

Март СИММ, Айме РАНДВЕЭР

УДК 577.475:577.472 (261.24)32

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БИОМАССЫ И ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПЛАНКТОНА ПЯРНУСКОЙ БУХТЫ

Планктон Пярнуской бухты изучается уже с 60-х годов. За это время определены видовой состав и сезонная динамика численности и биомассы планктона (Тенсон, 1970; Симм, 1976; Тенсон, Рандвеэр, 1978).

В последнее время для экологов существенный интерес представляют вопросы организации сообществ и экосистем. Анализируются отдельные характеристики сообществ (биомасса, видовое разнообразие, стабильность и т. д.) и зависимость между ними. На основе такого рода анализа определяются пространственные границы сообществ (Тимонин, 1972; Брускова, 1972; Вехов, 1975), характеризуются трофическая организация (Гиляров, 1969; Тимонин, 1973) и сезонные изменения сообществ (Вехов, 1975; Федоров и др., 1975). Первые попытки применения структурных характеристик при исследовании сообществ планктона приняты и при изучении Балтийского моря, а именно фитопланктона Вислинского залива (Крылова, 1979) и Невской губы (Цветкова и др., 1980), а также зоопланктона восточной части Финского (Сергеев, Рябова, 1981) и Рижского заливов (Кице и др., 1979; 1982).

Цель настоящей статьи — охарактеризовать сезонные изменения сообществ фито- и зоопланктона Пярнуской бухты на основе анализа динамики биомассы, видового разнообразия и меры доминирования.

Материал и методика

Материал собирали на 10-метровой станции Пярнуской бухты с мая по октябрь—ноябрь 1979—1981 гг. (пробы фитопланктона в 1980 г. отбирали только с мая по август). Данные о частоте отбора проб представлены в табл. 1. Пробы фитопланктона отбирали батометром с горизонта 0,5 м, а зоопланктона — вертикальными ловами сеткой Джели (размер ячеек 0,09 мм) по всей глубине воды.

Обработка проб произведена по стандартным гидробиологическим

Таблица 1

Частота отбора проб планктона в Пярнуской бухте

Год	Месяцы							Всего
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
1979	2	9	13	15	10	8	—	57
1980	4	9	15	16	13	11	2	70
1981	5	10	10	8	10	10	4	57

методикам. Биомасса планктона определена по стандартам. В случае зоопланктона не учтена биомасса меропланктона (личинок бентических организмов). На основе результатов обработки проб рассчитывали средние полумесячные данные, взвешенные средние значения которых были использованы в дальнейшем анализе. Биомасса планктона (B) выражена в граммах на 1 м^3 . В качестве показателя видового разнообразия использован индекс Шеннона (H), широко применяемый в экологии (Гиляров, 1969; Тимонин, 1972; Вехов, 1975 и др.):

$$H = - \sum_{i=1}^s \frac{b_i}{B} \lg_2 \frac{b_i}{B},$$

где H — в битах на ед. массы;

b_i — биомасса вида i ;

s — число видов.

В качестве меры доминирования (d) использовано отношение b/B , где b — биомасса доминирующего вида (Федоров и др., 1975).

Результаты и их обсуждение

Сезонная динамика биомассы и соотношение основных систематических групп фитопланктона Пярнуской бухты в 1979—1981 гг. не отличается от таковой в предыдущие годы (Тенсон, 1970; Тенсон, Рандвезер, 1978). Возможно, что наши данные начиная с мая показывают только окончание весенней вспышки фитопланктона.

Максимальные значения биомассы фитопланктона в мае обусловлены интенсивным развитием отдельных видов диатомовых и пиррофитовых (*Chaetoceros wighamii*, *Ch. holsaticus*, *Achnanthes taeniata*, *Gonyaulax catenata*) и выражаются в довольно высокой степени доминирования и низком значении видового разнообразия (рис. 1). В ходе сезонного изменения к концу июня биомасса фитопланктона становится минималь-

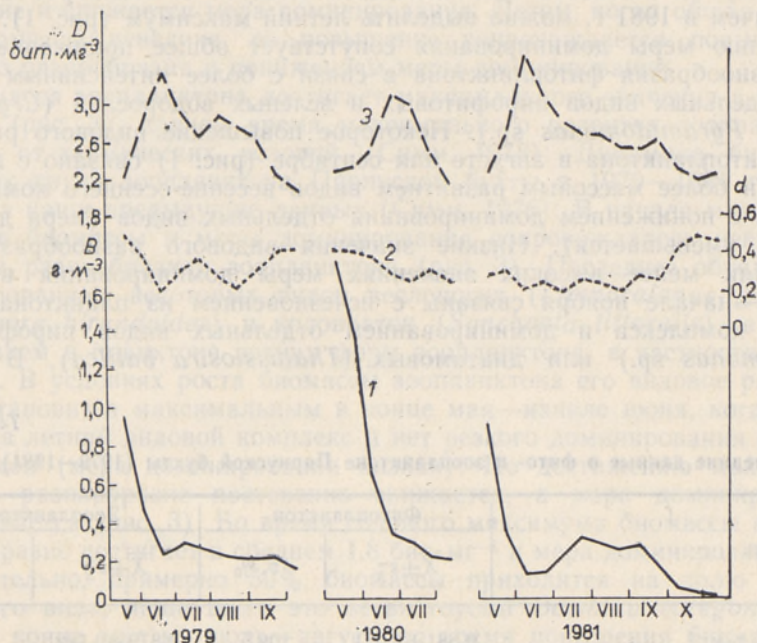


Рис. 1. Сезонные изменения: 1 — биомассы (B), 2 — меры доминирования (d), 3 — видового разнообразия (D) фитопланктона Пярнуской бухты.

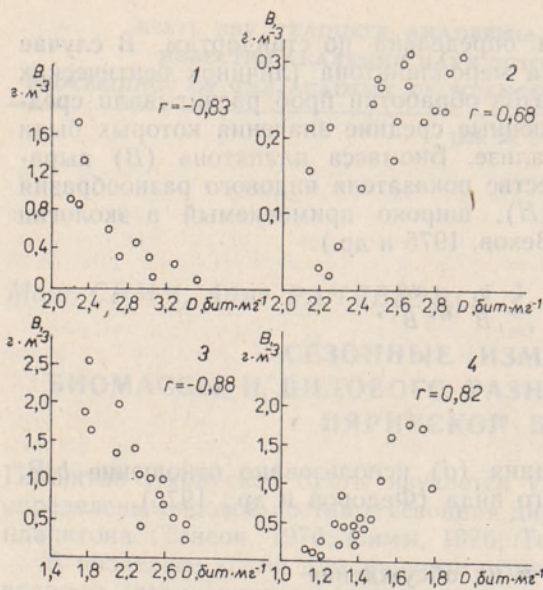


Рис. 2. Соотношение биомассы (B) и видового разнообразия (D) планктона Пярнуской бухты в 1979—1981 гг. 1 — фитопланктон весной (до минимума биомассы), 2 — фитопланктон в летне-осенний период, 3 — зоопланктон в весенне-летний период (во время повышения биомассы), 4 — зоопланктон в летне-осенний период (во время уменьшения биомассы).

ной, а видовое разнообразие максимальным. Понижение степени доминирования свидетельствует об отсутствии резкого доминирования отдельных видов. За это время (с мая по июнь) наблюдается отрицательная корреляция ($r = -0,83$; $P < 0,01$) между значениями биомассы и индекса видового разнообразия (рис. 2, 1). Совпадение минимума биомассы фитопланктона с пиком видового разнообразия объясняется тем, что при повышении температуры воды происходит смена весеннего комплекса видов летним (причем в планктоне присутствуют виды обоих комплексов), а также тем, что на фоне истощения биогенов биомасса фитопланктона довольно равномерно распределяется между видами. Вслед за минимумом биомассы фитопланктона следует ее некоторое повышение, причем в 1981 г. можно выделить летний максимум (рис. 1). Летом повышению меры доминирования сопутствует общее понижение видового разнообразия фитопланктона в связи с более интенсивным развитием отдельных видов пиррофитовых и зеленых водорослей (*Cryptomonas* sp., *Pyramidomonas* sp.). Некоторое повышение видового разнообразия фитопланктона в августе или сентябре (рис. 1) связано с появлением или более массовым развитием видов весенне-осеннего комплекса, а также с понижением доминирования отдельных видов (мера доминирования уменьшается). Низкие значения видового разнообразия при более или менее высоких значениях меры доминирования в конце октября—начале ноября связаны с исчезновением из планктона видов летнего комплекса и доминированием отдельных видов пиррофитовых (*Cryptomonas* sp.) или диатомовых (*Thalassiosira baltica*). В летне-

Таблица 2

Средние данные о фито- и зоопланктоне Пярнуской бухты (1979—1981)

Показатель	Фитопланктон		Зоопланктон	
	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	$v, \%$	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	$v, \%$
Биомасса, г·м ⁻³	0,381 ± 0,071	102,5	0,879 ± 0,122	75,8
Видовое разнообразие, бит·мг ⁻¹	2,616 ± 0,064	13,4	1,910 ± 0,099	28,5
Мера доминирования	0,330 ± 0,016	26,9	0,484 ± 0,027	30,4

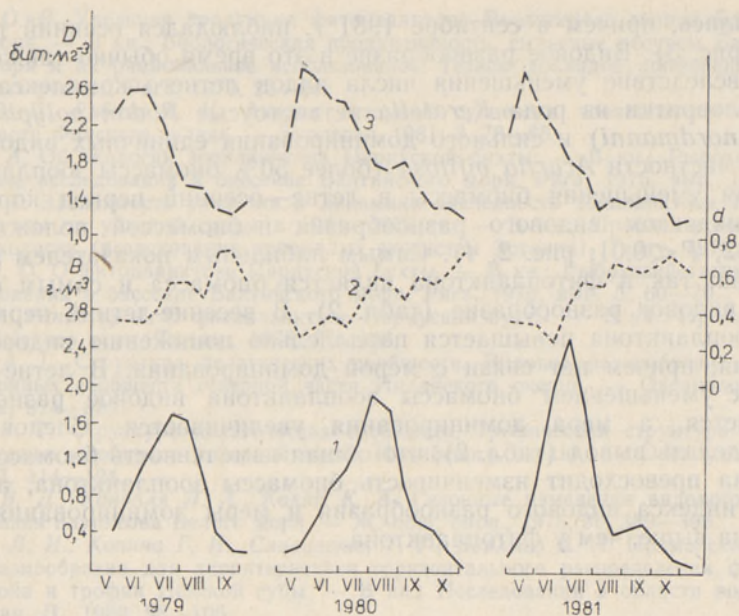


Рис. 3. Сезонные изменения: 1 — биомассы (B), 2 — меры доминирования (d), 3 — видового разнообразия (D) зоопланктона Пярнуской бухты.

осенний период связь между биомассой и индексом видового разнообразия положительная ($r=0,68$; $P<0,01$; рис. 2, 2). В течение всего периода исследования наиболее лабильным был показатель биомассы, а наиболее стабильным — показатель видового разнообразия фитопланктона (табл. 2). Резюмируя сказанное, можно заключить, что весной с понижением биомассы фитопланктона увеличивается его видовое разнообразие и снижается мера доминирования. Летом, когда общая вариация биомассы невелика, ее повышение сопровождается повышением видового разнообразия и понижением меры доминирования.

Биомасса зоопланктона достигает максимального значения в июле—августе (рис. 3), причем время максимального развития зоопланктона зависит от термических условий (Симм, 1978). Динамика биомассы основных групп зоопланктона Пярнуской бухты в 1979—1981 гг. подтвердила наши предыдущие данные (Симм, 1976). В начале мая низкое значение биомассы и меры доминирования сопровождалось невысоким видовым разнообразием зоопланктона (рис. 3). Последнее обусловлено доминированием некоторых видов веслоногих (*Limnocalanus grimaldi*, *Eurytemora hirundoides*) и коловраток (*Synchaeta littoralis*), а также отсутствием в планктоне летних форм зоопланктона, в частности ветвистоусых. В условиях роста биомассы зоопланктона его видовое разнообразие становится максимальным в конце мая—начале июня, когда формируется летний видовой комплекс и нет резкого доминирования отдельных видов (мера доминирования низкая). По достижению максимума видовое разнообразие постепенно снижается, а мера доминирования увеличивается (рис. 3). Во время годового максимума биомассы видовое разнообразие достигает в среднем $1,8 \text{ бит} \cdot \text{мг}^{-1}$ и мера доминирования 0,5, следовательно, примерно 50% биомассы приходится на долю самого массового вида, чаще всего это ветвистоусый *Bosmina coregoni maritima*. С конца мая по июль—август, во время повышения биомассы до максимума, между показателем видового разнообразия и биомассой зоопланктона прослеживается отрицательная корреляция ($r=-0,88$; $P<0,01$; рис. 2, 3). С июля—августа по ноябрь биомасса зоопланктона

уменьшалась, причем в сентябре 1981 г. наблюдался осенний пик биомассы (рис. 3). Видовое разнообразие в это время обычно также уменьшается вследствие уменьшения числа видов летнего комплекса (выпадают коловратки из рода *Keratella* ветвистоусые *Podon polyphemoides*, *Evadne nordmanni*) и сильного доминирования единичных видов веслоногих, в частности *Acartia bifilosa* (более 50% биомассы зоопланктона). Во время уменьшения биомассы в летне-осенний период корреляция между индексом видового разнообразия и биомассой положительная ($r=0,082$; $P<0,01$; рис. 2, 4). Самым лабильным показателем как зоопланктона, так и фитопланктона является биомасса и самым стабильным — видовое разнообразие (табл. 2). В весенне-летний период биомасса зоопланктона повышается параллельно понижению видового разнообразия, причем нет связи с мерой доминирования. В летне-осенний период с уменьшением биомассы зоопланктона видовое разнообразие уменьшается, а мера доминирования увеличивается. Следовательно, можно сделать вывод (табл. 2), что общая изменчивость биомассы фитопланктона превосходит изменчивость биомассы зоопланктона, а изменчивость индекса видового разнообразия и меры доминирования у зоопланктона выше, чем у фитопланктона.

Заключение

Сезонные изменения сообществ планктона в Пярнуской бухте выражаются в изменениях общей биомассы и в чередовании доминирования отдельных видовых комплексов. Чередование же на уровне сообщества выражается в изменениях видового разнообразия и меры доминирования. Годовой максимум биомассы фитопланктона наблюдался в апреле—начале мая, а тот же показатель зоопланктона в июле—августе. В годы, когда происходит летнее повышение биомассы фитопланктона, достигает осеннего пика и развитие зоопланктона.

В весенне-летний период биомасса фитопланктона уменьшается с увеличением видового разнообразия и уменьшением меры доминирования, а биомасса зоопланктона увеличивается параллельно уменьшению видового разнообразия. В летне-осенний период в сообществе фитопланктона повышение биомассы сопровождается повышением видового разнообразия и уменьшением меры доминирования. В сообществе зоопланктона в летне-осенний период с уменьшением биомассы видовое разнообразие также уменьшается, а мера доминирования увеличивается.

Наиболее лабильной в течение всего времени исследования была биомасса фито- и зоопланктона, а наиболее стабильным — видовое разнообразие.

ЛИТЕРАТУРА

- Брускова Р. К. Исследование корреляции между индексом видового разнообразия и биомассой зоопланктонного сообщества на разных уровнях интеграции. — Ж. общ. биол., 1972, 33, 82—86.
- Вехов Н. В. О возможностях определения границ сообществ в пределах озерной экосистемы. — Ж. общ. биол., 1975, 36, 382—388.
- Гиляров А. М. Соотношение биомассы и видового разнообразия в планктонном сообществе. — Зоол. ж., 1969, 18, вып. 4, 485—493.
- Кице М. Р., Лагановска Р. Ю., Берзиня И. Я. Структурные особенности распределения зоопланктона в прибрежной мелководной зоне Рижского залива. — В кн.: Изучение и освоение водоемов Прибалтики и Белоруссии. Тезисы докладов 20-й научной конференции. Т. 2. Рига, 1979, 155—157.
- Кице М. Р., Лагановска Р. Ю., Берзиня И. Я. Зоопланктон как биоиндикатор качества воды прибрежной мелководной зоны Рижского залива. — В кн.: Среда и гидробиоценозы Рижского залива. Рига, 1982, 167—180.

- Крылова О. И. Удельная продукция фитопланктона Вислинского залива Балтийского моря. — В кн.: Биологическая продуктивность, сырьевые ресурсы Балтийского моря и их рациональное использование. Тезисы докладов конференции молодых ученых. Рига, 1979, 23—24.
- Сергеев В. Н., Рябова В. Н. Анализ сезонной сукцессии зоопланктона восточной части Финского залива. — Экология, 1981, 3, 78—85.
- Симм М. А. Об экологии зоопланктона Пярнуской бухты. — В кн.: Рыбохозяйственные исследования в бассейне Балтийского моря. Рига, 1976, вып. 12, 29—43.
- Симм М. А. Зависимость развития и динамики численности зоопланктона Пярнуской бухты от условий среды в 1961—1977 гг. — В кн.: Проблемы современной экологии (исследования природных экосистем Эстонии). Тарту, 1978, 112—113.
- Тенсон Ю. О. О фитопланктоне Пярнуской бухты. — В кн.: Рыбохозяйственные исследования в бассейне Балтийского моря. Рига, 1970, вып. 5, 60—70.
- Тенсон Ю., Рандвезр А. О фитопланктоне Пярнуской бухты. — В кн.: Проблемы Балтийского моря. Таллин, 1978, 77—106.
- Тимошин А. Г. Структура пелагических сообществ. Видовое разнообразие зоопланктонных сообществ северной части Индийского океана. — Океанология, 1972, 12, 874—883.
- Тимошин А. Г. Структура пелагических сообществ. Трофическая структура зоопланктонных сообществ северной части Индийского океана. — Океанология, 1973, 13, 114—124.
- Федоров В. Д., Конопля Л. А., Кокин К. А. Сезонные изменения видового разнообразия планктона Белого моря. — Ж. общ. биол., 1975, 36, 389—396.
- Цветкова Л. И., Копина Г. И., Славинская Т. Г., Вардыго А. А. Применение индекса разнообразия для характеристики горизонтального распределения фитопланктона и трофии Невской губы. — В кн.: Исследования в области водоснабжения. Л., 1980, 98—106.

Таллинское отделение Балтийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства

*Институт зоологии и ботаники
Академии наук Эстонской ССР*

Поступила в редакцию
27/1 1984

Mart SIMM, Aime RANDVEER

ПÄRNU LAHE PLANKTONI BIOMASSI JA LIIGILISE MITMEKESISUSE SESOONSED MUUTUSED

Pärnu lahe planktoni sesoonne muutlikkus väljendub biomassi ja planktoni erinevate liigiliste komplekside vaheldumises. Koosluse tasemel väljendub viimane liigilise mitmekesisuse ja domineerimisastme muutumistes.

Fütoplanktoni biomassi aastane maksimum saabub aprillis või mai alguses, zooplanktonil aga juulis-augustis. Aastail, mil esineb fütoplanktoni biomassi suvine tõus, toimub zooplanktoni biomassi tõus sügisel. Fütoplanktoni biomassi vähenedes kevad-suvisel perioodil liigiline mitmekesisus suureneb, kuid domineerimisaste väheneb. Zooplanktoni puhul suureneb paralleelselt biomassi kasvuga kevad-suvisel perioodil ka liigiline mitmekesisus. Suve lõpul ja sügisel kaasneb fütoplanktoni biomassi rohkenemisega liigilise mitmekesisuse suurenemine ja domineerimisastme vähenemine. Samal ajal zooplanktoni biomassi kahanemisel liigiline mitmekesisus väheneb, domineerimisaste aga suureneb.

Kogu uurimisperioodi kestel oli nii füto- kui ka zooplanktoni puhul kõige labiilsemaks näitajaks biomass ja kõige stabiilsemaks liigiline mitmekesisus.

SEASONAL CHANGES OF THE PLANKTON BIOMASS AND SPECIES DIVERSITY IN PÄRNU BAY

Seasonal changes in the plankton of Pärnu Bay are expressed by changes in the biomass and alteration of different species complexes. At the community level the latter manifests itself by changes in species diversity and rate of domination.

The annual maximum of the phytoplankton biomass occurs in April or at the beginning of May, and that of the zooplankton in July-August.

In the years of the summer maximum in the phytoplankton biomass, a second maximum in the zooplankton biomass may occur in autumn.

In the spring-summer period the phytoplankton biomass decreases, but the species diversity increases, and the rate of domination decreases. In the case of zooplankton, the biomass increase in spring-summer is accompanied by a rise in the species diversity.

In late summer and autumn the growth of the phytoplankton biomass is accompanied by a rise in the species diversity and a fall in the rate of domination. At the time of the decrease in the zooplankton biomass in late summer and autumn, the species diversity decreases as well, but the rate of domination increases.

During the period of investigation, the most variable parameter both in the phytoplankton and zooplankton was the biomass, the most stable parameter being the species diversity.