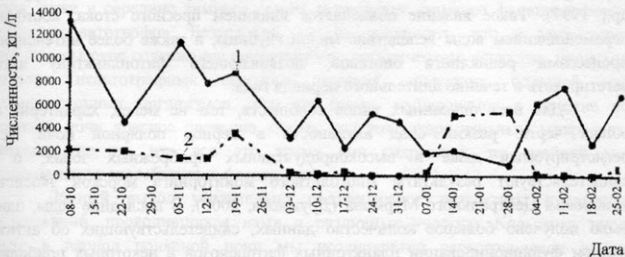


Рис. 2. Динамика численности основных систематических групп хлорофиллсодержащих форм фитопланктона в южной части Кольского залива в период полярной ночи (зима 2000-2001 гг.): 1 – диатомовые водоросли; 2 – жгутиковые.

Из других групп хлорофиллсодержащих организмов в пробах постоянно отмечались представители золотистых (*Chrysophyceae*), зеленых (*Chlorophyceae*), эвгленовых (*Euglenophyceae*) и прازیнофитовых (*Prasinophyceae*) водорослей. Однако заметной роли в сообществе они не играли.

Роль гетеротрофного компонента фитоценоза в данный период принадлежала динофлагеллятам (*Dinophyceae*). В их составе по численности доминировали беспанцирные формы порядка *Gymnodiniales*. Панцирные динофитовые были представлены в планктоне гораздо беднее: только три вида – *Alexandrium* cf. *tamarense* (Lebour) Balech, *Gonyaulax polygramma* Stein (*Peridinales*) и *Prorocentrum balticum* (Lochmann) Loeblich III (*Prorocentrales*) – встречались в зимних пробах более или менее постоянно.

Наряду с общими закономерностями цикличности функционирования, свойственной всем северным морским экосистемам, наблюдаются заметные отличия в структуре конкретных годовых циклов развития пелагических фитоценозов в разных биотопах арктического морского бассейна. В частности, на акватории Баренцева моря можно выделить несколько районов, характеризующихся различными сукцессионными циклами фитопланктона. Так, в северных и восточных частях водоема, освобождающихся от ледового покрова на относительно короткое время, все развитие сообщества ограничивается так

называемым прикромочным весенним «цветением» (Slagstad, 1985). Образовавшееся органическое вещество поступает на более высокие трофические уровни и не успевает перейти в минерализованную форму в условиях низкой бактериальной активности. В открытых центральных и южных участках этого бассейна, где вегетационный период более продолжителен, после весенней вспышки и последующего спада численности и биомассы фитопланктона вновь наблюдается некоторый подъем этих показателей. Это связано с развитием летнего видового комплекса микроводорослей, вызванным усилением притока с запада более теплых и обогащенных биогенными элементами атлантических вод (Роухияйнен, 1967; Ларионов, 1997). Наконец, в южной прибрежной области, кроме весеннего и летнего пиков, часто почти не отличающихся абсолютными количественными характеристиками, отмечаются 1-2 осенних пика (Роухияйнен, 1962; Дружков и др., 1997). Такое явление объясняется влиянием пресного стока, постоянным перемешиванием воды вследствие малой глубины, а также более интенсивными процессами рециклинга биогенов, позволяющего фитопланктону активно вегетировать в течение длительного периода года.

Для всех описанных типов сообществ, тем не менее, характерна одна общая черта: резкий спад активности в период полярной ночи, всегда регистрируемый даже в высокопродуктивных прибрежных зонах, о чем свидетельствуют результаты многолетнего мониторинга морской экосистемы побережья Центрального Мурмана (Дружкова, 2000). В последние годы, однако, было получено большое количество данных, свидетельствующих об активном зимнем функционировании планктонных фитоценозов в некоторых прибрежных областях Баренцева и Карского морей вблизи эстуариев крупных рек (Виноградов и др., 2001). Так, мы неоднократно наблюдали подледное «цветение» воды микроводорослями в марте-апреле в Печорском море и Обь-Енисейском мелководье (Макаревич, 1998), а также регистрировали высокие количественные показатели развития фитопланктона в октябре в Обской губе (Матишов и др., 2001). Это позволило предположить, что и в середине зимнего периода (в течение полярной ночи) в данных районах не происходит полное угасание процессов первичного продуцирования. Материалы, представленные в данной работе, подтверждают эту гипотезу.

Как видно из рис. 1, изменение концентрации клеток фитопланктона в течение зимнего сезона характеризуется выраженным спадом в период полярной ночи (декабрь – начало января). Однако значения данного показателя составляли 10^3 - 10^4 кл/л, т.е. на 1-2 порядка превышали величины, установленные для прибрежных экосистем морского типа (Дружков и др., 1997). Во временной динамике снижение численности клеток чередовалось с их увеличением, что неоспоримо свидетельствовало об активном функционировании планктонных фитоценозов, характеризующимся увеличением плотности популяций вследствие высокой скорости деления клеток.

В то же время, такое положение, как и приведенные выше факты обилия фитопланктона в начале и конце зимы в других эстуарных областях северных морей (Макаревич, 1998; Матишов и др., 2001), в пространственном отношении носит узколокальный характер, а именно, никогда не отмечалось в открытых и прибрежных частях этих водоемов. Данное явление, следовательно, может считаться отличительной чертой эстуарных пелагических фитоценозов. Такую

особенность динамики фитопланктона можно объяснить более высокой скоростью протекания биологических процессов в теплый период года в районах, находящихся под непосредственным влиянием пресного стока крупных рек, в результате чего накапливается значительный продукционный потенциал в виде взвешенного и растворенного органического вещества. Последнее, подвергаясь бактериальной трансформации и минерализации, которые наиболее интенсивны именно в эстуарных зонах, является источником биогенных элементов, необходимых для питания микроводорослей.

Заключение

В пелагиали типично эстуарного бассейна, каким является Кольский залив, даже в середине зимнего сезона происходит активное функционирование сообществ автотрофов. Безусловно, нельзя исключить, что в этот период, учитывая высокое содержание растворенного органического вещества, происходит усиление неавтотрофных способов питания, присущих большей части фитопланктонных организмов. Тем не менее, наблюдаемое в течение всей полярной ночи красное свечение клосток под эпифлуоресцентным микроскопом указывает на то, что все это время они сохраняют, по крайней мере, потенциальную способность к фотосинтезу.

Данный вывод убедительно подтверждают результаты предыдущих исследований, проводившихся нами в различных участках Кольского залива. Тогда в период полярной ночи мы неоднократно регистрировали высокие показатели численности фитопланктона. Однако эти исследования велись не регулярно, и полученные данные не были серийными, а потому могут быть расценены как единичные случаи. Теперь же, вместе с результатами мониторинга, представленными в настоящей работе, они позволяют утверждать, что высокая фотосинтетическая активность микроводорослей в зимний сезон в эстуарных зонах оказывается закономерным явлением, повторяющимся из года в год, независимо от абиотических факторов среды.

Описанное явление, очевидно, изменит существующие представления о сезонном цикле развития арктических пелагических экосистем и физиологических механизмах, обеспечивающих микроводорослям возможность активно функционировать в темный период года. Но уже сейчас можно сделать вывод, что именно эта способность оказывается решающим фактором, определяющим высокую продуктивность эстуарных зон в северном морском бассейне.

P.R. Makarevich, V.V. Lartionov, E.I. Druzhkova

Murmansk Sea Biological Institute, Kola Scientific Center of Russian Academy of Sciences,
17, Vladimirskaia St., 183010 Murmansk, Russia

PHYTOPLANKTON DYNAMICS IN ESTUARY AREAS OF NORTHERN SEAS IN THE
POLAR NIGHT PERIOD

Data on phytoplankton maintaining a high degree of activity in the polar night period in non-freezing estuaries of the Barents Sea were provided. It was proved that vegetation capacity of autotrophic

microalgae during a whole winter season is a distinguishing feature of estuary pelagian ecosystems and it determines their high biological productivity.

Keywords: autotrophic microplankton, estuary ecosystems, photosynthesis.

Богоров В.Г. Планктон мирового океана. – М.: Наука, 1974. – 320 с.

Брок Т. Мембранная фильтрация. – М.: Мир, 1987. – 462 с.

Виноградов Г.М., Марасаева Е.Ф., Ларионов В.В., Матишов Г.Г. Сообщества зоопланктона покрытых льдом акваторий Баренцева и Карского морей в зимне-весенний период 2000 г. // Докл. РАН. – 2001. – 376, № 6. – С. 815-817.

Дружков Н.В., Кузнецов Л.Л., Байтаз О.Н., Дружкова Е.И. Сезонные циклические процессы в североευропейских прибрежных пелагических экосистемах (на примере Центрального Мурмана, Баренцево море) // Планктон морей Западной Арктики. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1997. – С. 145-178.

Дружкова Е.И. Нанофитопланктон прибрежной зоны морей Северной Европы (Баренцево и Северное моря): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2000. – 23 с.

Ларионов В.В. Общие закономерности пространственно-временной изменчивости фитопланктона Баренцева моря // Планктон морей Западной Арктики. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1997. – С. 65-127.

Макаревич П.Р. Весеннее состояние микрофитопланктонного сообщества юго-восточной части Баренцева и юго-западной части Карского морей на акваториях, покрытых льдами // Биология и океанография Карского и Баренцева морей (по трассе Севморпути). – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1998. – С. 138-149.

Матишов Г.Г., Дружков Н.В., Макаревич П.Р., Ларионов В.В. Роль пресноводного фитопланктона в формировании области повышенной продуктивности на Обь-Енисейском мелководье // Докл. РАН. – 2001. – 378, № 3. – С. 424-426.

Михеева Т.М. Проблемы в изучении фитопланктона: нанопланктон (определение, функции и роль в первичной продукции) // Гидробиол. журн. – 1989. – 24, № 4. – С. 3-21.

Раймонт Дж. Планктон и продуктивность океана. Фитопланктон. – М.: Легкая и пищ. пром., 1983. – Т. 1. – 568 с.

Роухияйнен М.И. Сезонность в развитии фитопланктона в прибрежных водах Восточного Мурмана // Тр. ММБИ АН СССР. – 1962. – 4, № 8. – С. 11-18.

Роухияйнен М.И. Закономерности развития фитопланктона в южной части Баренцева моря // Вопросы биоокеанографии. – Киев: Наук. думка, 1967. – С. 84-94.

Суханова И.Н. Концентрирование фитопланктона в пробе // Современные методы количественной оценки распределения морского планктона. – М.: Наука, 1983. – С. 97-108.

Федоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 167 с.

Slagstad D. A model of phytoplankton growth effects of vertical mixing and adaptation to light // Marine biology of polar regions and effects of stress on marine organisms. – London: Wiley & Sons Ltd, 1985. – P. 64-72.

Wood E.J.F. Fluorescent microscopy in marine microbiology // J. Cons. Int. Explor. Mer. – 1955. – 21. – P. 6-7.

Wood E.J.F., Oppenheimer C.H. Note on fluorescent microscopy in marine microbiology // Z. Allg. Microbiol. – 1964. – 2. – P. 164-165.

Получена 25.04.03

Подписала в печать Л.И. Мусатенко