

ISSN 0203-4646

ЭКОЛОГИЯ МОРЯ



22
—
1986

щелях скал и в густых зарослях цистозир. На камнях биомасса животных ниже, чем на скалах ($367,8 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$), мидия на камнях не отмечалась.

Для экспериментальных пластин указаны значительно более высокие величины биомассы обрастаний. Так, М. А. Долгопольская наблюдала на пластинах, провисевших год в Севастопольской бухте, от $58,02$ до $106,75 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$ обрастаний [1].

Таким образом, полученные нами величины биомассы зоомакрообратателей гидротехнических сооружений значительно выше указанных для природных каменистых субстратов, но ниже, чем на экспериментальных пластинах.

По-видимому, на гидротехнических сооружениях, как и на подвешенных в толще воды экспериментальных пластинах, создаются более благоприятные, чем на дне бухт, условия для развития обрастаний, в частности, лучше водообмен и меньше заиление. Исходя из этого, можно ставить вопрос о целенаправленном использовании гидротехнических сооружений для целей гидромелиорации портовых акваторий.

1. Долгопольская М. А. Экспериментальное изучение процесса обрастания в море. — Тр. Совастоп. биол. станции, 1954, 8, с. 157—173.
2. Донная фауна прибрежной зоны Одесского залива и прилежащих районов в условиях градостроительства / Л. Д. Каминская, Р. П. Алексеев, Е. В. Иванова, И. А. Синегуб. — Биология моря, Киев, 1977, вып. 43, с. 54—64.
3. Зевина Г. Б. Обрастания в морях СССР. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. — 214 с.
4. Миловидова Н. Ю. Количественная характеристика биоценоза цистозир северо-восточной части Черного моря (по данным подводных исследований). — В кн.: Морские подводные исследования. М.: Наука, 1969, с. 78—88.
5. Миронов О. Г., Миловидова Н. Ю., Цымбал И. М. Формирование бентосных сообществ на вновь созданных моловых сооружениях. — Гидробиол. журн., 1983, 19, № 1, с. 48—52.
6. Обрастания берегозащитных сооружений Одесского залива / Л. Д. Каминская, Р. П. Алексеев, Е. В. Иванова, И. А. Синегуб. — В кн.: Материалы Всесоюз. шк.—семинара. Киев: Наук. думка, 1976, с. 235—237.
7. Шаронов И. В. Фауна скал и каменистых россыпей в Черном море у Карадага. — Тр. Карадаг. биол. станции, 1952, вып. 12, с. 68—77.

Ин-т биологии юж. морей

им. А. О. Ковалевского АН УССР, Севастополь

Получено 23.05.83

N. Yu. MILOVIDOVA

FOULINGS OF THE WATER-DEVELOPMENT WORKS IN CERTAIN PORT WATER SURFACES OF THE CRIMEAN COAST OF THE BLACK SEA

Summary

Macrofoulings of the water-development works in two bays of the Crimean coast differing in ecological conditions are investigated. The average biomass of the foulings amounts to 6634 gm^{-2} in the bay I to 7327 gm^{-2} in the bay II and to 2671 gm^{-2} on the bay-enclosed pier including the biomass of mussels accounts for 74.86, 91.66 and 91.60%, respectively. The qualitative composition and quantitative development of the foulings are found to depend on the surf and oil pollution factors.

УДК 577.472:571.1(262.5)

В. А. ТАМОЖНЯЯ

СЕЗОННЫЕ РИТМЫ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГИДРОБИОНТОВ В СООБЩЕСТВЕ ОБРАСТАНИЙ

В любом сообществе гидробионтов неизбежно возникают различного рода взаимодействия между популяциями совместно существующих видов. Обычные термины для определения отношений между животными в пределах биоценоза (симбиоз, комменсализм, парази-

тизм, хищничество и т. д.) не отражают всей сложности реально существующих отношений и тем более их оттенков и переходных форм [8]. Выяснение путей взаимовлияния организмов в биоценозах представляет значительный интерес, хотя по праву может быть отнесено к числу методически сложных и малоизученных вопросов современной экологии. В последние десятилетия появилась новая наука — экологическая биохимия, задача которой расшифровка биохимических механизмов экологических приспособлений и взаимодействий между растениями, животными и микроорганизмами [10].

Удобным объектом для изучения механизмов взаимодействия является сообщество макрообрастания, поскольку оно состоит обычно из небольшого числа видов и развивается нередко в течение одного сезона. Быстрое развитие биоценоза позволяет проводить наблюдения за динамикой отдельных видов и соответственно за изменениями взаимоотношений между доминирующими видами [6]. С этой целью в разные сезоны года определяли соотношение биомасс четырех руководящих в сообществе обрастаний видов — гидроидов, губок, мшанок и ботриллиусов. Одновременно у этих же гидробионтов определяли содержание растворимого белка и активность фермента каталазы, поскольку именно энергетический уровень биохимических превращений определяет динамичность процессов развития биоценоза.

Каталаза является ферментом оксидазной системы и в сопряженных реакциях участвует в синтезе макроэргов. Многофункциональные оксидазы способствуют окислению метаболически активных веществ, поступающих через покровы водных животных [11]. В работе [5] получены данные, характеризующие некоторые кинетические свойства каталазы, а также определены оптимальные условия для функционирования *in vitro* этого фермента у целого ряда обрастателей. В настоящей работе предпринята попытка с помощью корреляционного анализа обнаружить взаимодействие гидробионтов в сообществе на биохимическом уровне, сопоставляя сезонные изменения в содержании белка и уровень активности каталазы, а также степень влияния на них абиотических факторов среды.

Материал и методика. Для наблюдений за развитием биоценоза обрастаний в Севастопольской бухте еженедельно в течение 1979—1980 гг. отбирали пробы биологического материала одного объема (около 0,01 м³), в котором определяли соотношение биомасс (в %) доминирующих в сообществе видов: гидроид *Obelia loveni* (Allman), губка *Haliciona implexa* (Schmidt), мшанка *Lepralia pallasiana* (M), ботриллиус *Botryllus schlosseri* (Pallas). Обрастателей, извлеченных из моря с глубины 1—1,5 м, транспортировали в морской воде и использовали для анализов в тот же день.

Навеску тканей гидробионтов измельчали сначала на льду ножами, а затем с помощью микроразмельчителя в стеклянном гомогенизаторе Поттера с добавлением буфера. Соотношение массы ткани и объема фосфатного буферного раствора 0,1 М рН 7,4 составляет 1 : 9. Гомогенаты центрифугировали на ЦРЛ-1 со скоростью 16 тыс. об/мин при 2°C в течение 15 мин. Полученные супернатанты использовали для определения содержания растворимого белка и активности каталазы методами, описанными нами в работе [5]. Удельную активность каталазы выражали в миллиграммах разложившейся перекиси водорода 1 мг белка за минуту. Полученные данные подвергнуты статистическому анализу: рассчитаны средние арифметические значения со стандартными отклонениями, коэффициент вариации и корреляции, коэффициент корреляции сравнивали по *t*-критерию [4].

Результаты. Динамика доминирующих видов в сообществе. Как известно, условия обитания не могут в равной мере обеспечить потребности всех видов, входящих в состав биоценоза, поэтому чаще всего наблюдается доминирование одного или очень

небольшой группы видов [6]. Многолетние обрастания в Севастопольской бухте представлены двустворчатым моллюском *Mytilus galloprovincialis*, который образует основную биомассу оброста и является субстратом для эпибионтов. Период наблюдений благоприятен для роста и развития колониальных форм: губок, гидроидов, мшанок и ботриллюсов. Диаграммы, представленные на рис. 1, показывают количествен-

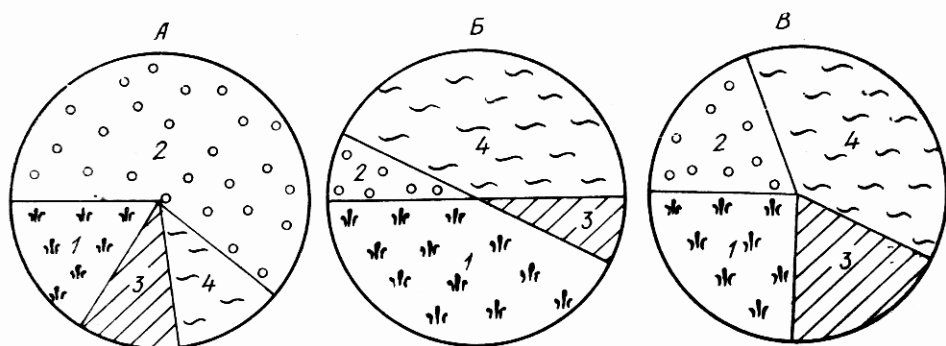


Рис. 1. Соотношение биомасс гидробионтов в биоценозе обрастаний весной (А — март, Б — май) и осенью (В — октябрь, ноябрь):
1 — гидроид, 2 — ботриллюс, 3 — губка, 4 — мшанка.

ное соотношение между этими четырьмя видами в различные сезоны года, когда наиболее четко выражено доминирование одного или двух видов. Колонии губок по биомассе значительно уступают всем остальным.

Ранней весной начинают быстро расти колонии зимующих ботриллюсов. Гроздевидные образования этой асидии в марте составляют более 70% биомассы обрастаний, подавляя развитие остальных гидробионтов в сообществе (см. рис. 1). Отмеченное в начале мая массовое оседание личинок ботриллюсов сопровождается постепенным исчезновением старых колоний из биоценоза к концу месяца. Поздняя весна характеризуется появлением и оседанием других личинок обрастателей — гидроидов и мшанок, что приводит к смене руководящих форм. Доминирующие виды этого периода (рис. 1, Б) — молодые гидроиды (40%) и оранжевые «фестончатые» колонии мшанок, у которых период активного роста сменяется стадией размножения.

Совершенно иная картина наблюдается летом. В конце июня—начале июля обрастания в районе наблюдений представлены в основном другими организмами — чистыми сеголетками мидий и водорослями. Аналогичное явление отмечено в 1970—1971 гг. В. Д. Брайко [1].

Осенью в обрастании снова появляются мшанки (до 40%) и гидроиды (25%), достигающие в радиусе 5—7 см (рис. 1, В). Тонкие коркообразные колонии ботриллюсов, находящиеся в стадии соматического роста, составляют около 20% биомассы обрастаний. По сравнению с другими сезонами года встречается довольно много губок (до 15%), что, вероятно, связано с максимальным темпом роста этих гидробионтов в осенний период [9]. Зимой происходит затухание метаболической активности у всех обрастателей и биомасса их минимальна по сравнению с другими сезонами года.

Динамика биохимических процессов в сообществе обрастаний.

Смена доминирующих форм в биоценозе, как правило, является следствием изменений уровня и направленности биохимических процессов у гидробионтов. Примером тому может служить сезонная динамика каталазной активности у всех исследуемых обрастателей (рис. 2). Периоды максимальной активности фермента сменяются понижением уровня активности в два-три, у гидроида даже в пять раз. Для каждого

вида можно выделить три таких периода. Самая высокая каталазная активность обнаружена у губки — 20—40, самая низкая — у гидроида — 1—10 $\text{мг Н}_2\text{О}_2/\text{мг белка/мин}$. Мшанка и ботриллус занимают промежуточное положение. Рассматривая кривые сезонной динамики, можно отметить, что каждый месяц наибольшая активность фермента в сообществе проявляется только у одного, реже двух, гидробионтов.

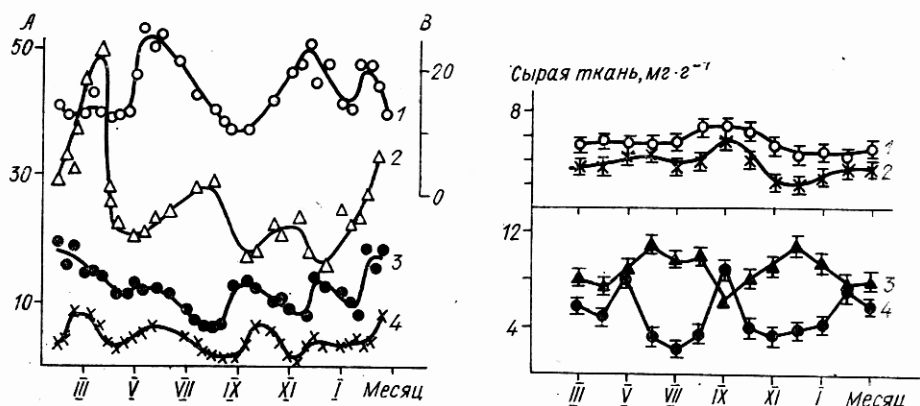


Рис. 2. Сезонная динамика каталазной активности у гидробионтов из сообщества обрастаний:

1 — ботриллус, 2 — губка, 3 — мшанка, 4 — гидроид. По оси ординат дана удельная активность каталазы в $\text{мг Н}_2\text{О}_2/\text{мг белка/мин}$, ось ординат для 2, 3, 4; В для 1.

Рис. 3. Сезонная динамика содержания белка у мшанки (1), ботриллуса (2), губки (3) и гидроида (4) из сообщества обрастаний.

Происходит смещение пиков кривых на один шаг, который приблизительно равен одному месяцу.

Следует отметить прямую зависимость в изменениях уровня активности каталазы у двух видов — мшанки и гидроида — на протяжении всего года, тогда как уровень каталазной активности у губки в летний и осенний периоды находится в обратной зависимости по отношению к первым двум. Периоды сравнительно высокой активности каталазы у губки в августе и ноябре сопровождаются минимальной активностью этого фермента у гидроида и мшанки.

Одновременно с определением уровня каталазной активности у гидробионтов определялось содержание растворимого белка в тканях. Сезонная динамика этого компонента в сообществе (рис. 3) представлена линиями двух видов: более плавная одновершинная кривая соответствует изменениям белка на протяжении годового цикла у мшанок и ботриллусов. Максимальное содержание белка в этих колониях наблюдается в августе-сентябре. У других двух гидробионтов — губок и гидроидов — сезонная динамика представлена трехвершинной ломаной линией. В сезонных изменениях белка у них наблюдается обратная зависимость. Так же, как и для каталазной активности, следует отметить наибольшие колебания в содержании белка у гидроидов, что связано с разным их возрастом. У молодых гидроидов в возрасте 1—2 недели содержание белка в три—пять раз больше, чем у старых (4-недельный возраст), тогда как уровень каталазной активности у них, наоборот, самый низкий. Однако, как показывают данные, содержание белка и уровень каталазной активности зависит не только от возраста колонии, но и от времени года и, по всей вероятности, от развития соседствующих видов.

Обсуждение. Сообщество обрастаний всегда характеризуется резким доминированием небольшого числа видов, которые обычно относятся к далеким в систематическом отношении группам. В таких сообществах конкуренция за пищу между доминирующими видами отсут-

**Корреляционные зависимости некоторых биохимических показателей
у гидробионтов сообщества обрастаний в различные сезоны года**

Коррелирующие показатели между	Период наблюдений	Коэффициент корреляции, r	Количество наблюдений	P
Каталазной активностью у губок и мшанок то же	Март—май 1979 г.	+0,66	9	<0,05
	Июнь 1979 — февраль 1980 гг.	—0,56	15	<0,05
мшанок и гидроидов то же	Март 1979 — февраль 1980 гг.	+0,51	23	<0,01
	Апрель—сентябрь 1979 г.	+0,73	14	<0,01
губок и гидроидов то же	Март—май 1979 г.	+0,82	7	<0,05
	Июль 1979 — февраль 1980 гг.	—0,15	13	>0,05
Каталазной активностью губки и содержанием O_2 в морской воде	Март 1979 — февраль 1980 гг.	+0,51	21	<0,05
	Содержанием растворимого белка у губок и гидроидов			
губок и гидроидов	Март 1979 — февраль 1980 гг.	—0,80	12	<0,01
	губок и мшанок	—0,12	12	>0,05
мшанок и ботриллюсов	то же	+0,59	12	<0,05

ствует, и отрицательное взаимодействие их друг на друга сводится к минимуму [6]. По нашим данным, такое отрицательное взаимодействие в наименьшей степени проявляется между гидроидом и мшанкой, которые чаще всего являются сопряженно доминирующими в биоценозе. Наибольшая биомасса у этих двух видов в мае и в октябре-ноябре (см. рис. 1). Возможно поэтому ход сезонных изменений каталазной активности у гидроидов и мшанок (см. рис. 2) параллелен и характеризуется высокой степенью коррелятивной связи, которая усиливается летом (таблица). Такая тесная позитивная корреляция может служить основанием для предположения о сходном характере ответной реакции и одинаковой направленности кислородзависимых метаболических процессов, связанных с сезонными циклами, а также о положительном взаимодействии между мшанками и гидроидами.

По-иному складываются взаимоотношения между другими видами. В сезонных изменениях каталазной активности у губок и мшанок прослеживаются два момента: синхронные изменения в процессах деструкции пероксида водорода происходят весной (март—май). Этот период характеризуется положительной коррелятивной зависимостью с коэффициентом $r = +0,66$. В другие сезоны эти процессы имеют обратную зависимость с коэффициентом $r = -0,56$. Аналогичные связи прослеживаются между губкой и гидроидом, только отрицательные взаимосвязи проявляются в меньшей степени ($r = -0,15$). Такое изменение коррелятивной зависимости в течение одного годовичного цикла, возможно, является следствием различных взаимоотношений между гидробионтами в сообществе, которое и отражается на уровне каталазной реакции. В пользу такого предположения свидетельствуют и корреляционные зависимости между содержанием белка у разных гидробионтов. Статистически достоверная положительная корреляция получена между сезонными изменениями белка у мшанок и ботриллюсов ($r = +0,59$) и отрицательная — у губок и гидроидов ($r = -0,80$). В сообществе не наблюдается одновременного массового развития колоний губок и гидроидов и биохимические показатели у них находятся в обратной зависимости. Меньше всего связей (и отрицательных, и положительных) обнаружено между ботриллюсами и тремя другими видами. Доминирование в сообществе ботриллюсов сопровождается почти полным исчезновением мшанок, гидроидов и губок.

В местах отбора проб для биохимических анализов на протяжении 1979—1980 гг. проводились определения гидрохимических параметров морской воды: pH, РОВ, температуры, содержания кислорода и других показателей (рис. 4, фонды отдела биологии обростаний ИНБЮМ АН УССР). С целью выявления экологического фактора, непосредственно влияющего на биохимические процессы в гидробионтах, сопоставлена динамика перечисленных выше гидрохимических показателей

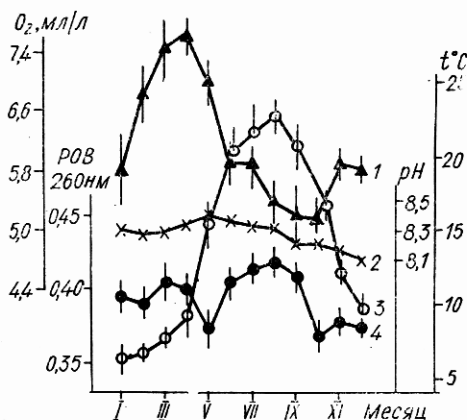


Рис. 4. Изменение содержания кислорода (1), pH (2), температуры (3) и суммарного растворенного органического вещества (4) в морской воде Севастопольской бухты в 1979—1980 гг.

с динамикой каталазной активности и содержанием белка у исследуемых обростателей. Просчитано множество коррелятивных связей и только в одном случае получена статистически достоверная положительная корреляция — между содержанием кислорода в морской воде и уровнем каталазной активности у губки (см. таблицу).

Известно, что клетки, потребляющие кислород, производят пероксид водорода — продукт двух-электронного восстановления кислорода [2]: $O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O_2$. Губки — самые примитивные многоклеточные с зависимым типом дыхания — поглощают от 10 до 40% кислорода, растворенного в фильтруемой ими воде; использование кислорода пластинчато-жаберными моллюсками составляет 7%, асцидии используют 6% [3]. Следовательно, у губки как наиболее оксифильного гидробионта из обростаний возможно образование значительных количеств пероксида.

Пероксид водорода, являясь нормальным продуктом жизнедеятельности клетки, обладает токсическим эффектом. Главным ферментом, связанным с метаболизмом H_2O_2 , является каталаза, которая снижает содержание пероксида за счет ее деструкции. Вероятно, поэтому именно у губки обнаружен самый высокий уровень каталазной активности, коррелирующей с содержанием кислорода в морской воде. Фермент в этом случае выступает в качестве необходимого компонента защиты клеток от повреждающего действия пероксидов [7].

Таким образом, все изложенное позволяет сделать вывод, что между различными компонентами обростаний осуществляются различные взаимодействия, которые сопровождаются изменениями уровня биохимических процессов и находят отражение в смене доминирующих форм гидробионтов.

1. Брайко В. Д. Некоторые сукцессивные закономерности в сообществе обростания. — Океанология, 1974, 14, вып. 2, с. 345—348.
2. Лукьянова Л. Д., Балмуханов Б. С., Уголев А. Т. Кислородзависимые процессы в клетке и ее функциональное состояние. — М.: Наука, 1982. — 300 с.
3. Проссер Л., Браун Ф. Кислород: Газообмен и метаболизм. — В кн.: Сравнительная физиология животных. М.: Мир, 1967, с. 186—237.
4. Рокицкий П. Ф. Основы вариационной статистики для биологов. — Минск: Изд-во Белорус. ун-та, 1961. — 220 с.
5. Таможняя В. А. Каталазная активность у основных видов обростателей. — Биология моря, Владивосток, 1983, № 6, с. 49—55.
6. Турпаева Е. П. Система симфизиологических связей в биоценозе морского обростания. — Тр. ВНИИ рыб. хоз-ва и океанографии, Бонитет мирового океана, 1972, 77, вып. 2, с. 168—185.
7. Фридович И. Радикалы кислорода, пероксид водорода и токсичность кислорода. — В кн.: Свободные радикалы в биологии. М.: Мир, 1979, т. 1, с. 272—314.

8. Blackwelder R. E., Dyer W. G. Animal interactions. — Trans. H. State Acad. Sci., 1980, 72, N 3, p. 1—4.
9. Elvin David W. Seasonal growth and reproduction of an intertidal sponge *Haliclona permolis* (Bowerbank). — Biol. Bull., 1976, 151, N 1, p. 108—125.
10. Schlee Dieter von Ökologische Biochemie — Aufgaben und Möglichkeiten zwischen Ökologie und Biochemie. — Biol. Rdsch., 1981, 19, N 4, S. 189—204.
11. Zitko V. Metabolism and Distribution by Aquatic Animals. — In React. and Process., Berlin etc., 1980, p. 221—229.

Ин-т биологии юж. морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР, Севастополь

Получено 30.05.83

V. A. TAMOZHNYAYA

SEASONAL RHYTHMS AND INTERACTION OF HYDROBIONTS IN THE FOULING COMMUNITIES

Summary

The biomass ratio of hydrobionts dominating in the fouling community in different seasons is traced. Seasonal changes in the content of soluble protein and in the level of catalase activity in *Spongea*, *Bryozoa*, *Bothrillus* and in hydroid are obtained. Different correlations are found between the level of catalase activity and protein content in different hydrobionts as well as between the oxygen content in the sea water and the level of catalase activity in *Spongea*. Positive and negative interactions of hydrobionts in the community affect the level of metabolic processes and are accompanied by the change of dominant forms in fouling biocenosis.