

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
БОТАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. В. Л. КОМАРОВА

ACADEMIA SCIENTARUM ROSSICA
INSTITUTUM BOTANICUM NOMINE V. L. KOMAROVII

НОВОСТИ СИСТЕМАТИКИ
НИЗШИХ РАСТЕНИЙ

ТОМ 38

NOVITATES SYSTEMATICAE
PLANTARUM NON VASCULARIUM
TOMUS XXXVIII



С.-ПЕТЕРБУРГ
2005

**СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА
ГУБЫ ЧУПА БЕЛОГО МОРЯ****SEASONAL CHANGES IN PHYTOPLANKTON
FROM THE CHUPA INLET OF THE WHITE SEA**

Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН. Лаборатория альгологии
197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2
algology@ob10819.spb.edu

Регулярные наблюдения за планктонной флорой в губе Чупа и прилежащих районах Кандалакшского залива проводятся с 1966 г. Многие исследователи определяли видовой состав фитопланктона (Конопля, 1971, 1974; Хлебович, 1974; Вейко, 1990; Сарухан-Бек и др., 1990), изучали динамику его численности и биомассы (Кокин и др., 1970; Кольцова, Сарухан-Бек, 1987; Галкина и др., 1988; Сарухан-Бек и др., 1990), вертикальное и горизонтальное распределение (Конопля, 1973; Житина, 1981), суточную динамику и сезонные изменения (Житина, 1971; Конопля, 1971, 1974; Хлебович, 1974, Федоров и др., 1975; Житина, Кольцова, 1979).

Настоящая статья является продолжением и дополнением предшествующей работы (Гогорев, 1995), посвященной изучению таксономического состава фитопланктона губы Чупа Белого моря. Представлены результаты изучения сезонной динамики численности планктонных водорослей и комплексов доминирующих видов.

Материалом для настоящего исследования послужили сезонные пробы фитопланктона в губе Чупа (в июне — сентябре 1989 г., в апреле — июне 1994 г.), отобранные с помощью планктонной сети диаметром 37 см с размером ячеек газа 70 мкм и 1–1.5-литрового батометра с горизонтов. Схема расположения станций, методы сбора, фиксации и обработки проб для световой микроскопии и литература, использованная для идентификации водорослей, описаны ранее (Гогорев, 1995, 1998; Gogorev, Okolodkov, 1996).

Определение численности фитопланктона проводили во временных препаратах в световом микроскопе (СМ) МБИ-3 и инвертированном микроскопе (ИМ) Биолам-И. При этом пробы предварительно концентрировали до объема 2–3 мл для СМ и 10–50 мл для ИМ. Численность водорослей определяли, исходя из среднего арифметического числа клеток в двух подпробах по формуле:

$$N = n \times \frac{\text{объем 1 капли}}{\text{объем концентрата}} \times \text{объем пробы}$$

где N — численность фитопланктона в пробе, n — численность фитопланктона в препарате, объемы в мл.

Период исследований можно подразделить на 3 гидрологических сезона: весна (апрель—середина июня), когда отмечается низкая температура поверхностного слоя воды ($0.6\text{--}5.1^{\circ}\text{C}$) и его пониженная соленость ($17\text{--}24\text{‰}$, повышенная $26\text{--}30\text{‰}$ до начала таяния льда); лето (с середины июня до второй декады августа) — период с максимальной температурой и возросшей соленостью воды; осень (с 3-й декады августа), характеризующийся плавным снижением температуры воды (до 9.8°C) и максимальной соленостью за летний период. Сезонный ход температуры и солености в районе исследований соответствует среднему многолетнему, выведенному для губы Чупа А. И. Бабковым (1982).

За период исследований выявлено 24 доминирующих вида: диатомовых — 22 (11 из рода *Chaetoceros*) (таблица), динофитовых — 2. Доминирующим считали вид, численность которого составляла более 10% от общей численности фитопланктона в пробе. Данные таксоны составляют 7% от общего числа видов, при этом форм, доминирующих на всех станциях, только 7, другие на какой-либо станции (ст.) являются субдоминантами или не входят в комплекс доминирующих видов. Видов-субдоминантов насчитывается 8: *Attheya septentrionalis* (Ostr.) Crawford (ст. 2, 3, 5), *Chaetoceros borealis* Bail. (ст. 2, 3), *C. concavicornis* Mangin (ст. 2), *C. danicus* Cl. (ст. 3), *Coscinodiscus neoradiatus* A. Cl. (ст. 5), *Licmophora paradoxa* (Lyngb.) Ag. (ст. 4, 5), *Melosira nummuloides* (Dillw.) Ag. (ст. 5), *Tabularia tabulata* (Kütz.) Snoeijis (ст. 4).

Понимая под биологическим сезоном отрезок годового цикла сообщества, отличающегося от других комплексом сезонных видов и комплексом видов с максимумом обилия в это время, и проанализировав обобщенную динамику численности всего фитопланктона, мы отнесли период исследований в 1989 г. к двум экологическим сезонам — лету (с конца июня до середины августа) и осени (с середины августа). Смена сезонов происходила в соответствии с изменением физико-химических условий в водной толще. Зарегистрировано 2 пика развития фитопланктона. Как наиболее массовая форма была отмечена диатомовая водоросль *Skeletonema costatum*, важную роль в сезонных изменениях фитопланктона играли виды *Chaetoceros*. В апреле—мае 1994 г. наблюдали «биологическую весну».

Для выяснения сезонных явлений фитопланктона использовали

индекс видового разнообразия Маргалефа H_m (Margalef, 1958), значения которого вычисляли по формуле:

$$H_m = \frac{N - 1}{\log_e S},$$

где N — общее число видов в пробе, S — общая численность клеток в пробе.

Динамика общей численности фитопланктона и индекса Маргалефа по станциям за 1989 г. представлена на графиках (рис. 1–5).

Июнь характеризовался низкой численностью водорослей (1.8–3.9 тыс. кл/л) с доминированием весеннего *Fragilariopsis oceanica* (400–1200 кл/л) и «летнего» вида *Chaetoceros diadema* (600–900 кл/л). В устье губы в два раза больше, чем в куту были: число

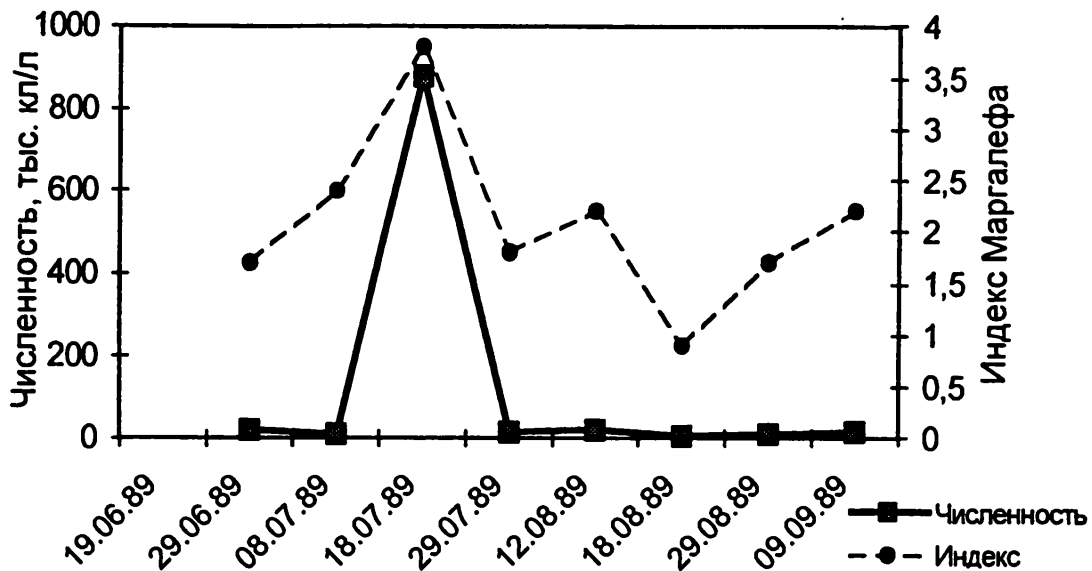


Рис. 1. Динамика численности фитопланктона и индекса Маргалефа на ст. 1.

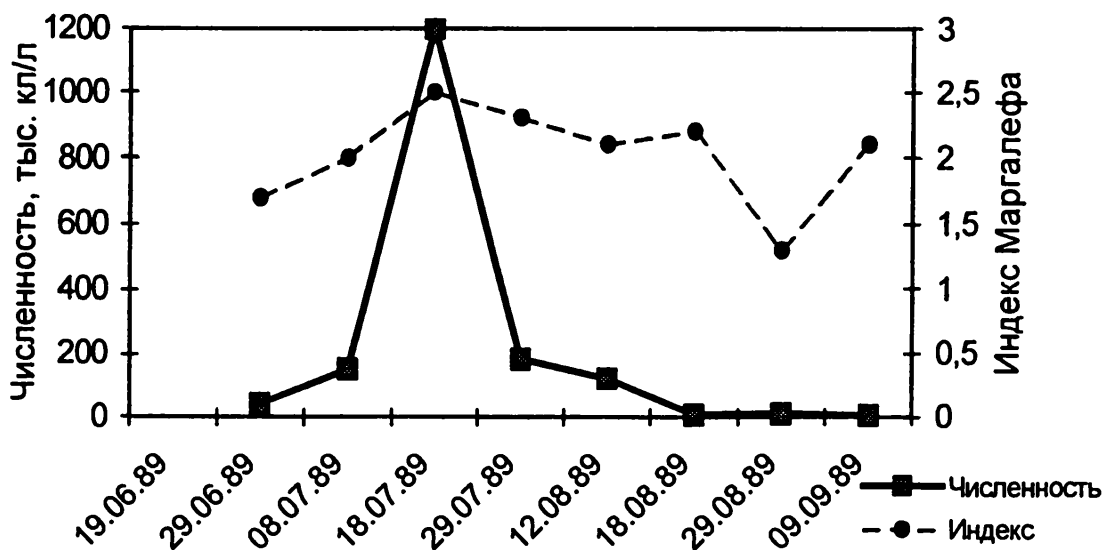


Рис. 2. Динамика численности фитопланктона и индекса Маргалефа на ст. 2.

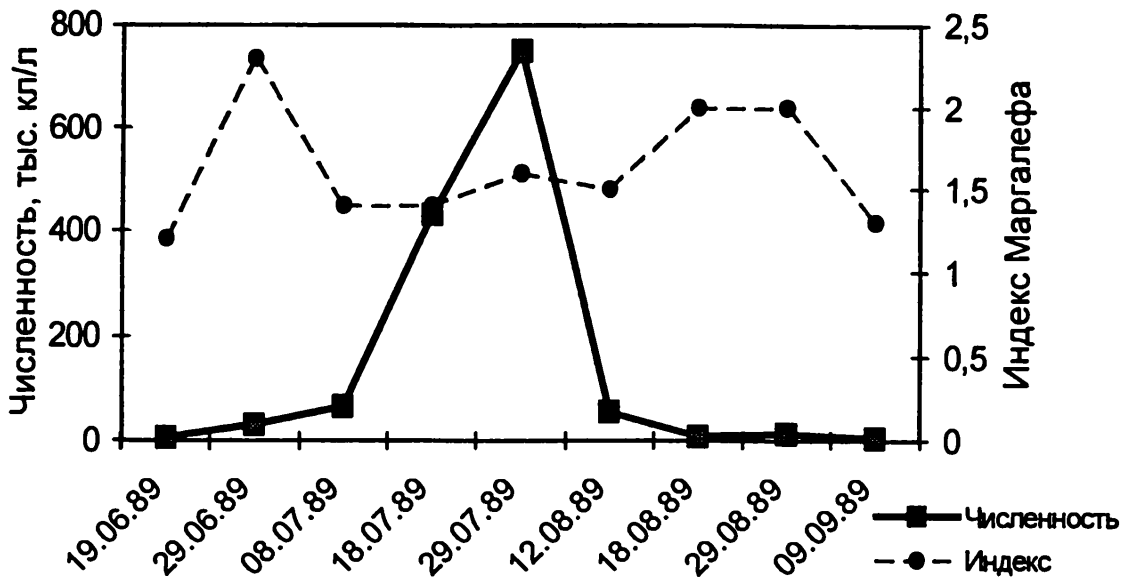


Рис. 3. Динамика численности фитопланктона и индекса Маргалефа на ст. 3.

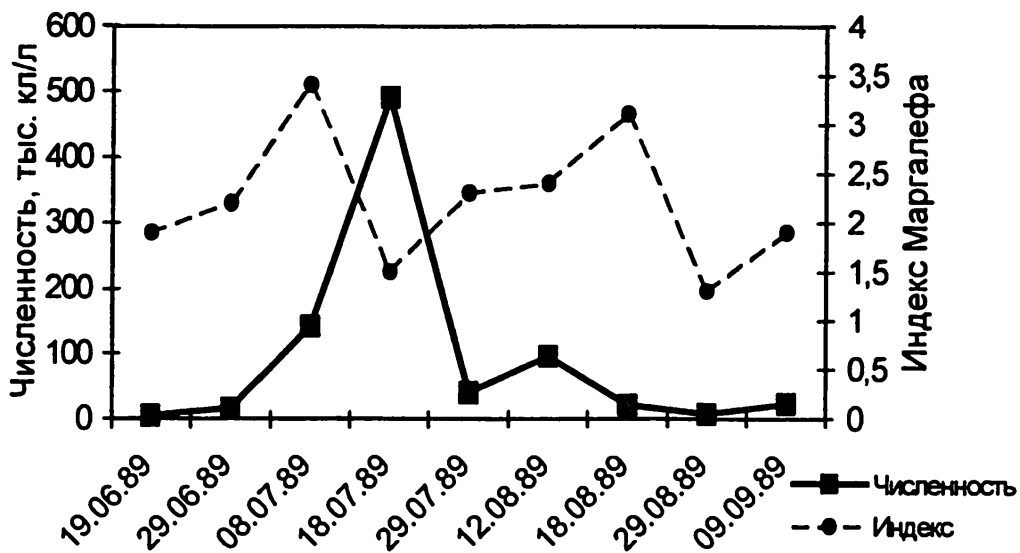


Рис. 4. Динамика численности фитопланктона и индекса Маргалефа на ст. 4.

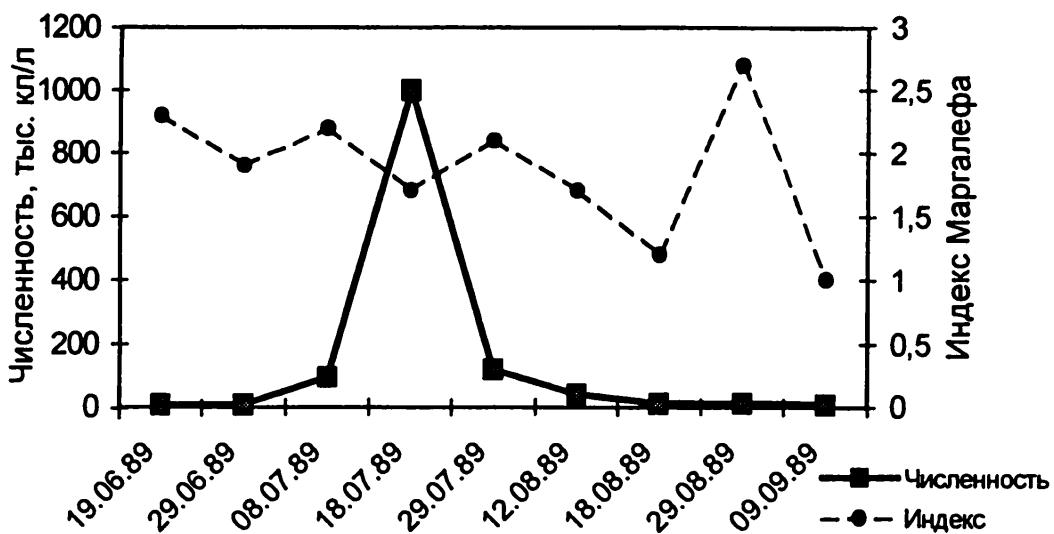


Рис. 5. Динамика численности фитопланктона и индекса Маргалефа на ст. 5.

видов водорослей (соответственно 20 и 10), численность фитопланктона в пробе (соответственно 3900 и 1800 кл/л) и H_m (соответственно 2.3 и 1.2). Численность *F. oceanica* увеличивалась, а численность *C. diadema* уменьшалась на станциях от кута к устью губы, что можно объяснить быстрым прогревом воды в кутовой части губы, чем в устьевой. Развитие фитопланктона в июне согласуется с данными Т. В. Хлебович (1974) за июнь в 1966–1967 гг.

С конца июня отмечено начало летнего пика развития фитопланктона, которое продолжалось до середины августа. Доминирование летнего комплекса видов, представленных диатомовыми водорослями рода *Chaetoceros*, *Skeletonema costatum* и *Leptocylindrus danicus*, совпало с общим повышением температуры до максимальных значений за весь период исследований (от 12.6° С 29 июня до 18.0° С 18 июня). В конце июня абсолютным доминантом был *C. diadema* (40–85% от общей численности фитопланктона), содоминантами — *C. compressus* (15–20% на станциях 1, 4), *C. decipiens* (20% на ст. 3), *S. costatum* (15% на ст. 5).

В начале июля в планктоне продолжали доминировать *C. diadema* (15–65% от общей численности фитопланктона), *C. compressus* (10–20% на станциях 2, 4, 5), *C. decipiens* (11–20% на ст. 1, 3), *S. costatum* (7–50%). Пик развития фитопланктона, как и пик температуры, приходится на 18 июля на всех станциях кроме ст. 3, на которой максимум численности фитопланктона сдвинут на 29 июля. В планктоне начинает преобладать *S. costatum* (35–80%) в комплексе с со-/субдоминантами *C. diadema* (15–20%), *C. compressus* (8–30%), *C. curvisetus* (8–18%), *C. wighamii* (6–10%), *C. socialis* (6–7% на ст. 2, 3), *L. danicus* (8% на ст. 4). В конце июля возрастает численность *L. danicus* (12–32%), *C. curvisetus* (13–25%), *C. wighamii* (12–21% на ст. 2, 3); обилие *S. costatum* снижается до 8–28%.

В пробах 29 июня, 8 и 29 июля численность фитопланктона по станциям возрастала от кута и устья к средней части губы, а в съемке 18 июля в обратных направлениях. Число видов в пробе и видовое разнообразие фитопланктона, выраженное индексом Маргалефа, 8, 18 и 29 июля возрастали от средней части губы к ее куту и устью, а 29 июня — наоборот. Можно предположить, что в конце июня более благоприятные для развития фитопланктона условия существовали в средней части губы, а с истощением биогенов и изменением физико-химических условий в водной толще максимум развития фитопланктона сместился к устью и куту губы 18 июля, когда отмечена максимальная численность фитопланктона в целом (до 1.2 млн. кл/л) и наиболее массовой водоросли *S. costatum* (до 780 тыс. кл/л) на станциях 1, 2 и 5.

По сравнению с данными Т. В. Хлебович (1974) за июль можно отметить существенный вклад в общую численность фитопланктона водорослей *C. curvisetus* (от 40 до 220 тыс. кл/л на разных станциях 18 июля), *L. danicus* (от 5 до 90 тыс. кл/л 29 июля) и *C. decipiens* (от 0.4 до 28 тыс. кл/л 18 июля), что отмечено также в работе Т. И. Кольцовой и К. К. Сарухан-Бек (1987). В июле появляются в небольших количествах виды осеннего комплекса: диатомовая водоросль *Thalassionema nitzschioides* (от 100 до 3600 кл/л) и динофитовая *Dinophysis norvegica* Clap. et Lachm. (от 100 до 500 кл/л).

Летний комплекс видов доминирует в планктоне до середины августа. Так, в первой половине августа при общем снижении численности фитопланктона (до 20–100 тыс. кл/л) доминировали виды *Chaetoceros* (главным образом, *C. curvisetus*, 10–68 тыс. кл/л, 45–60% от общей численности фитопланктона), и в значительном количестве представлены виды осеннего комплекса *T. nitzschioides* (300–3800 кл/л, до 10%) и *D. norvegica* (700–2000 кл/л, до 6%), абсолютная численность которых в июле была больше.

Смена летнего комплекса видов осенним проходила в середине августа, когда несколько снизилась температура воды (15.0–16.5° С) и при общем падении численности фитопланктона возросла доля наиболее массовых динофитовых водорослей *D. norvegica* (400–5500 кл/л) — 20–50% от общей численности фитопланктона, *Ceratium fusus* (Ehr.) Duj. (200–600 кл/л) — 20–25% на ст. 1, 2, и диатомовой *T. nitzschioides* (1300–3800 кл/л) — 15–30%, до 55% на некоторых станциях. Сохраняется доминирование некоторых видов *Chaetoceros* (*C. curvisetus*, 7–15%, и *C. simplex*, 25–40% на ст. 4, 5) и *L. danicus* (до 25% на ст. 4).

В августе численность фитопланктона возрастала на станциях от кута и устья губы к ее средней части. Число видов в пробе и H_m менялись неодинаково: 12 августа они снижались от кута к устью губы, 19 августа соответствовали распределению численности по станциям, 29 августа — увеличивались от средней части губы к ее куту и устью. Таким образом, съемка 12 августа близка по 3 показателям (число видов, численность фитопланктона, H_m) съемке 29 июля, что может свидетельствовать о сохранении условий развития фитопланктона до середины августа. Показатели 19 августа соответствуют показателям 29 июня, и можно предположить, что это закономерно при смене одного комплекса другим (весеннего летним и летнего осенним). 18 июля и 29 августа число видов в пробе и видовое разнообразие возрастают от кута и устья губы к ее средней части; при некотором повышении численности фитопланктона (до 18.4 тыс. кл/л) в конце августа — начале сентября, которое мы считаем осен-

ним пиком развития фитопланктона в губе Чупа, можно говорить, что распределение по станциям этих 2 показателей повторяется во время разных пиков развития фитопланктона.

Развитие фитопланктона в августе 1989 г. в целом проходило так же, как в 1966–1967 гг., но следует отметить отсутствие многих видов осеннего комплекса, отмеченных в работе Т. В. Хлебович (1974), в том числе и доминирующих, и почти полное исчезновение из планктона водоросли *S. costatum*, которая появляется в заметных количествах лишь в начале сентября.

Последняя съемка 9 сентября не зарегистрировала окончания развития осеннего комплекса видов. При дальнейшем снижении температуры воды (до 9.5–11.5°C) в фитопланктоне отмечены в небольших количествах представители осеннего комплекса видов (несколько видов *Chaetoceros*, диатомовая *T. nitzschoides* и динофитовая *D. norvegica*), вновь возросла численность *S. costatum* (710–13200 кл/л, 7–75% от общей численности фитопланктона) *L. danicus* (до 15% на ст. 2). Численность фитопланктона, число видов в пробе и H_m возрастают от средней части губы к ее куту и устью, что соответствует съемке 29 августа.

Если рассматривать сезонные изменения фитопланктона как совокупность сукцессий — изменений в пределах однородной водной массы, и секвенций — изменений, обусловленных вторжением других водных масс (Киселев, 1980), то в данной работе мы имеем дело с сукцессией планктонного сообщества в пределах однородной поверхностной водной массы, что подтверждено данными по температуре и солености. Значения индекса видового разнообразия во времени относительно динамики численности фитопланктона менялись по-разному. Можно наметить 2 схемы динамики индекса: для ст. 1 и 2 (рис. 1, 2) максимальные значения H_m сопряжены с пиками максимальной численности фитопланктона, для ст. 4 и 5 (рис. 4, 5) максимальная численность фитопланктона сопряжена с падением значения H_m почти до минимальной величины, отмеченной для данных станций. Ст. 3 занимает как бы промежуточное положение, по крайней мере максимальные значения H_m найдены при низкой численности фитопланктона.

Анализ изменений значений индекса видового разнообразия Маргалефа во времени относительно динамики численности фитопланктона в губе Чупа показывает, что четко выраженных закономерностей в изменении значений индекса не выявлено, и что наши данные не согласуются с концепцией Маргалефа (Sournia, 1982), по которой разнообразие фитопланктона возрастает от начальной стадии сукцессии к конечной, происходит «укрупнение» клеток фитопланк-

Доминирующие формы диатомовых водорослей губы Чупа

Вид	Доминирование по станциям (1989 г.)	Период доминирования	Максимальная / средняя численность (тыс. кл/л)
<i>Bacterosira batyomphala</i> (Cl.) Syvertsen et Hasle		Апрель — середина мая	—
<i>Chaetoceros compressus</i> Laud.	1–5	Конец июня — середина августа	173 / 83
<i>C. curvisetus</i> Cl.	1–5	Середина июля — сентябрь	218 / 85
<i>C. decipiens</i> Cl.	1–4	Середина июня — начало сентября	28 / 5.8
<i>C. diadema</i> (Ehr.) Gran	1–5	Середина июня — конец июля	89 / 54
<i>C. fragilis</i> Meunier		Апрель — май	—
<i>C. holsaticus</i> Schütt		Апрель — середина мая	—
<i>C. karianus</i> Grun.		Апрель — май	—
<i>C. lacinosus</i> Schütt	3	Начало — середина августа	47 / 26
<i>C. simplex</i> Ostf.	4, 5	Начало августа — начало сентября	13.5 / 4.1
<i>C. socialis</i> Laud.	5	Апрель — начало июня; середина июля — начало августа	67 / 28
<i>C. wighamii</i> Bright.	2, 3, 5	Середина июля — середина августа	154 / 49
<i>Fragilariopsis cylindrus</i> (Grun.) Krieg.		Апрель — середина мая	—
<i>F. oceanica</i> (Cl.) Hasle	3–5	Апрель — май; середина — конец июня	1.2 / 0.4
<i>Leptocilyndrus danicus</i> Cl.	1–5	Конец июля — сентябрь	92 / 36
<i>Nitzschia frigida</i> Grun.		Апрель — май	—
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cl.) Perag.		Апрель–май	—
<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cl.	1–5	Конец июня — начало августа, сентябрь	790 / 440
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grun.	1–5	Начало августа — сентябрь	3.8 / 2.4
<i>Thalassiosira antarctica</i> var. <i>borealis</i> Fryx., Douc. et Hubb.		Апрель — май	—
<i>T. gravida</i> Cl.		Апрель — середина мая	—
<i>T. nordenskiöldii</i> Cl.		Апрель — май	—

теров* и в связи с этим уменьшение удельной поверхности клеток, возрастание доли подвижных клеток за счет динофитовых водорослей, смена летнего комплекса видов с преобладанием по численности диатомовых водорослей осенним с преобладанием динофитовых.

На основе постанционных изменений численности фитопланктона и числа видов в пробе, а также видового разнообразия, выраженного индексом Маргалёфа, можно отметить следующие закономерности: при смене весеннего комплекса видов летним и летнего осенним 3 выше указанных показателя возрастают от кута и устья губы к ее средней части, во время пиков развития фитопланктона наблюдается обратная тенденция. Сделано предположение, что более благоприятные условия для развития фитопланктона в губе Чупа складываются в ее устьевой и кутовой частях.

Литература

- Бабков А. И. Краткая гидрологическая характеристика губы Чупа Белого моря // Экологические исследования перспективных объектов марикультуры фауны Белого моря. Л., 1982. С. 3–16. — Вейко Е. В. Изучение сезонной динамики фитопланктона в районе мидиевого хозяйства // Бот. журн. 1990. Т. 75, № 1. С. 31–37. — Галкина В. Н., Буряков В. Ю., Рура А. Д. Количественное распределение фито- и бактериопланктона в районе Сонострова в Белом море // Исследование фауны морей. Л., 1988. № 39. С. 40–49. — Гогорев Р. М. Видовой состав фитопланктона губы Чупа Белого моря // Новости систематики низших растений. СПб., 1995. Т. 30. С. 7–13. — Гогорев Р. М. Диатомовые водоросли поздневесеннего льда Белого моря // Новости систематики низших растений. СПб., 1998. Т. 32. С. 8–13. — Житина Л. С. Суточная динамика фитопланктона Белого моря // Экология морских организмов. М., 1971. С. 32–33. — Житина Л. С. Вертикальное распределение фитопланктона в Белом море // Науч. докл. высш. школы. Биол. науки. 1981. № 1. С. 63–68. — Житина Л. С., Кольцова Т. И. Суточное распределение фитопланктона Белого моря // Науч. докл. высш. школы. Биол. науки. 1979. № 10. С. 57–61. — Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. 2. Распределение, сезонная динамика, питание и значение. Л., 1980. 439 с. — Кокин К. А., Кольцова Т. И., Хлебович Т. В. Состав и динамика фитопланктона Карельского побережья Белого моря // Бот. журн. 1970. Т. 55, № 4. С. 499–509. — Кольцова Т. И., Сарухан-Бек К. К. Сезонная динамика численности фитопланктона в районе декадной станции «Картеш» // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. Кн. 1. М., 1987. С. 170–172. — Конопля Л. А. Состав и сезонная динамика фитопланктона пролива Великая Салма (Кандалакшский залив Белого моря) // Экология морских организмов. М., 1971. С. 42–43. — Конопля Л. А. Вертикальное распределение фитопланктона Карельского побережья Белого моря // Океанология. 1973. Т. 13, № 2. С. 314–320. — Конопля Л. А. Сезонные изменения планктона Белого моря и его видовое разнообразие: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1974. 28 с. — Околотков Ю. Б. Планктонные водоросли Чукотского моря / Дис. ... канд.

* Специальных исследований размерной структуры популяций фитопланктона нами не проводилось.

биол. наук. Л., 1986. 261 с. — Рыжов В. М. Экология фитопланктона Баренцева моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Мурманск, 1988. 20 с. — Сарухан-Бек К. К., Радченко И. Г., Кольцова Т. И. Фитопланктон губы Чупа (Кандалакшский залив Белого моря) // Исследование фитопланктона в системе мониторинга Балтийского моря и других морей СССР. М., 1991. С. 111–120. — Семина Г. И., Сергеева О. М. Планктонная флора и биогеографическая характеристика фитопланктона Белого моря // Экология и физиология животных и растений Белого моря. М., 1983. С. 3–17. — Федоров В. Д., Конопля Л. А., Кокин К. А. Сезонные изменения видового разнообразия планктона Белого моря // Журн. общ. биол. 1975. Т. 36, №3. С. 389–396. — Хлебович Т. В. Качественный состав и сезонные изменения численности фитопланктона в губе Чупа Белого моря // Исследования фауны морей. Т. 13. Сезонные явления в жизни Белого и Баренцева морей. Л., 1974. С. 56–64. — Gogorev R. M., Okolodkov Yu. V. Species composition of the planktonic and sea-ice algae in the Chukchi Sea and Lavrentiya Bay, the Bering Sea, August 1991 // Бот. журн. 1996. Т. 81, №5. С. 35–41. — Margalef R. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton // Perspectives in marine biology. Berkeley, Los-Angeles, 1958. P. 323–349. — Sournia A. Form and function in marine phytoplankton // Biol. Rev. 1982. Vol. 57. P. 347–394.

И. Н. Егорова
Е. А. Судакова

I. N. Egorova
E. A. Sudacova

ЭПИФИТНЫЕ ВОДОРОСЛИ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

EPHYPHITIC ALGAE OF THE SOUTH BAICAL REGION

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 132.
patologi@sifibr.ru

Эпифитные сообщества водорослей на коре древесных растений являются одной из постоянных составляющих растительного фитоценоза. Их состав и структура определяются совокупностью биотических и абиотических факторов: почвами и растительностью, создаваемыми ими микроклиматическими условиями в ценозе, свойствами коры древесных растений и т. д. В то же время характер субстрата и условия обитания не способствуют развитию многообразия форм. Эпифитные водоросли, так же как и группа аэрофильных водорослей в целом, организованы довольно однообразно и имеют много общих черт в структуре клеток и колоний. Таксономическая структура сообществ значительно более проста по сравнению с водными и почвенными водорослями. Возможно, это является одной из причин слабой изученности сообществ этих организмов.