

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  $9.8^{\circ}\text{C}$ ) 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.) Snoeijs (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

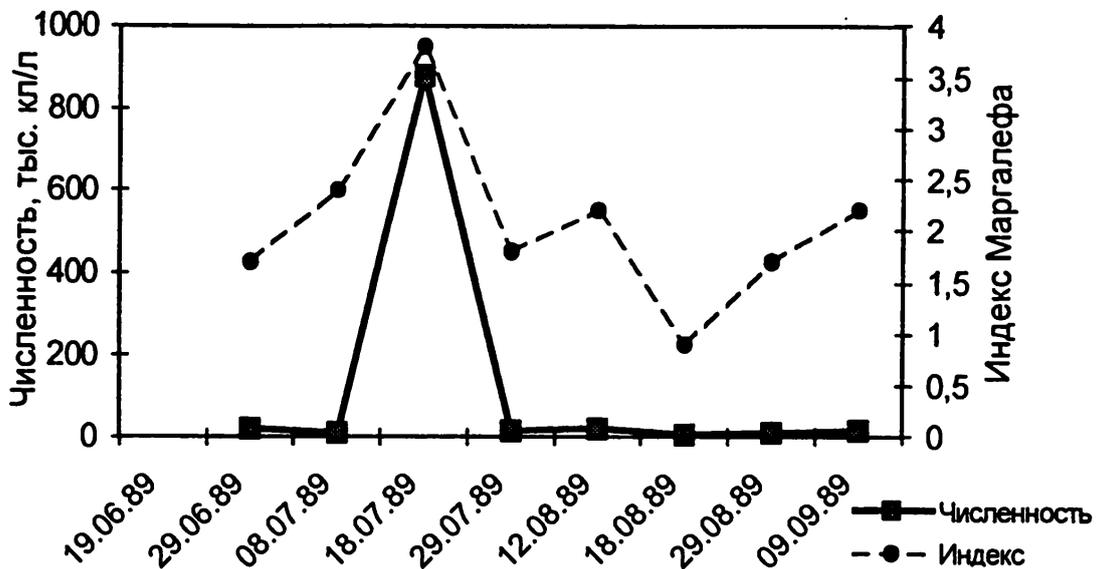


Рис. 1. Динамика численности фитопланктона и индекса Маргалефа на ст. 1.

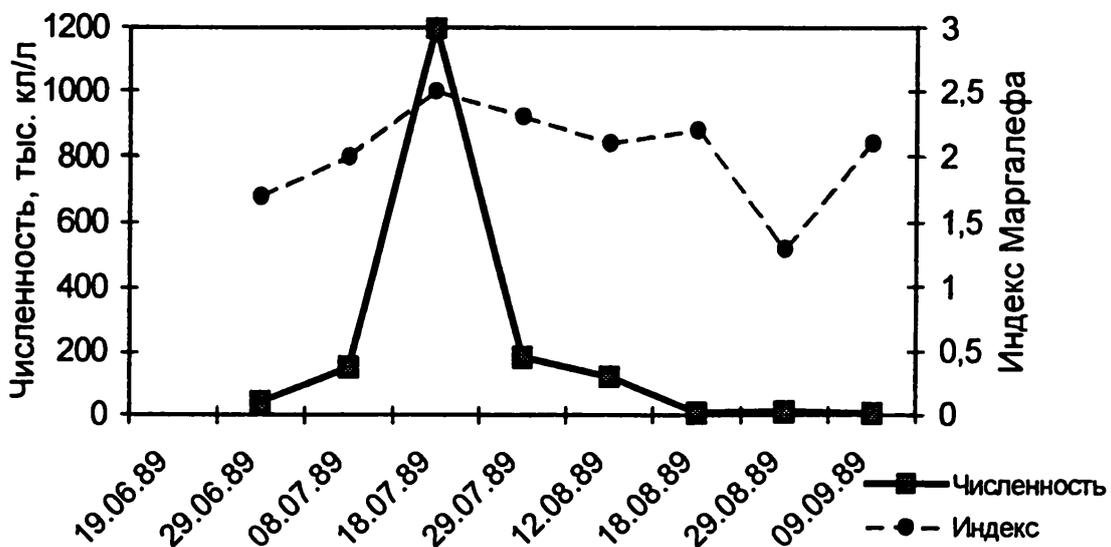


Рис. 2. Динамика численности фитопланктона и индекса Маргалефа на ст. 2.

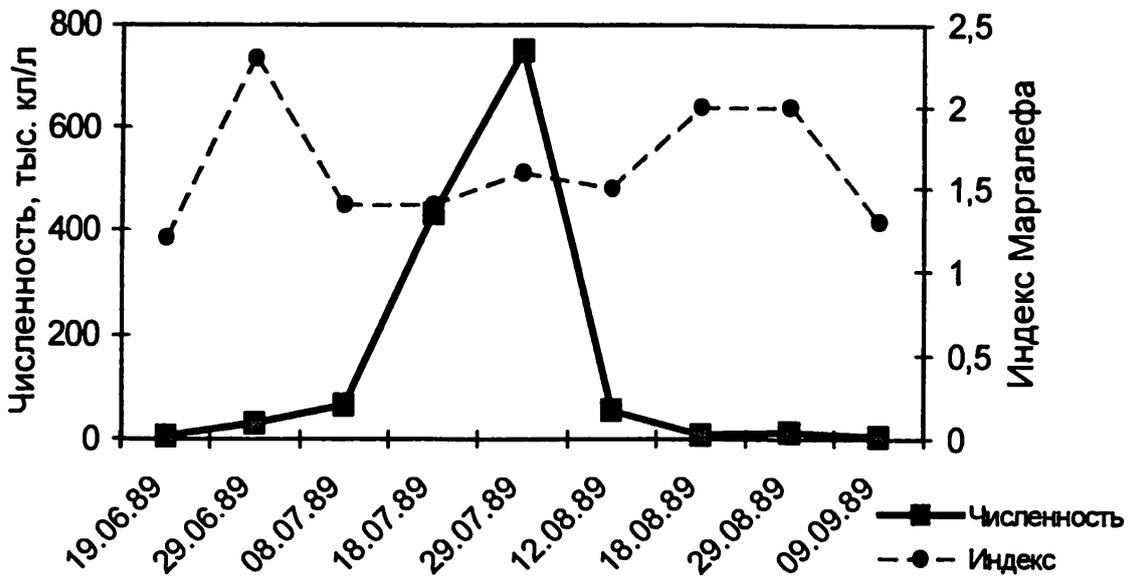


Рис. 3. Динамика численности фитопланктона и индекса Маргалефа на ст. 3.

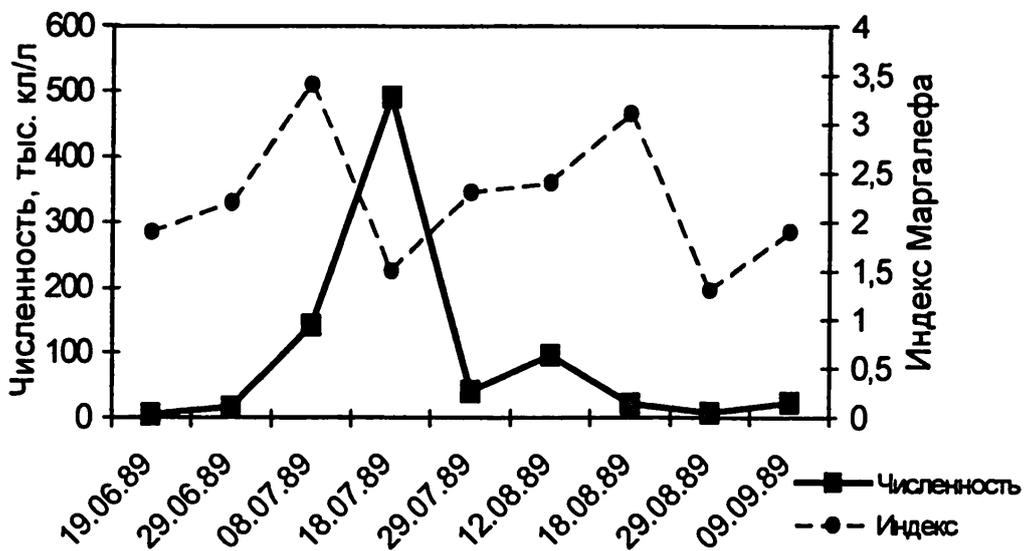


Рис. 4. Динамика численности фитопланктона и индекса Маргалефа на ст. 4.

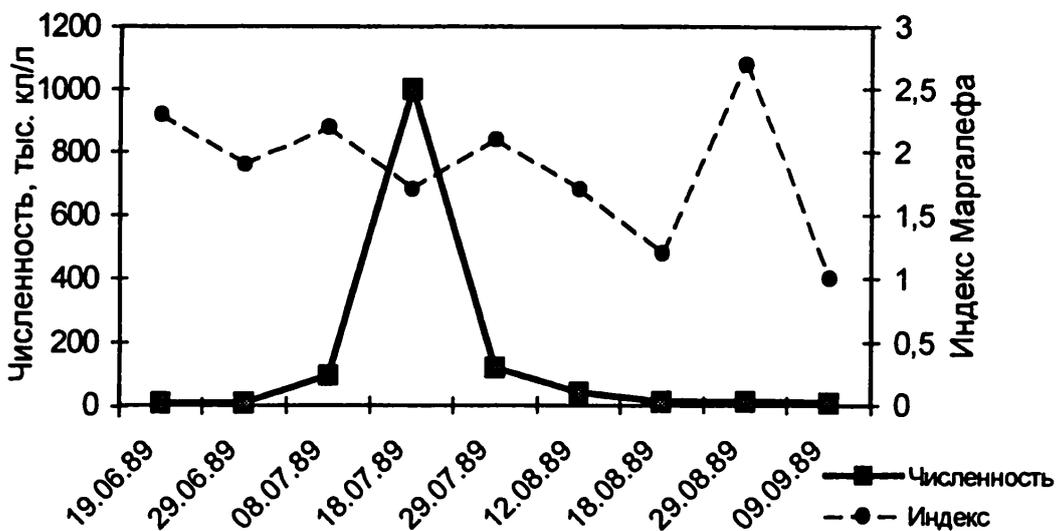


Рис. 5. Динамика численности фитопланктона и индекса Маргалефа на ст. 5.

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. — Окологдов 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

## EPIPHYTIC 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.