

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ISSN 0203-4646

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ



30

1988

- легководолазной техники // Морские подводные исследования. — М.: Наука, 1969. — С. 105—110.
6. Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Черного моря. — Киев: Наук. думка, 1975. — 247 с.
 7. Миловидова Н. Ю. Гидробиологическая характеристика Суджукской лагуны // Тр. Новорос. биостанции. — 1961. — Вып. 14. — С. 69—80.
 8. Сорохтин Г. Н. Суджукская грязевая лагуна // Изв. Кавк. рус. геогр. о-ва. — 1916. — 24, № 1. — С. 41.
 9. Сорохтин Г. Н. Предварительный отчет по изучению лечебной грязи Суджукской лагуны (по работам Суджукской экспедиции 1921 г.) // Изв. Рос. гидролог. ин-та. — 1924. — № 10. — С. 57—59.
 10. Фринлянд И. Г., Крыштан Э. Г., Двуреченская А. А. Некоторые данные по ихтиофауне Суджукской лагуны // Тр. Новорос. биостанции. — 1957. — Вып. 1. — С. 69—75.
 11. Шпаковский П. Н. Новороссийская минеральная грязь и пробное лечение ею // Мед. сб. — 1898. — № 61.
 12. Ярошенко П. Д. Геоботаника. Основные понятия, направления и методы. — М.; Л.: Наука, 1961. — 474 с.
 13. Wilhm J. L. Use of biomass units in Shannon's formula // Ecology. — 1968. — 49, N 1. — P. 153—156.

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

Получено 13.04.87

A. A. KALUGINA-GUTNIK, M. R. KHALILOVA,
N. V. MIRONOVA, N. S. BEREZENKO

THE PRESENT-DAY STATE OF PHYTOBENTHOS IN THE SUDZHUK LAGOON

Summary

On the basis of studies in the species composition and quantitative distribution of phytobenthos as well as hydrochemical components of the Sudzhuk lagoon and coastal part of the Novorossiisk bay adjoining the lagoon delta arm it is considered possible to utilize the investigated region for cultivation of *Gracilaria*.

УДК 574.5:62—757.7:591.05(262.5)

В. А. ТАМОЖНЯЯ, С. А. ГОРОМОСОВА, А. З. ШАПИРО,
Ю. Л. КОВАЛЬЧУК, О. А. ШАХМАТОВА

МЕТАБОЛИЗМ СООБЩЕСТВА ОБРАСТАНИЙ. СООБЩЕНИЕ I. ДИНАМИКА ВИДОВОГО СОСТАВА, БИОМАССЫ, МИКРОГЕТЕРОТРОФОВ И РОВ В СРЕДЕ С СООБЩЕСТВОМ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ

Сообщество обрастаний как экологическое явление, несмотря на целый ряд региональных особенностей, характеризуется общими закономерностями. Формирование сообщества происходит на относительно ограниченном участке поверхности и проходит несколько последовательно сменяющихся стадий [2, 5]. Ведущая роль в развитии сообщества принадлежит не столько абиотическим факторам среды, сколько внутренним ритмам и межвидовым взаимодействиям, приводящим к замещению одних доминантных видов другими [2].

Немаловажное значение в питании и взаимодействии водных организмов имеют различные растворенные в воде вещества, поступающие в окружающую среду в результате физиологической деятельности гидробионтов. Эти вещества не только служат источником пищи для беспозвоночных, но и участвуют в регуляции обменных процессов в качестве химических посредников [4, 7]. Несмотря на теоретически обоснованные высказывания об интегральной роли метаболитов в коммуникациях водных сообществ, конкретных исследований в этом направле-

нии с сообществом обрастателей практически не проводилось. Немногочисленные публикации касаются лишь отдельных филогенетических групп, доминирующих в обрастаниях и участвующих в обогащении морских прибрежных акваторий органическим веществом [2, 3].

Цель работы — изучить причинно-следственные связи между изменениями метаболического фона и видовым составом сообщества, его возрастом и физиологическим состоянием, а также выявить роль отдельных внешних метаболитов в жизнедеятельности беспозвоночных, объединенных общим биотопом, и их влияние на чередование доминирующих популяций.

Сообщество обрастаний — удобный объект для изучения функциональных особенностей, поскольку состоит из относительно небольшого числа прикрепленных видов и легко возобновляется на искусственных поверхностях в любое время года. В целях сравнения метаболической активности разных стадий сообщества был спланирован эксперимент, предусматривающий возможность работы с сообществом четко определенного возраста и включающий наблюдения за обменом метаболитами между гидробионтами и окружающей средой.

Для характеристики метаболизма использованы наряду с биологическими и биохимические показатели, позволяющие судить об ответной реакции организма на изменения окружающей среды. Выбраны наиболее важные участки общего метаболизма — аминокислотный, фосфорный и энергетический обмены. В качестве показателей функционирования сообщества определены следующие параметры: видовое разнообразие зоогидробионтов, биомасса отдельных популяций и сообщества обрастаний в целом, численность сопутствующих гетеротрофных бактерий, температура в среде обитания, pH и редокс-потенциал, содержание растворенного в воде кислорода, суммарных органических веществ и углеводов, пероксид водорода, нингидринположительные субстанции, пептидные соединения, белок, аммоний, неорганический фосфор, аденозинтрифосфат, а также активность ферментов (каталазы, глутаматдегидрогеназы, аспартат- и аланинаминотрансферазы, протеазы, амилазы, щелочной и кислой фосфатазы, АТФазы), ответственных за превращения этих метаболитов. Всего более 25 показателей. Приводятся в основном сведения о биологических характеристиках формирования сообщества обрастаний в исследуемом районе, поскольку, несмотря на общие закономерности этого процесса, его интенсивность, наличие отдельных стадий в сукцессии, видовое разнообразие имеют свои, зависящие от места образования сообщества, особенности.

Материал и методы. Исследования проводили в кутовой части Севастопольской бухты Черного моря. Материалом служили гидробионты сообщества обрастаний, выращенного на стеклянных пластинах размером 4×10 см. Пластины укрепляли в резиновых держателях по 2 экз. вместе и размещали их в металлической рамке, которую подвешивали на фалах в море. Глубина погружения рамок не превышала 1,5—2 м. Общее количество экспонируемых пластин 120 экз. Начало эксперимента — середина января 1984 г. Для наблюдения за развитием и становлением отдельных стадий сообщества 1 раз в месяц извлекали из моря по 4 пластины. Сформировавшееся на каждой из них сообщество одного возраста помещали в 4 стеклянных сосудах с непроточной морской водой емкостью 1 л. Сосуды размещали в проточном аквариуме, поддерживая таким образом соответствующую сезону температуру воды и естественную освещенность.

Уровень метаболической деятельности сообщества оценивали по изменениям количества продуктов обмена, присутствующих в морской воде до и после экспонирования в ней пластин с сообществом обрастателей. Время экспозиции пластин (2 и 20 ч) выбрали, учитывая экологию обитания. Первая временная характеристика (2 ч) отражает уровень аэробного метаболизма, когда содержание кислорода в экспериментальной среде уменьшается не более чем на 30%; вторая (20 ч) —

анаэробного в условиях гипоксии, которая периодически возникает в среде обитания не только в различные сезоны года, но и в течение суток.

Определялись: видовой состав макрообрастателей, биомасса популяции каждого вида и общая сырая масса сообщества (г), численность сопутствующих гетеротрофных бактерий (в логарифмической форме) и их видовое разнообразие, величина, пропорциональная содержанию растворенных органических веществ (РОВ), регистрируемых спектрофотометрически на длине волны 240; 260 и 280 нм. Определения РОВ проводили в кварцевых кюветах объемом 3 мл и ходом луча 1 см. Воду перед анализом не фильтровали, чтобы предотвратить разрушение перекисных соединений (область поглощения 240 нм), легко разрушающихся при физических манипуляциях.

Контролем служили сосуды с морской водой без сообщества обрастателей. Численность гетеротрофных бактерий определяли в чашках Петри методом посева на твердую агаровую среду № 4 в модификации Ю. А. Горбенко.

Экспериментальные данные были статистически обработаны: рассчитали средние арифметические значения со стандартными отклонениями, коэффициенты вариации и корреляции, которые сравнивали по *t*-критерию [6].

Результаты. 1. Формирование сообщества обрастаний. Начальная стадия формирования сообщества обрастаний на стеклянных поверхностях, погруженных в море, характеризуется поселением и массовым развитием на них микроорганизмов — бактерий, диатомовых водорослей и простейших организмов, в основном прикрепленных форм инфузорий родов *Dendrosoma*, *Ephelota*, *Zoothamnium*, *Folliculina*, *Vorticella*. Эта стадия в развитии сообщества классифицируется как микрообрастание. Общая биомасса микрообрастания, сформировавшегося в течение месяца (январь — февраль) на параллельно экспонируемых пластинах, колеблется от 13 до 50 мг на площади в 40 см².

Сформировавшееся в течение двух месяцев сообщество представлено двумя видами: фолликулиной, образующей на поверхности стекла рыхлую слизистую пленку темно-зеленого цвета, и популяцией гидроида *Obelia loveni*, колонии которого находятся в начальной стадии развития, занимая незаселенные инфузорией участки. На долю гидроида в этот период приходится от 15 до 90 мг, что составляет 10—35% общей биомассы оброста. Помимо этих двух доминирующих популяций в небольшом количестве встречаются *Zoothamnium* и *Ephelota*.

Простейшие, бактерии и диатомовые являются постоянными спутниками макрообрастания. Биомасса их в сообществе незначительна, поэтому в последующих наблюдениях видовое разнообразие макрообрастателей не рассматривалось.

В апреле продолжается массовое развитие весенней генерации гидроида *O. loveni*. Колонии достигают в радиусе 3—5 см, густо разрастаются и полностью занимают поверхность пластин. На столонках много активных гидрантов, появляются гонотеки с зарождающимися в них гонофорами, т. е. идет подготовка популяции к размножению. Еще через месяц (май) под биноклем просматриваются гонотеки в стадии активного размножения — выход планул-медузок, некоторые из гонотек уже пустые.

В течение мая видовое разнообразие сообщества достигает максимума: появляются небольшие домики баянуса *Balanus improvisus*, колонии мшанки *Lepralia pallasiana* и сложной асидии *Botryllus schlosseri*. Активно перемещаются личинки баянусов — науплиусы, а также вагильные формы ракообразных. Однако все эти виды составляют только небольшую часть биомассы сообщества, в то время как на долю активно функционирующей популяции гидроида *O. loveni* приходится около 98% (табл. 1).

В июне отчетливо заметен переход сообщества в следующую стадию развития. Показателем этого процесса служит затухание метабо-

Таблица 1. Соотношение биомассы доминирующих гидробионтов в сообществе обрастаний на разных стадиях сукцессии, $n=4$

Месяц	Биомасса сообщества, г	Количество видов	Гидроиды		Ботриллиусы		Мшанки		Мидии	
			г	%	г	%	г	%	г	%*
1984 г.										
II	0,04	Простейшие	0	0	0	0	0	0	0	0
III	0,2	1	0,03	20,2	0	0	0	0	0	0
IV	1,9	1	1,50	78,1	0	0	0	0	0	0
V	4,0	3	4,00	98,3	0	0	0	0	0	0
VI	10,4	4	0,75	7,2	5,00	47,9	2,00	19,2	0	0
VII	46,3	5	0	0	26,36	56,7	1,50	3,2	5,0	10,8
VIII	89,0	7	0	0	4,00	4,5	2,50	2,8	38,7	43,5
IX	162,0	5	0	0	0	0	3,40	2,1	133,7	82,6
X	105,0	4	0	0	0,60	0,6	5,20	5,0	90,0	85,7
XI	219,0	5	0	0	3,41	1,6	5,80	2,6	191,5	87,4
XII	84,0	2	0	0	0	0	0	0	70,0	83,3
1985 г.										
I	140,5	3	0	0	2,50	1,8	7,00	5,0	120,0	85,7
II	89,0	3	0	0	0	0	0,50	0,6	83,5	93,8
III	55,0	6	0,14	0,2	10,00	18,2	0,40	0,7	40,0	72,7
IV	93,0	4	1,30	1,4	0,28	0,3	0,40	0,4	90,0	96,7
V	58,0	7	0,62	1,1	4,00	6,9	0,40	0,7	46,0	79,3
VI	118,0	5	0,60	0,5	4,80	4,1	1,53	1,3	106,0	89,8
VII	66,7	4	0	0	12,10	18,0	1,30	1,9	47,0	70,1
IX	3,7	5	0	0	0,21	5,7	0,70	18,9	0,2	5,9

* Процент от общей массы обрастания.

лической деятельности популяции гидроида. Столоны и гидрориза обрастают мезоглеей ботриллюсов и коркообразными колониями мшанок. Гонотеки гидроида пустые, гидротеки без щупальцев, столоны прорастают нитями *Melosira* и красной водоросли *Colitamnium*, появляются в сообществе двустворчатые моллюски *Mytilus galloprovincialis* размером 1—2 мм.

Характер функционирования 6-месячного сообщества определяет доминирующая по биомассе колониальная асцидия ботриллюс (табл. 1). Его популяция занимает почти всю поверхность пластины и составляет около 60% всей биомассы обороста. В качестве сопутствующих видов следует отметить баянусов и активно растущих мидий. Популяция баянуса в 1984—1985 гг. не получила массового развития. Единичные экземпляры усонюгих (не более 10 шт. на 40 см²) достигли в диаметре 10 мм, а затем оказались погребенными под покровом эпибионтов.

В августе соотношение биомассы обитателей сообщества изменяется. Масса обороста в основном увеличивается за счет интенсивно растущих мидий, составляющих 43,5%, при этом количество мшанок остается без изменений и значительно сокращается (в 9 раз) биомасса популяции ботриллюсов. Последние к сентябрю совершенно исчезают из биоценоза.

Последующая экспозиция стеклянных пластин в море дает нам представление о новом этапе в формировании сообщества, возраст которого в сентябре достигает 8 мес. Доминантное положение в нем занимают мидии. Популяция моллюсков в течение осени и зимы продолжает накапливать биомассу, которая значительно колеблется на протяжении года, — от 70 до 190 г, составляя более 80% массы обороста. В апреле моллюски становятся половозрелыми, начинается массовое созревание их генеративных клеток. В период размножения щетки сеголеток мидий не обрастают, и только спустя некоторое время (3—4 недели) створки моллюсков могут служить субстратом для оседания

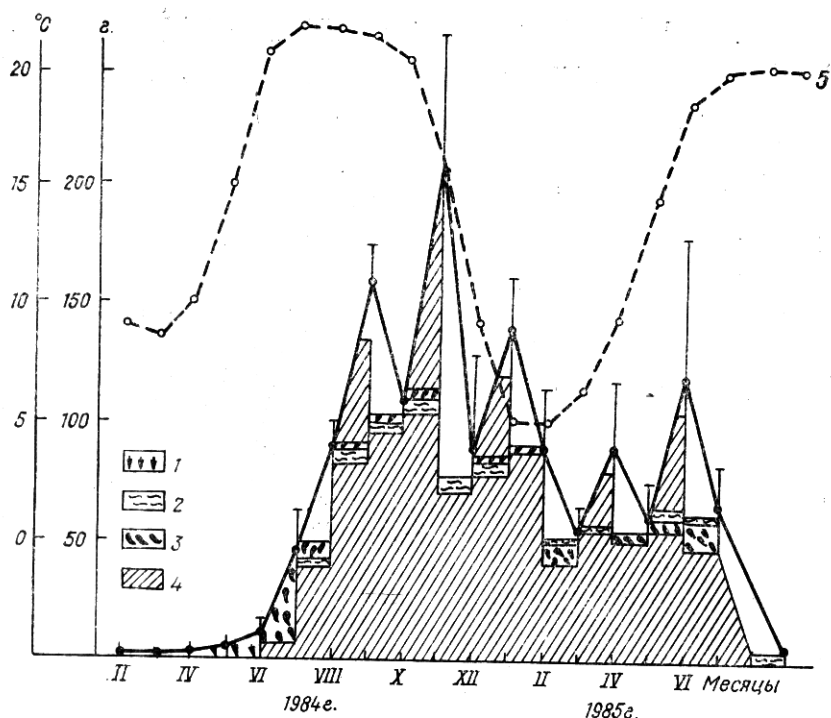


Рис. 1. Динамика формирования биомассы и видового состава сообщества обрастаний на стеклянных пластинах в Севастопольской бухте Черного моря: 1 — гидроиды, 2 — мшанки, 3 — ботриллюсы, 4 — мидии, 5 — температура морской воды. Количественные характеристики биомассы (г) эпобионтов представлены в табл. 1

личинок обрастателей, увеличивая поверхность биотопа. В течение лета створки мидий второго года жизни обрастают незначительно.

Через год, т. е. к сентябрю 1985 г., сообщество обрастаний в возрасте 20 мес на стеклянных пластинах перестало существовать (рис. 1, табл. 1). Следует отметить, что осенью (сентябрь — октябрь) прочность прикрепления биссусных нитей у мидий к пластинам значительно слабее, чем в другие сезоны.

2. Общая характеристика сообщества обрастателей и динамика сопутствующих микрогетеротрофов. За исследуемый период в формировании сообщества обрастаний можно выделить 4 стадии с характерными для них признаками. Первая стадия — неизменно повторяющееся микрообрастание. Основным критерием выделения последующих стадий принято считать продолжительность жизненного цикла доминантной популяции какого-либо конкретного вида. В связи с этим вторая стадия в развитии сообщества определяется доминированием популяции гидроида (март—апрель), третья — ботриллюса (июнь—август), четвертая — мидии (09. 1984 г.—09. 1985 г.).

В течение 2-летних наблюдений в сообществе прослеживается развитие только весенней генерации гидроида *O. loveni*. Продолжительность жизни популяции в это время года составляет немногим более 3 мес (табл. 1). Колонии мшанки *L. pallasiana* в сообществе встречаются практически постоянно в совокупности с другими обрастателями, не занимая доминирующего положения. Максимальное их количество в июне—ноябре, а затем в январе. Для ботриллюсов наиболее благоприятный период массового развития — теплое время года, особенно июль, хотя весной следующего года биомасса асцидий не уступает летнему максимуму.

Видовое разнообразие макрообрастателей в сообществе максимально с июня по сентябрь, масса обрастания — с сентября по январь.

Одновременно с наблюдениями за формированием сообщества оп-

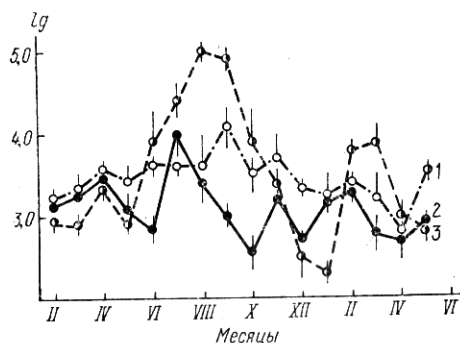


Рис. 2. Флюктуации численности гетеротрофных бактерий в морской воде (1) и в среде с сообществом после экспонирования пластин в течение 2 (2) и 20 ч (3)

ределяли количество гетеротрофных морских бактерий, сопутствующих макрообрастателям (рис. 2). Максимальное количество бактерий в воде Севастопольской бухты (09. 1984 г.) отличается от минимального (04. 1985 г.) почти на порядок. Численность гетеротрофов в среде с обрастателями после 2 ч экспозиции уменьшается в течение всего года, исключая июль. Вероятнее всего, этот эффект проявляется в результате фильтрационной деятельности обитателей сообщества. Более длительная экспозиция (20 ч) по-разному влияет на количество микроорганизмов в среде: в феврале — мае 1984 г. доминируют гидроида и в декабре — январе 1985 г. доминируют мидии, численность гетеротрофов продолжает убывать; в другие сезоны, особенно 06—09. 1984 г. и 02—03. 1985 г. их количество превышает контрольный уровень. Это обстоятельство непосредственно обусловлено видовыми особенностями доминирующей популяции, а также ее физиологическим состоянием.

3. Динамика РОВ в среде с сообществом разного возраста. Сезонные изменения РОВ в морской воде Севастопольской бухты, определяемые в области поглощения 240; 260 и 280 нм, имеют много общего (рис. 3). Размах колебаний перекисных соединений (240 нм) наиболее существен, в отличие от флюктуации пептидов и нуклеотидов (260 и 280 нм). Изменения общего содержания РОВ, вызванные метаболической деятельностью сообщества обрастаний, измеренные на трех диапазонах волн, также во многом сходны.

Прижизненные изменения РОВ молодым сообществом (в возрасте до 3 мес) незначительны — остаются в пределах разброса данных. Основные обитатели сообщества в этот период — простейшие организмы и чистая популяция гидроида. На этой стадии развития в биоценозе преобладают процессы выделения пептидных и перекисных соединений, незначительные по своим абсолютным величинам.

Затем следует период (май, июнь) преимущественной утилизации всех форм растворенной органики. В это время доминирует популяция гидроида на стадии затухания метаболической активности: заканчивается процесс размножения, после которого часть столонов и гидроризы редуцируется. На обрывках колоний, как на дополнительном субстрате, оседают личинки и развиваются популяции мшанки и ботриллуса.

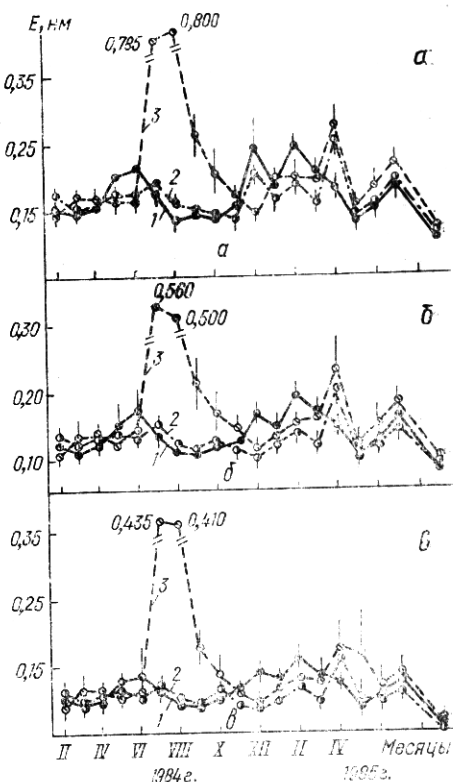


Рис. 3. Изменения РОВ в морской воде (1) и в среде с сообществом обрастаний после 2 (2) и 20 ч (3) экспозиции; а — 240, б — 260, в — 280 нм

Время экспозиции пластин с сообществом не изменяет динамику РОВ.

В июле — августе происходят изменения в метаболизме сообщества. После 20 ч экспозиции содержание РОВ в среде увеличивается в 3—4 раза. Максимум РОВ на всех длинах волн довольно хорошо совпадает с возрастающим температурным градиентом в море (рис. 1) и максимальной численностью гетеротрофов (рис. 2). Видовой состав сообщества изменяется. Доминирует популяция ботриллуса (VII—VIII) и мидии (IX—X). Понижение температуры морской воды до 5—9 °C в декабре — марте сопровождается, вероятно, перерегуляцией обменных процессов в сообществе, поскольку, несмотря на присутствие в биоценозе всех компонентов обрастания с доминированием мидий, в метаболизме его преобладают процессы поглощения над выделением РОВ, причем наиболее интенсивно зимой РОВ поглощается в первые 2 ч. В условиях гипоксии при пониженной температуре (в течение 20 ч) содержание РОВ изменяется мало.

Начиная с апреля вновь активируются выделительные процессы — растворенной органики в среде больше, чем в контроле, что непосредственно связано с выметом моллюсками половых продуктов. После периода размножения РОВ выделяется уже меньше. Эта тенденция сохраняется до сентября и определенным образом характеризует метаболизм зрелого сообщества, когда в окружающую среду поступает очень немного метаболитов, даже в условиях гипоксии.

Обсуждение. Детальное изучение закономерностей формирования сообщества обрастаний Черного моря впервые предпринято в начале 70-х годов [2]. Отмечено, что в Севастопольской бухте с 1970 по 1978 г. в развитии сообщества неизменно повторялись 3 стадии. Начиная с 1979 по 1982 г. в первичной сукцессии их стало уже 4. Наши наблюдения в 1984—1985 гг. в определенной мере совпадают с этими данными. Исключением являются продолжительность функционирования популяции гидроида (3 мес) и отсутствие в развитии сообщества стадии доминирования баянусов.

Каждая стадия в своем развитии проходит определенные, четко разграничивающиеся этапы или фазы, которые обусловлены физиологической цикличностью в жизни каждой особи. Первая фаза — молодое сообщество — характеризуется линейным приростом и накоплением биомассы; вторая фаза — зрелое сообщество — включает созревание генеративной ткани и процесс размножения, третья фаза — деградирующее сообщество, в котором доминирующая популяция характеризуется процессами отмирания и рассасывания структурных элементов колонии. На фоне деградирующей популяции начинается развитие другого вида. Таким образом, третья фаза в определенной мере является переходным периодом между двумя стадиями в развитии сообщества обрастаний.

Последовательное замещение стадий и чередование фаз в их развитии обусловлены определенными особенностями метаболизма. Полученные данные свидетельствуют о различной направленности процессов выделения и поглощения РОВ, а также о четкой их зависимости от вида доминирующей популяции и ее физиологического состояния. Так, динамика РОВ в среде с сообществом на стадии доминирования гидроида в разные фазы противоположна контрольному уровню (рис. 3). В первые 2 мес (март — апрель), когда происходит интенсивный рост колоний, РОВ в среде с гидроидами незначительно превышает контрольный уровень; в последующие 2 мес (II—III фазы) — РОВ ниже контроля. Установлено, что пищеварительные клетки кишечнорастворимых, в частности гидроида *O. loveni*, поглощают из морской воды питательные вещества не в виде свободных аминокислот, а в виде белков [10] наряду с фагоцитозом фрагментов дегенерировавших клеток [1]. За весь период жизнедеятельности гидроидов в среде уменьшается численность гетеротрофных бактерий, что объясняется, вероятно, способом питания гидроидов [5].

Метаболическая активность сообщества на стадии доминирования ботриллюсов не зависит от физиологического состояния популяции, сопровождается увеличением РОВ в летний период. На средиземноморской популяции *B. schlosseri* показано, что высокая температура и нормальная соленость стимулируют созревание гамет и размножение половым путем [8]. Это, в свою очередь, способствует обогащению среды органическими комплексами и создает благоприятные условия для роста гетеротрофных бактерий, численность которых в этот период значительно увеличивается. Кроме того, при температуре воды 18 °С у ботриллюсов еженедельно происходит смена генераций взрослых зооидов — они резорбируются [9]. Увеличение смертности зооидов и частичное повреждение колоний также способствуют поступлению РОВ в окружающую среду.

Массовое развитие популяции мидий в сообществе так же, как и гидроидов, по-разному влияет на содержание РОВ в морской воде. Период интенсивного роста моллюсков (ноябрь — февраль) совпадает с активным потреблением РОВ из морской воды (рис. 3). При этом значительно уменьшается численность гетеротрофных бактерий (рис. 2), которые используются моллюсками в качестве пищи [12]. Поглощение РОВ у двустворчатых моллюсков происходит главным образом через жабры [13]. У остальных морских беспозвоночных поглощение РОВ происходит через эпидермальные поверхности против градиента концентраций. Этот процесс осуществляется двумя путями: активным — с лимитированной скоростью, и пассивным — путем истинной диффузии. В период полового созревания и вымета гамет мидиями (с марта 1985 г.) сообщество выделяет растворенную органику, что создает благоприятные условия для развития и увеличения численности гетеротрофов.

При анализе данных о содержании РОВ в морской воде, его сезонных колебаниях и флуктуациях РОВ, вызванных жизнедеятельностью организмов сообщества обрастаний на разных стадиях его формирования, появилась необходимость сопоставить эти результаты с результатами флуктуации численности сопутствующих гетеротрофных бактерий, которые считаются основными потребителями РОВ [11] и являются наиболее активными (биохимически) организмами [7]. Кривые сезонной динамики РОВ и количества морских гетеротрофных бактерий сходны (рис. 2, 3). Между этими показателями существует определенная корреляционная зависимость (табл. 2).

В морской воде (без макрообрастателей) количество гетеротрофов отрицательно коррелирует с содержанием РОВ — при высокой численности бактерий наблюдается минимальное количество растворенной органики. Коэффициенты корреляции для разных групп веществ находятся в пределах — 0,27—0,39. После 2-часовой экспозиции пластин с сообществом численность сопутствующих гетеротрофов уже находится в прямой зависимости от количества РОВ в среде, но она статистически недостоверна. Через 20 ч зависимость значительно возрастает и остается положительной ($r=0,7-0,8$), т. е. с увеличением содержания РОВ в морской воде численность микрогетеротрофов возрастает. Концентрация органических компонентов, выделяемых макроорганизмами, настолько велика, что она оказывается достаточной для вспышки микроорганизмов — потребителей РОВ. Таким образом, конечная концентрация РОВ в морской воде является результирующей величиной меж-

Таблица 2. Корреляционные зависимости (r) между численностью гетеротрофных бактерий и уровнем метаболитов в среде с биоценозом обрастаний на разных стадиях его сукцессии (1984—1985 гг., $n=16-19$), определяемые при различной длине волны

Длина волны, нм	Морская вода (контроль)	Экспозиция	
		2 ч	20 ч
280	—0,39	0,09	0,72
260	—0,27	0,31	0,80
240	—0,33	0,02	0,70

Примечание. $r_{\min} 0,49-0,62$ при $P=0,05-0,01$

ду выделением и потреблением. Экспозиция в течение 2 ч оказывается еще недостаточной для проявления этого эффекта (корреляция статистически недостоверна). Четкой количественной зависимости между биомассой макрообрастателей и содержанием РОВ в окружающей их среде получить не удалось. В этом случае, вероятно, проявляются более сложные опосредованные связи, которые показывают, что зависимость между биомассой или количеством организмов и метаболическими функциями далека от линейной и даже бывает обратной. Полученная статистически достоверная корреляционная связь между численностью микроорганизмов и содержанием РОВ объясняется скорее всего природой метаболитов, составляющих его значительную часть. Известно, что бактериальные клетки состоят в основном из молекул белка и нуклеиновых кислот, определяемых спектрофотометрически в области поглощения 260 и 280 нм.

Выводы. 1. Сообщество обрастаний, сформировавшееся на стеклянных пластинах в Севастопольской бухте за 20 мес, проходит в своем развитии 4 последовательно сменяющиеся стадии, продолжительность которых определяется доминированием сначала микроорганизмов (1 мес), а затем популяции гидроида *O. loveni* (3 мес), колониальной асцидии *B. schlosseri* (3 мес) и двусторчатого моллюска *M. galloprovincialis* (12 мес).

2. В развитии каждой стадии выделяется 3 фазы, определяющиеся физиологическим состоянием доминантной популяции: молодое сообщество, зрелое и деградирующее.

3. Численность сопутствующих макрообрастанию гетеротрофных бактерий коррелирует с динамикой РОВ в среде с сообществом. Степень корреляции возрастает в условиях гипоксии до 0,7—0,8.

4. Сообщество обрастаний на разных стадиях развития способно и выделять и поглощать РОВ. Значительное увеличение РОВ в среде с сообществом наблюдается на стадии доминирования ботриллюсов (июль — август) и мидий в период размножения (апрель — май).

1. Айзенштадт Т. Б., Полтева Д. Г. Функциональная роль гидроризы в период полового размножения у морских гидроидных полипов рода *Obelia*. Ультраструктурное исследование // Онтогенез. — 1986. — 17, № 1. — С. 20—26.
2. Брайко В. Д. Обрастание в Черном море. — Киев: Наук. думка, 1985. — 123 с.
3. Галкина В. Н. Метаболиты мидий *Mytilus edulis* в составе растворенного органического вещества морской воды // Океанология. — 1982. — 22, вып. 1. — С. 125—130.
4. Зеликман Э. А. Нейтрофические регуляторные взаимоотношения у морских беспозвоночных // Биология океана. — М.: Наука, 1977. — Ч. 2. — С. 23—33.
5. Обрастание в Мировом океане / Под ред. Л. П. Познанина, И. В. Старостина. — М., 1976. — 120 с. — (Итоги науки и техники / ВИНТИ. Сер. Зоология беспозвоночных; Т. 4).
6. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. — Минск: Изд-во Высшейш. шк., 1967. — 328 с.
7. Хайлов К. М. Экологический метаболизм в море. — Киев: Наук. думка, 1977. — 252 с.
8. Brunetti Riccardo, Marin M. Gabriella, Bressan Monica. Combined effects of temperature and salinity on sexual reproduction and colonial growth of *Botryllus schlosseri* (Tunicata) // Boll. zool. — 1984. — 51, N 3/4. — P. 405—411.
9. Burighel P., Schiavina A. Degenerative regression of the digestive tract in the colonial ascidian *Botryllus schlosseri* (Pallas) // Cell and Tissue Res. — 1984. — 235, N 2. — P. 309—318.
10. Haynes J. F. Feeding and digestion // Biology of Hydra / Ed. by A. L. Burnett. — London, 1973. — P. 43—56.
11. Monahan D. T., Crisp D. The role of dissolved organic material in the nutrition of pelagic larvae: amino acid uptake by bivalve veligers // Amer. Zool. — 1982. — 22, N 3. — P. 635—646.
12. McHenry J. G., Birkbeck T. N. Uptake and processing of cultured microorganisms by bivalves // J. Exp. Mar. Biol. and Ecol. — 1985. — 90, N 2. — P. 145—163.
13. Stewart Michael G. Permeability and epidermal transport // Biol. Integument. — 1984. — 1. — P. 486—501.

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

Получено 24.03.87

V. A. TAMOZHNYAYA, S. A. GOROMOSOVA,
A. Z. SHAPIRO, Yu. L. KOVALCHUK, O. A. SHAKHMATOVA

**METABOLISM OF A FOULING COMMUNITY. COMMUNICATION 1.
DYNAMICS OF SPECIES COMPOSITION, BIOMASS,
MICROHETEROTROPHS AND POB IN THE MEDIUM WITH A COMMUNITY
AT DIFFERENT STAGES OF ITS FORMATION**

Summary

Dynamics of the fouling community formation was observed in the Sevastopol bay of the Black Sea during 20 months. The evolution of the community proceeds through three successively following stages whose duration is specified by domination of microorganisms first and then by that of the *Obelia loveni* hydroid population, colonial *Botryllus schlosseri* Ascidia and bivalved *Mytilus galloprovincialis* mollusk. Each stage is featured by three phases in its development — young, mature and degenerating communities with different metabolic characteristics. The numbers of heterotrophic bacteria in the medium with the community reduce for the first 2 hours of exposition and continue decreasing during a day, except for the summer period (VI—IX) when botrilli are predominant and for spring (IV—V) — a period of the mussel reproduction. Maxima of heterotroph numbers coincide with POB maxima, the correlation degree increasing with hypoxia ($r=0.7-0.8$).