

00
22 FEB 1993

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

На правах рукописи

ХАЛАМАН

Вячеслав Вячеславович

УДК 577.486:594.124:639.42(268.42)

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ СООБЩЕСТВА
ОБРАСТАНИЯ НА ИСКУССТВЕННЫХ СУБСТРАТАХ
ПРИ ПРОМЫШЛЕННОМ ВЫРАЩИВАНИИ МИДИИ
СЪЕДОБНОЙ (*MYTILUS EDULIS* L.) В БЕЛОМ МОРЕ**

Специальность: 03.00.18 — Гидробиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

1993

Работа выполнена на Беломорской биологической станции Зоологического института РАН.

Научные руководители: доктор биологических наук, профессор В. Я. Бергер; кандидат биологических наук Э. Е. Кулаковский.

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор Л. Н. Серавин; кандидат биологических наук Б. И. Сиренко.

Ведущее учреждение: Институт океанологии РАН им. П. П. Ширшова.

Защита состоится «10» марта 1993 г. в 14 часов на заседании Специализированного совета Д 002.63.01 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук при Зоологическом институте РАН по адресу: Санкт-Петербург, Университетская наб., 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЗИН РАН.

Автореферат разослан «8» февраля 1993 г.

Ученый секретарь
Специализированного совета,
кандидат биологических наук



Т. Г. Лукина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность проблемы. В последнее время в Белом море ведутся интенсивные работы по выращиванию подвесным способом двустворчатого моллюска - мидии. Они уже вышли из стадии экспериментальных и приняли промышленные масштабы (Житний и др., 1984; Кулаковский, 1987). Получена и реализована первая продукция. Тем не менее в отечественной литературе до сих пор отсутствует детальный анализ развития мидиевого сообщества обрастания тем более на больших площадях какие занимают марихозяйства. Вместе с тем такие исследования необходимы для эффективного контроля и прогнозирования развития мидиевого сообщества обрастания в целях марикультуры. С теоретической точки зрения данная работа представляет интерес как пример развития сообщества, в котором присутствует вид, являющийся ярко выраженным доминантом и эдификатором среды.

Цель и задачи исследования. Целью настоящей работы было исследование развития мидиевого сообщества обрастания на искусственных субстратах в процессе выращивания мидии съедобной (*Mytilus edulis* L.).

В задачи работы входило:

- установление видового состава мидиевого обрастания,
- установление структуры сообщества ассоциированных с мидией организмов и ее закономерных изменений в ходе развития обрастания,
- выяснение динамики обилия основных субдоминантов данного сообщества,
- анализ однородности сообщества в пределах одного хозяйства.

Научная новизна работы состоит в том, что впервые для Белого моря было исследовано развитие сообщества обрастания, формирующегося на искусственных субстратах хозяйств по выращиванию мидий. Обрастание при этом было исследовано на значительных площадях этих хозяйств, сравнимых с размерами естественных бентосных сообществ, тогда как большинство работ, касающихся развития обрастания, проводятся на весьма небольших экспериментальных поверхностях.

Впервые детально изучено становление собственно мидиевого сообщества обрастания, проанализирована его видовая структура.

Получены данные по динамике обилия, пространственному распределению и росту для основных субдоминантов этого сообщества.

Апробация работы. Материалы диссертации были доложены на III, IV и V региональных конференциях по проблемам изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря (Кандалакша, 1987 г., Архангельск, 1990 г., Петрозаводск, 1992 г.), на Международном симпозиуме по современным проблемам марикультуры в социалистических странах (Анапа, 1989 г.), на 2 Всесоюзном совещании по полихетам (Ленинград, 1991), на VIII Всесоюзном совещании по изучению моллюсков (Ленинград, 1987), на отчетных сессиях Зоологического института РАН и на семинарах Беломорской биологической станции (1986-1992 гг.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 9 работ и одна находится в печати.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 199 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения, выводов и списка литературы. Работа иллюстрирована 43 рисунками и 18 таблицами. Список использованной литературы включает 178 наименований, из которых 69 - иностранных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Глава 1. Материал и методика исследования.

Работа выполнена в 1983 - 1991 гг. на Беломорской биологической станции Зоологического института РАН (губа Чупа, Кандалакшский залив).

Материалом для исследования послужили сборы с искусственных субстратов опытно-промышленного хозяйства по выращиванию мидий и с экспериментальных плотов-коллекторов, располагавшихся в проливе Кривозерской бухты вблизи биостанции, а также с промышленных хозяйств, находившихся в Обориной салме и в бухте у Иванов-наволока губы Чупа Кандалакшского залива.

Искусственные субстраты представляли собой ленты капроновой дели шириной около 20 см и длиной 3 м. Субстраты были ориентированы вертикально в верхнем трехметровом слое воды и не имели контакта с грунтом.

Опытно-промышленное хозяйство было установлено в июле 1983 г., а первые пробы собраны осенью 1984 г. В четырех точ-

ках хозяйства (рис. 1) было извлечено по субстрату, которые разрезались на десятисантиметровые фрагменты. Один такой фрагмент считался отдельной пробой. В каждой точке было получено по 24-25 проб в зависимости от длины субстрата, всего 99 за съемку. В 1985 - 1987 гг. схема сбора проб была видоизменена. На 9 станциях (рис. 1) извлекалось по субстрату. У каждого из них на уровнях, соответствующих глубинам 0.5, 1.5 и 2.5 м, вырезалось по участку длиной 10 см. В итоге на одну станцию приходилось 3 пробы (27 - на все хозяйство). Сбор проб также производился осенью.

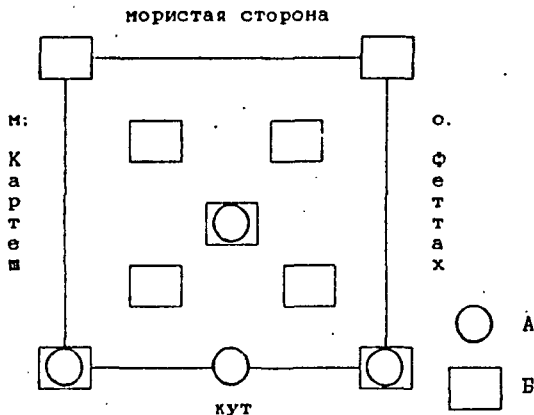


Рис. 1. Схема расположения мест взятия проб на опытно-промышленном хозяйстве в 1984 г. - А и в 1985 - 1987 гг. - Б.

В Обориной сальме хозяйство было установлено летом 1988 г. В сентябре 1989 и 1990 гг. здесь было собрано по 15 проб на пяти станциях, располагавшихся через равные промежутки на одной из диагоналей, пересекающих хозяйство. Размер проб и глубины, с которых они были собраны, такие же как и в предыдущем случае. В июне 1988 г. на хозяйстве у Иванова-наволока было собрано 6 проб мидиевого обитания с 2-х искусственных субстратов, имевших к этому времени срок экспозиции 4 года.

В работе использованы также данные дополнительных съемок, проведенных весной 1986 - 1988 гг. и поздней осенью 1987 г. на опытно-промышленном хозяйстве (по 9 - 16 проб) и результаты

исследования годовалого (6 проб) и трехмесячного (3 пробы) об-
растания искусственных субстратов экспериментальных плотов-ко-
ллекторов, располагавшихся в проливе Кривозерской бухты. В об-
щей сложности автором было собрано и обработано 278 проб.

Все пробы обрабатывались стандартным образом. Устанавли-
валась видовая принадлежность обнаруженных животных и растений.
Животные измерялись с помощью окуляриксиметра и после стандар-
тной обсушки на фильтровальной бумаге взвешивались на торсион-
ных весах ВТ-500 (с точностью до 1 мкг) или на аналитических
весах ВЛКТ-500 (с точностью до 10 мкг) в зависимости от раз-
меров объекта. Седентарные полихеты взвешивались без домиков.
У двустворчатых моллюсков измерялась длина раковины (нидии не
измерялись); у бродячих полихет - ширина 7-8-го четинконосного
сегментов без параподий. Для обездвиживания вагильных форм пе-
ред измерением их на 1-1.5 минуты помещали в 70 % раствор эти-
лового спирта.

Поскольку лента капроновой дели по мере ее заселения мак-
роорганизмами сворачивается в жгут диаметром 16-18 мм, расчет
плотности поселения и биомассы животных произведен не на пло-
щадь дели, а на 1 погонный метр субстрата.

В ноябре 1987 г. во время рейсов в губы Падан и Кивиканда
Кандалакшского залива были проведены наблюдения за миграциями
полихеты *Nereis virens*. Пойманные экземпляры фиксировались
жидкостью Буэна и подвергались дальнейшей гистологической об-
работке для выяснения состояния овоцитов у этих животных.
После обезжизивания и заливки в парафин были сделаны микротом-
ные срезы толщиной 5-7 мкм, которые потом окрашивались желез-
ным гематоксилином по Гейденгайну.

Для обработки полученных данных были использованы методы
линейной статистики, одно- и многофакторный дисперсионный,
кластерный, а также факторный анализ по методу главных компо-
нент. Кластеризация проводилась по методу взвешенного среднего.
В факторном анализе была использована R-техника. Исходные дан-
ные для факторного анализа по методу главных компонент были
нормализованы путем их логарифмирования $\lg(x+1)$ и редуцированы
за счет редких и случайных видов.

Сходство сравниваемых сообществ обрастания по качествен-
ным данным определяли с помощью индекса Сьеренсена, а по коли-
чественным - Чекановского-Сьеренсена (Песенко, 1982). Для ана-

лиза видовой структуры обрастания использован информационный индекс Шеннона-Уивера (Песенко, 1982).

Отдельные размерно-возрастные группы животных были выделены с помощью метода вероятностной бумаги Дж. П. Хардинга (Harding, 1949; Максимович, Погребов, 1986).

Вычисления производились на ЭВМ БЭСМ-6 по оригинальным программам и программам, любезно предоставленным А. Л. Лобановым, а также на ЭВМ СМ-1420 и персональных компьютерах ДВК-3 и IBM PC-XT. Использовался также микрокалькулятор "Электроника" МК-61.

Глава 2. Описание исследуемого обрастания.

Классическая схема развития обрастания на твердых гладких поверхностях состоит из трех последовательных стадий: 1 - образования микроперифитонной пленки, 2 - сообществ, так называемых, быстрорастущих организмов (баланусы, гидроиды, водоросли и др.), 3 - климаксного сообщества двустворчатых моллюсков (Sheer, 1945). Она была подтверждена и для Белого моря (Ошурков, 1985). Однако особенности биотехнологии выращивания мидий накладывают свой отпечаток на развитие обрастания. Это выражается в выпадении стадии быстрорастущих организмов. Подобное явление при обрастании фала ранее уже отмечалось в Черном море (Брайко, 1974). Трехстадийная схема развития обрастания была установлена для гладких твердых поверхностей, мало пригодных для прямого оседания личинок мидий. Своим существованием организмы предыдущей стадии подготавливали для них субстрат и потому являлись необходимым звеном сукцессии. Канат или капроновая дель имеют нитчатую структуру, подходящую для непосредственного оседания мидий. Вследствие этого стадия быстрорастущих организмов выпадает "за ненадобностью". Гидроиды и нитчатые водоросли поселяются на дели и могут формировать первичное обрастание, но оно не успевает развиться, поскольку согласно биотехнологии (Кулаковский, 1987) субстраты выставляют только за неделю до массового оседания личинок мидий. Уже после трех месяцев экспозиции субстратов в море на долю мидий приходится 99.64% от биомассы всего обрастания. Индекс видового разнообразия сообщества при этом составляет около 0.1 бита. Обрастание искусственных субстратов опытно-промышленного хозяйства на

протяжении всего времени аблюдений характеризовалось такими же низкими значениями этого показателя. Видовое разнообразие сообщества, формирующегося на асбоцементных пластинках, падало до столь невысокого уровня только на второй - третий год экспозиции пластин в море (Ошурков, 1985), поскольку лишь к этому времени мидии полностью вытесняли организмы, образующие вторую стадию сукцессии. Сопоставление динамик индекса видового разнообразия подтверждает первичность мидиевого обрастания на искусственных субстратах марихозяйств.

В рассматриваемом обрастании мидия образует консорцию, в которой является видон-эпификатором, а такие характеристики мидиевого поселения как его плотность, биомасса, средние размеры моллюсков по отношению к консортам есть ни что иное как параметры биотопа. Естественно, что они меняются по мере роста мидий. В Обориной салме по сравнению с опытно-промышленным хозяйством мидии росли гораздо интенсивнее, а на Иваново-наволоке отличались тугорослостью. Несмотря на 4-х летний срок экспозиции субстратов, биомасса мидий у Иванова-наволока соответствовала 2-х летнему обрастанию на опытно-промышленном хозяйстве (табл. 1).

Таблица 1..

Основные характеристики мидиевых поселений на искусственных субстратах разного срока экспозиции для исследованных марихозяйств.

Место, время, продолжительность экспозиции, год.	плотность поселения мидий, экз/м	биомасса мидий, г/м	средний вес мидий, г	биомасса обрастания без мидий, г/м
пролив 1984 1+	11460±526	1439±520	0.125	13.0±0.82
1985 2+	4050±255	3299±812	0.814	37.5±2.61
1986 3+	2240±127	6234±1257	2.787	48.6±4.02
1987 4+	1200±80	4634±962	3.860	69.6±7.31
Оборина салма 1989 1+	1791±205	1922±204	0.787	6.9±1.48
1990 2+	931±104	4258±379	4.572	17.1±3.51
Иванов-наволоок 1988 4	1690±173	3520±342	2.082	11.3±5.25

Для опытно-промшленного хозяйства был характерен неодионаковий по интенсивности рост мидий в разных участках хозяйства, что, видимо, было вызвано нарушением возобновления в нем его постановки (Кулаковский и др., 1988). Мидии, находившиеся на периферии хозяйства, а, следовательно, в лучших гидрологических условиях, росли быстрее, чем их сородичи в центре. Эти различия были наиболее значительны в 1985 и 1987 гг., когда количество водм, проходящее за полугодичный приливной цикл через створ, пересекающий пролив, снизилось с 1,1 миллионна кубометра в 1979 г. до 450 тыс. м³ в 1985 г. и 400 тыс. м³ в 1987 г. В 1986 г. распределение показателя обилия мидий по хозяйству было более или менее равномерныи, поскольку разрыдка хозяйства (одна его треть осенью 1985 г. была переведена в соседний бухту) позволила повисить до 570 тыс. м³ водообмен в проливе Кривозерской бухты (Бабков, Кулаковский, 1988). В 1987 г. произошло значительно сокращение биомассы и плотности поселения мидий на опытно-промшленном хозяйстве из-за осыпания сильно разросшихся к этому времени мидиевых друз. Общая биомасса обрастания без учета мидий не имела спада и увеличивалась из года в год (табл. 1).

В обрастании искусственных субстратов марихозяйств по выращиванию мидий в общей сложности обнаружено 43 вида животных и растений. На опытно-промшленном хозяйстве за одну съемку регистрировалось от 19 до 24 видов. Более информативной характеристикой, чем общее число найденных видов, является их количество, приходящееся на определенную площадь (одну пробу). Для опытно-промшленного хозяйства этот показатель оказался наибольшим у сообществ обрастания 1984 и 1987 гг. Отсюда видно, что постулируемое В. Д. Браiko (1985) и отмечаемое некоторыми авторами (Schosener, 1974; Dean, Connell, 1987) монотонное увеличение числа видов по мере развития обрастания здесь отсутствовало. Не менее интересен тот факт, что господствовало и двухлетнее обрастание из Обориной салны по видовому обилию были сходны с четырехлетним с опытно-промшленного хозяйства, тогда как четырехлетнее обрастание из Иванова-наволока по тону же показателю не превышало и двухлетнее (табл. 2).

Поля собственно прикрепленных организмов (по классификации О. Г. Резниченко с соавторами (1981)) в видовом составе исследуемых сообществ колебалась от 25% до 38%. Основную часть

Таблица 2.

Количество видов, встречающихся в мидиевом сообществе обрастания на исследованных марихозяйствах при разных сроках экспозиции искусственных субстратов.

место и дата съемки; время экспозиции, год	общее число видов	число видов на 1 пробу
пролив		
1984 1+	20	7.6±0.14
1985 2+	19	5.9±0.24
1986 3+	19	5.8±0.25
1987 4+	24	8.0±0.46
Оборина салма		
1989 1+	27	8.9±0.58
1990 2+	23	8.4±0.61
Иванов-наволоок		
1988 4	10	4.5±0.85

видового богатства составляли подвижные формы - от 41% до 46%. Наиболее многочисленным таксоном оказались полихеты. На них приходилось до 45% всего видового состава.

Обрастание на хозяйствах по выращиванию мидий в Белом море образовано бореальными и бореально-арктическими видами. Доля последних в видовом составе со временем увеличивается. На опытно-промышленном хозяйстве в 1984 г. она составляла только 36.8%, в 1985 г. - 47.4%, в 1986 г. - 57.9%, а в 1987 г. уже - 62.5%. Такая же тенденция наблюдается и в обрастании из Оборинской салмы: 46.0% - в 1989 г. и 56.5% - в 1990 г.

Основными трофическими группировками в рассматриваемом обрастании являются хищники-трупоеды и фильтраторы. На долю первой приходится от 37.8% до 86.8%, второй от 9.54% до 56.1% биомассы всего сообщества без учета мидий. Доминирование именно этих групп закономерно, поскольку в них входят основные субдоминанты данного обрастания: эррантные полихеты *Nereis pelagica* и *Parmathoe imbricata* и моллюск-фильтратор *Niabella arctica*. На долю планктонофагов, представленных практически только *Obelia longissima*, приходится до 12.3%. Собиратели-детритофаги - весьма обычный компонент сообщества и образован полихетами сем. *Terebellidae*. Вес этой группы сильно колеблется от 0.35% до 24.07% от общей биомассы обрастания. Условия для гло-

тающих детритофагов на искусственных субстратах из-за отсутствия мощного слоя мягкого грунта непригодны, но за счет *Capitella capitata* они, тем не менее, могут давать до 1.9%. Вклад других пищевых группировок крайне невелик, либо отсутствует вовсе. Макрофиты также не имеют большого значения в данном обрастании, их доля не превышает 2.5%.

Большинство видов, найденных в обрастании искусственных субстратов исследованных хозяйств, являются одними из самых базальных представителей обрастания. Многие из них известны как обычные субдоминантные формы естественных мидиевых сообществ Белого моря. Безусловно, мидия, будучи доминантом, определяет количественный и качественный состав ассоциированной с ней фауны, но важную роль играет также характер самого искусственного субстрата. Свернутая лента капроновой дели напоминает по своей фактуре ризоиды ламинарии или заросли литотамнии. Поэтому неудивительно, что здесь вполне обычные виды, характерные для сообществ этих водорослей, такие как *Nereis pelagica*.

Если под ярусом понимать пространственное положение организма, входящего в состав обрастания, относительно искусственного субстрата, на котором это обрастание развивается, то в изучаемом сообществе можно выделить три яруса. Первый составляют животные, обитающие под слоем мидий в толще самого искусственного субстрата, свернувшегося наподобие жгута. Наиболее типичные его представители - полихеты сем. *Terebellidae* и *Capitella capitata*. Второй представлен организмами, прикрепленными непосредственно к внешней поверхности свернувшейся сетки. Это прежде всего сама мидия, а так же *Hiatella arctica* и *Styela rustica*. Третий ярус образуют эпibiонты мидий, не имеющие непосредственного контакта с искусственным субстратом: *Balanus crenatus*, *Obelia longissima*, *Heteranomia squamula* и др. Створки мидий начинают интенсивно обрастать только на четвертый-пятый год существования сообщества. Таким образом, в процессе развития обрастания формируется и его пространственная структура. Естественно, что ряд животных, особенно эррантные полихеты, не обитают исключительно в каком-то одном ярусе, но тем не менее приуроченность различных организмов к какому-либо одному, реже - к двум ярусам обрастания имеет место.

Глава 3. Динамика основных субдоминантов мидиевого сообщества обрастания.

Hiatella arctica - весьма банальный вид в сообществах обрастания. На искусственных субстратах исследованных хозяйств его биомасса достигала 37.6 ± 5.65 г/м, плотность поселения - 536 ± 95 экз/м, а доля в общей биомассе обрастания без учета мидий составляла от 9.3 до 52.7%. Основным конкурентом *H. arctica* как за пищу, так и за субстрат в рассматриваемом сообществе является мидия. Когда в 1985 и 1987 гг. на опытно-промышленном хозяйстве в центральной его части мидии росли хуже, чем на периферии, биомасса, плотность поселения и средние размеры *H. arctica*, напротив, были выше, чем на краевых участках. Вызвано это было, видимо, ослаблением пресса вида-доминанта в центре хозяйства по сравнению с периферией. В 1986 г. вместе с выравниванием распределения по хозяйству показателей обилия *Mytilus edulis* несколько выранилось и распределение *Hiatella arctica*. Судя по полученным размерно-частотным гистограммам, основное заселение искусственных субстратов опытно-промышленного хозяйства *H. arctica* происходило в 1983-1984 гг. Далее пополнение шло менее интенсивно. Только в 1987 г. появляется четко выраженная вторая размерная группа, тогда как основной модальный класс резко сокращает свою численность. Очевидно, что в 1987 г. началось вторичное заселение хиателлой искусственных субстратов при элиминации старших возрастных групп, аналогично тому, как это описано для мидий естественных поселений в Белом море (Луканин и др., 1986). Наиболее реальны две причины элиминации моллюсков: массовая гибель хиателл после достижения генерацией 1983 г. предельного для этого вида возраста - 4 года (Матвеева, Максимович, 1977), либо осыпание большей части особей вместе с отвалившимися в 1987 г. мидиевыми друзьями. Второе объяснение представляется менее вероятным, поскольку большинство хиателл обитают под шубой мидий и вряд ли могли быть увлечены на дно отвалившимися дистальными участками мидиевых друзей. Если сдвиг основного модального класса на размерно-частотных гистограммах отражает групповой рост хиателл, то он лучше всего аппроксимируется уравнением вида:

$$L = \exp(a + bT),$$

где L - длина раковины, мм; T - время в годах (за точку отс-

чета возраста моллюсков условно принято 1 августа), а и б - коэффициенты. $a=0.78\pm0.058$, $b=0.29\pm0.021$. Коэффициент корреляции для данной зависимости равен $+0.988$. Темп роста *N. arctica* на искусственных субстратах, видимо, из-за сильной конкуренции со стороны мидии, оказывается ниже, чем в естественных условиях (Матвеева, Максимович, 1977). В Обориной салме *N. arctica* была крупнее, чем на опытно-промышленном хозяйстве, но на второй год экспозиции субстратов рост хиателл все же был подавлен, судя по неизменившимся средним размерам *N. arctica*, 5.9 ± 0.40 - в 1989 г., 6.3 ± 0.46 - в 1990 г. и размерно-частотной структуре ее поселения.

Nereis pelagica - один из самых обычных видов, встречающихся в мидиевом обрастании. На искусственных субстратах исследованных марихозяйств его биомасса достигала 25.5 ± 2.66 г/м, плотность поселения - 132 ± 15 экз./м, а доля в общей биомассе обрастания колебалась от 8.39% до 83.0%. *N. pelagica*, пожалуй, лучше других организмов, встреченных в исследованном обрастании, приспособлен к жестким условиям существования в плотных мидиевых четках. В 1985 г. на опытно-промышленном хозяйстве его биомасса, в отличие от *Hiatella arctica*, была максимальна на тех же точках, на которых мидия имела наибольшие показатели обилия, на периферии. Коэффициент корреляции биомасс этих видов составлял $+0.69$. Достигнув на второй год 25 г/м, биомасса *Nereis pelagica* на искусственных субстратах опытно-промышленного хозяйства в последующие годы оставалась неизменной, а плотность поселения начала падать. В размерно-частотной структуре поселения этой полихеты к 1987 г. стали преобладать крупные особи. Заселение субстратов молодью *N. pelagica* шло достаточно интенсивно только в первые 2-3 года, а затем практически прекратилось. Все это - либо следствие стабилизации и саморегуляции поселения нерейсов, либо результат выедания молоди данного вида хищной полихетой *Narmathoe imbricata* (Стрельцов, 1966), в большом количестве появившейся здесь к 1987 г. В Обориной салме, где *N. imbricata* было особенно много с самого первого года экспозиции субстратов, плотность поселения и биомасса *Nereis pelagica* были в 2-5 раз ниже, чем на опытно-промышленном хозяйстве. Если на полученных размерно-частотных гистограммах каждый выделенный класс считать за возрастную группу, то из них следует, что на искусственных субстратах марихо-

заяств в Белом море *N. pelagica* живут 3-4 года. На субстратах разного срока экспозиции нередко крупные особи, объяснить происхождение которых можно только тем, что они уже во взрослом состоянии приплыли из окружающих биотопов. На основе размерно-частотных гистограмм построен график роста *N. pelagica*. Его, как и для *Hiatella arctica*, не удалось аппроксимировать уравнением Форда-Уолфорда. Наилучшим образом он описывается экспоненциальной зависимостью вида:

$$L = \exp(a + bT),$$

где L - ширина тела без пароподий, мм, T - время в годах, а и b - коэффициенты. $a = -0.57 \pm 0.111$, $b = 0.67 \pm 0.052$, Коэффициент корреляции для данной зависимости $r = +0.94$.

Harmathoe imbricata - постоянный компонент исследуемого обрастания. Его биомасса и плотность поселения не так высоки как у двух предыдущих видов, но все же достигают 2.73 ± 0.47 г/и и 81 ± 14 экз./м. В общей биомассе обрастания без учета мидий доля *H. imbricata* составляет от 3.3% до 22.2%. В распределении этого вида на опытно-промышленном хозяйстве найти какую-либо закономерность не удалось. Заселение искусственных субстратов марихозяйств в первый год их экспозиции происходит, по-видимому, преимущественно взрослыми особями *H. imbricata*. Размерно-частотные структуры поселений этого вида на субстратах годовой экспозиции либо бимодальны, либо имеют четко выраженную отрицательную асимметрию. Уже после 4-х месяцев экспозиции субстратов в обрастании можно обнаружить *H. imbricata* длиной 16 мм и даже более. В дальнейшем поселение этого вида каждый год имеет стабильное пополнение молодью. В Обориной салие заселение молодью в первые два года шло интенсивнее, чем на опытно-промышленном хозяйстве. На опытно-промышленном хозяйстве биомасса и плотность поселения *H. imbricata*, достигнув после трех лет экспозиции субстратов определенного уровня, больше не менялись. Как и в случае с *Nereis pelagica*, видимо, произошло насыщение сообщества этим видом. Судя по полученным гистограммам, на искусственных субстратах марихозяйств *Harmathoe imbricata* живут не менее 3-х лет, а их рост наилучшим образом аппроксимируется экспоненциальной функцией вида:

$$L = \exp(a + bT),$$

где L - ширина тела без пароподий в районе 7 - 8-го щетинкононого сегмента, мм; T - время в годах (за точку отсчета ус-

ловно выбрано 1 августа); а и b - коэффициенты. $a = -0.25 \pm 0.047$, $b = 0.65 \pm 0.031$. Скорость роста *N. lubricata* на искусственных субстратах для выращивания мидий в Белом море оказалась меньше известной для этого вида из Баренцева моря (Стрельцов, 1966).

Nereis virens не является типичным компонентом сообществ обрастания. Автору не удалось найти в литературе каких-либо сведений о том, чтобы этот вид встречался в обрастании. Тем не менее на искусственных субстратах опытно-промышленного хозяйства в 1984 г. биомасса этого вида составляла 3.04 ± 0.43 г/м, а плотность поселения - 12 ± 2 экз./м. В основном *N. virens* был сконцентрирован на периферических участках хозяйства. Промеры попавших в пробки особей этого вида показали, что на искусственных субстратах поселение *N. virens* представлено двумя размерными группами и, судя по литературным данным (Шклярович, 1985; Чивилев, 1988), вырасти до размеров, в особенности, соответствующих второй группе, за один год эти полихеты не могли. Следовательно они должны были приплыть на хозяйство уже во взрослом состоянии. Скорее всего это произошло в ноябре 1983 г. во время осенних нерестовых миграций *N. virens*. Такие миграции, известные для атлантического побережья Северной Америки (Dean, 1978), были обнаружены нами и в Белом море (Бергер и др., 1992). В Белом море они происходят при отрицательных температурах воды, в темное время суток. Нереисы плывут на небольшой глубине (0.5-1.0 м) в направлении от берега. Все животные имеют оранжево-красную окраску и отличаются небольшими размерами. Гистологическое исследование, проведенное нами, показало, что особи, участвующие в этих миграциях, являются неполовозрелыми.

Находка *N. virens* на искусственных субстратах опытно-промышленного хозяйства в 1984 г. - факт уникальный и свидетельствует о том, что, во-первых, в молодом, неустоявшемся сообществе обрастания могут присутствовать в большом количестве виды, нехарактерные для данного биотопа, и во-вторых, что взрослые эррантные полихеты могут заселять искусственные субстраты, подвешенные в толще воды и не имеющие контакта с грунтом.

Глава 4. Сукцессия мидиевого сообщества обрастания.

Информационный индекс Шеннона-Уивера является одним из наиболее часто употребляемых и менее других чувствителен к объему

проб (Песенко, 1982). Значения этого индекса, вычисленное с учетом мидий, для сообществ обрастания искусственных субстратов крайне низко и фактически не изменяется во времени. Мидия на два порядка превосходит по биомассе все остальное макронаселение субстратов вместе взятое и тем самым маскирует все изменения, происходящие в сообществе. Тот же индекс, определенный без учета мидий имеет совершенно иную динамику. В 1984 г. для сообщества обрастания, развивающегося на опытно-промышленном хозяйстве он был равен 3.04 ± 0.03 бита на 1 мкг, далее резко падал и в 1985 г. составлял 1.29 ± 0.02 бит. Затем наблюдалось постепенное повышение до 1.41 ± 0.02 бита в 1986 г. и 1.7 ± 0.02 в 1987 г. Динамика этого индекса определялась за исключением 1987 г. практически только изменением выравненности видов по обилию. Общее количество встреченных видов оставалось более или менее постоянным (табл. 2). Таким образом в развитии данного сообщества можно выделить три стадии: изначально высокого, пониженного и вторично повышающегося видового разнообразия. В 1985 и 1987 гг., когда уровень водообмена на опытно-промышленном хозяйстве снижался периферические и центральные участки хозяйства различались по величине видового разнообразия. В 1986 г. эта разница нивелировалась.

В Обороной сальме индекс Шеннона-Уивера для сообщества обрастания был достаточно высок как в первый, так и во второй год существования хозяйства: 0.04242 ± 0.00070 в 1989 г. и 0.0473 ± 0.00051 бита в 1990 г. Мидиевое обрастание 4-х летнего возраста из Иванова-наволока характеризовалось крайне низким значением этого индекса - 0.897 ± 0.053 бита.

С помощью метода главных компонент был проанализирован весь материал, собранный во время осенних съемок 1984-1987 гг. На рисунке 2 показано положение проб в плоскости первых двух компонент. Отчетливо по первой из них выделяются пробы 1984 г. Ее можно интерпретировать как направление сукцессии обрастания в первые два года его существования. Наибольшие факторные нагрузки на положительной половине этой компоненты имеют пробы, в которых биомасса *Nereis virens*, *Nereimyra punctata* и *Gammarus oceanicus* максимальна. Массовое присутствие в сообществе этих видов было отличительной чертой годовалого обрастания на опытно-промышленном хозяйстве. На отрицательной половине - пробы с преобладанием *Nereis pelagica* и *Hiatella arctica*, животными,

являвшимися основными субдоминантами в 1985-1987 гг. Протяженность облака, состоящего из точек, соответствующих пробам 1984 г., вдоль 1-й компоненты, отражает существенную неоднородность обрастания, которая имела место в этом году на опытно-промышленном хозяйстве.

Компонентный анализ в сообществе обрастания 1984 г. выделил две группы видов. Первую из них составляли виды наиболее характерные для мидиевого сообщества обрастания: *Hiatella arctica*, *Nereis pelagica*, *Neomphitrite figulus*. Они доминировали в центре хозяйства. Вторую образовали животные, которые если и встречаются в данном сообществе, то обычно в очень небольшом количестве. Это - *Nereimyra punctata*, *Gammarus oceanicus*, *Obelia longissima* и *Nereis virens*. На периферии хозяйства биомас-

са этой группы видов в два и более раз превосходила биомассу первой. Однако вторая группа оказалась весьма неустойчивой и уже в 1985 г. эти виды либо вовсе исчезли из состава сообщества, либо сильно снизили свое присутствие на субстратах.

Второе облако, находящееся в отличие от первого в отрицательной половине плоскости относительно 1-й компоненты, составляют пробы 1985 и 1986 гг. Оно несколько вытянуто вдоль 1-й компоненты, видимо, вследствие происшедшего увеличения биомассы таких видов, как

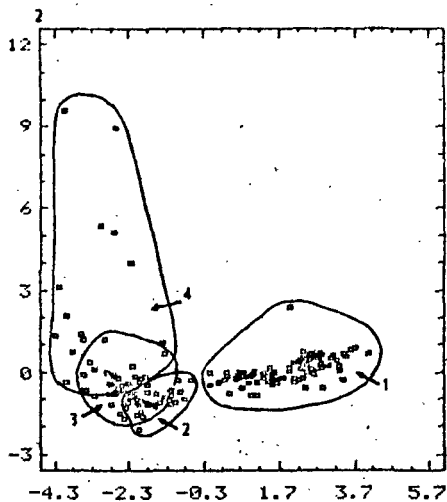


Рис. 2. Положение проб, собранных в 1984-1987 гг. на опытно-промышленном хозяйстве, в плоскости двух первых компонент. 1 - пробы 1984 г., 2 - 1986 г., 3 - 1985 г., 4 - 1987 г.

Hiatella arctica и *Nereis pelagica*.

Третье облако образуют пробы 1987 г. Оно немного сдвинуто

относительно второго по 1-й компоненте в отрицательную сторону из-за продолжающегося увеличения биомассы *Nitela arctica* и *Styela lustrata*, но главным образом третья обила вытануто вдоль второго компоненти. Это позволяет говорить о том, что следующее обростание на питом году своего существования развивается преимущественно в ином направлении, чем развивалось до этого. Максимальные факторные нагрузки по этой компоненте несут пробы, в которых наивысшим образом представлены виды, появившиеся в обростании только в 1987 г. (*Polysiphia medusa*), либо значительно увеличившие к этому времени свою биомассу (*Valoniopsis sternalis*), либо частично восстановившие ее после спада в 1985 г. (*Ovella longicirrata* и др.). Состав и Г-образная форма расположения обилков в плоскости первых двух компонент позволяют говорить о том, что в развитии изучаемого обростания имеют место два процесса, последовательно сменяющие друг друга: переход от раннего сообщества к сообществу среднего возраста и переход от сообщества среднего возраста к позднему. В пределах указанных процессов сообщество имело три крайних состояния, которые совпадают со стадиями развития обростания, выделенными на основе динамики видового разнообразия.

Для того, чтобы определить место сообщества обростания из Оборинной салмы и Иванова-наполка в данной схеме бы: использован кластерный анализ. Мерой сходства служил индекс Чекановского-Сьерсенсена, а в качестве обилия вида выступала его доля от суммарной биомассы обростания без учета мидий. Такой способ позволяет нивелировать влияние разной суммарной биомассы обростания на исследуемых хозяйствах. Результаты кластерного анализа (рис. 3) приводят к тем же выводам, которые можно сделать на основании значений индекса видового разнообразия: 4-х летнее сообщество обростания из Иванова-наполка оказалось аналогичным 2-х летнему обростанию с опытно-промышленного хозяйства и совпадает со стадией пониженного видового разнообразия; 2-х летнее из Оборинной салмы соответствует сообществам старших возрастов с опытно-промышленного хозяйства и стадиям вторично появившегося видового разнообразия, а исследованные годовые обростания классифицируются как стадия изначально высокого разнообразия. Несмотря на то, что между ними самими нет высокого формального сходства, они несомненно имеют много общих черт и составляют отдельную группу. От мидиальных сообществ более стар-

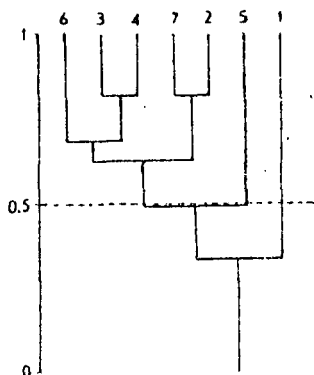


Рис. 3. Дендрограмма сходства сообществ обрастания. 1 - пролив 1984 г., 2 - то же 1985 г., 3 - то же 1986 г., 4 - то же 1987 г., 5 - Оборина салма 1989 г., 6 - Оборина салма 1990 г., 7 - Иванов-наволоок. Молодые сообщества обладают большой вариабельностью видового состава.

Помимо уже указанных двух процессов в развитии изучаемого сообщества обрастания существовал еще один, протекавший со времени постановки хозяйства в 1983 г. по 1984 г. Он заключался в интенсивном заселении искусственных субстратов всевозможными организмами, которое привело к разнообразному сообществу обрастания 1984 г. Однако гидробиологические сборы, касающиеся этого раннего периода развития обрастания кроме данных 1984 г., являющихся уже его результатом, отсутствуют.

В данной работе не удастся выделить какие-либо долговременные, статичные состояния сообщества обрастания. Поэтому в настоящей работе за стадии развития данного обрастания автор принимает отрезки времени, в течении которых изменения в структуре сообщества имели одну и ту же постоянную направленность. Вполне естественно, что в каждый такой промежуток времени сообщество обладает определенными, общими для этого периода особенностями.

шего возраста их отличают высокие значения индекса видового разнообразия и выравниваемости видов по обилию; отсутствие эпibiонтов на створках мидий; наличие видов полихет или несвойственных зрелому мидиевому сообществу обрастания или имеющих здесь необычно высокие плотности поселения и биомассы.

Ряд организмов встречается преимущественно в молдон мидиевом обрастании, такие как *Notoplana atomata*, *Lepidionotus squamatus*, *Molgula* sp. и др.

1 стадия. Она заключается в том, что искусственные субстраты в первый год экспозиции заселяются практически всеми животными, имеющими достаточное количество личинок в планктоне и способными оседать на данный субстрат, а так же, видимо, некоторыми вагильными формами полихет во взрослом состоянии. Мидия, несмотря на доминирование в сообществе, из-за своих еще небольших размеров не является эдификатором. Происходит заполнение свободных экологических ниш. Поэтому данная стадия характеризуется тем, что виды в сообществе представлены более или менее равным количеством особей. Конкурентные отношения между ними только складываются. Для этой стадии характерно высокое видовое разнообразие. Эту стадию в широком смысле будем называть стадией "заселения".

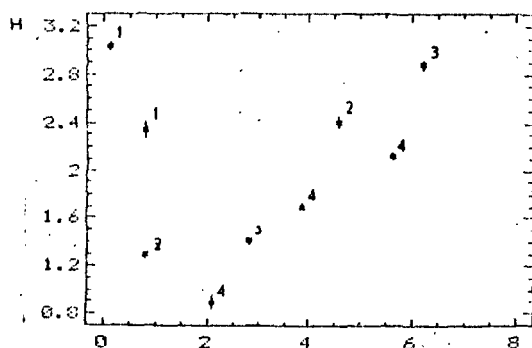
2 стадия. Для опытно-промышленного хозяйства совпадает со вторым годом экспозиции субстратов. Мидии подросли, и их пресс на других членов сообщества становится значительным. Вследствие этого, а так же из-за конкуренции между различными животными, населяющими субстраты, в обрастании остаются и получают дальнейшее развитие только те немногие виды, которые лучше приспособлены или переносят массовое присутствие мидий. Среди них - *Hiatella arctica*, *Nereis pelagica*, *Harmathoe imbricata*. Другие либо совсем исчезают из состава сообщества, либо резко сокращают свое присутствие. Вследствие этого резко снижаются видовое разнообразие. Кульминационной точкой данного процесса на опытно-промышленном хозяйстве является состояние сообщества обрастания в 1985 г. В 1986 г. его можно определить как вторую и как третью стадию развития в зависимости от того опираться ли на данные компонентного анализа, либо на характер динамики индекса видового разнообразия. Однако принципиального значения эта неопределенность не имеет и отражает непрерывность перехода сообщества из одного состояния в другое. Вторую стадию развития мидиенного сообщества обрастания назовем стадией "максимальной монополизации мидией субстрата".

3 стадия. Наиболее длительная из стадий. Мидия продолжает расти, друзья ее становятся рыхлыми. Часть моллюсков под тяжестью собственного веса обрывается и падает на дно. Происходит вселение новых видов. Обрастают створки мидий. Соответственно повышается видовое разнообразие. Наиболее интенсивно эти процессы на опытно-промышленном хозяйстве протекали на четвертый-

пятый год экспозиции субстратов. Эти изменения в структуре сообщества обрастания, по-видимому, были только началом тех долговременных изменений, полностью проследить которые на опытно-промышленном хозяйстве не удалось из-за его ликвидации в 1987 г. Тем не менее, поскольку они имеют вполне определенную направленность, ведущую к уменьшению олигомиксности сообщества и к частичной деградации мидиевого поселения, автор считает возможным определить третью стадию развития мидиевого обрастания как стадию "старения мидиевого сообщества".

Для обрастаний из Обориной салми и Иванова-наволока можно найти аналоги среди обрастаний разного возраста с опытно-промышленного хозяйства, но сроки экспозиции субстратов у обрастаний, имеющих сходную структуру, часто не совпадают.

На рисунке 4 показана зависимость индекса видового разнообра-



образия сообщества, вычисленного по массе без учета мидий, от среднего веса мидии в данном обрастании. Каждая точка на графике соответствует одной съемке. Выбор среднего веса мидий, а не средних линейных размеров обусловлен предположением, что если

Рис. 4. Зависимость индекса видового разнообразия сообщества обрастания (H, бит) от среднего веса мидий (M, г). 1 - продолжительность экспозиции субстратов 1 год, 2 - 2 года, 3 - 3 года, 4 - 4 года.

друз мидий создают физически убежища сопутствующим им животным, то это - функция объема мидий. Очевидно, что вес мидий связан с объемом линейной зависимостью, а линейные размеры - кубической. Из рисунка видно, что уровень видового разнообразия изучаемого сообщества определяется не столько временем

экспозиции субстратов (возрастом мидий), сколько средним весом (размерами) мидий. Для точек, находящихся на нисходящей ветви кривой, коэффициент корреляции между средним весом мидий и индексом видового разнообразия отрицателен (для опытно-промышленного хозяйства в 1985 г. он составил -0.56), а на восходящей - положителен (то же в 1987 г. - $+0.81$).

Видимо, одним из основных факторов, определяющих видовую структуру данного сообщества, является плотность упаковки мидий в друзы, которая зависит от размеров моллюсков. По собственным наблюдениям автора мидии размером до 20 мм, (что соответствует нисходящей ветви кривой на рис. 3), еще не образуют плотных друз. В таких друзах, видимо, могут существовать многие животные. Мидии указанных размеров соответствуют первой стадии развития мидиевого сообщества обрастания.

По достижении 20-30 мм длины (нижний участок кривой) мидии образуют очень плотные щетки. При интенсивном сокращении жизненного пространства остаются только наиболее приспособленные к подобным жестким условиям виды. Поэтому вторая стадия названа стадией "максимальной монополизации мидией субстрата".

Мидии более 30 мм (восходящая ветвь кривой) уже не образуют очень плотных формирований. Их друзы становятся достаточно рыхлыми; в них накапливается значительное количество детрита. Это способствует вселению новых видов и восстановлению обилия старых. Створки раковин интенсивно обрастают элибионтами. Начинается старение мидиевого сообщества.

Судя по результатам кластерного анализа и динамике индекса видового разнообразия, в развитии обрастания из Обориной салмы стадия максимальной монополизации мидией субстрата отсутствовала. Скорее всего это было вызвано более интенсивной скоростью роста мидий по сравнению с таковыми на опытно-промышленном хозяйстве и гораздо меньшей их плотностью поселения на искусственных субстратах (табл. 1). что, по-видимому, способствовало как быстрому росту моллюсков, так и невозможности создания ими очень плотных друз.

Заключение.

Во многих исследованиях, посвященных колонизации островных местообитаний, отмечается, что видовое разнообразие вновь

образующегося сообщества после начального повышения претерпевает спад, вызванный реконструкцией биоценоза (Гилларов, 1969; Schoener et al., 1978; Dean, Connell, 1987). При этом в сообществе выделяется один или несколько немногих доминирующих видов, лучше других приспособленных к условиям данного биотопа. То же самое происходит в исследуемом обрастании на стадии максимальной монополизации мидией субстрата. Однако падение видового разнообразия, вызванное конкурентными взаимоотношениями обрастателей здесь, по-видимому, облегчается изменением пространственной организации мидиевых друз.

Нетрудно видеть, что при заданной кривизне обрастающей поверхности, сравнимой с размерами мидий, существует такой размер мидий, при котором упаковка моллюсков в друзы будет оптимальной, то есть отношение свободного внутреннего пространства к общему объему друзы будет минимально. Именно такая ситуация сложилась в обрастании субстратов опытно-промышленного хозяйства в 1985 г. и хозяйства, расположенного у Иванова-наволока в 1988 г. Катастрофическое уменьшение свободного пространства в мидиевых друзах, видимо, привело к обострению конкурентных отношений между организмами сообщества. По-видимому наличие в онтогенезе мидиевого поселения четко выраженного периода максимальной упаковки возможно лишь в том случае, если в любой момент времени это поселение будет состоять из одноразмерных особей. Данное условие в значительной степени выполняется, поскольку на искусственных субстратах хозяйства по выращиванию мидий основная доля моллюсков принадлежит одной генерации и имеет сравнительно одинаковые размеры (Кулаковский и др., 1988; Сухотин, 1990).

Особый интерес представляет вопрос о том, что будет по завершении стадии старения мидиевого обрастания. Наиболее вероятными являются два пути. Первый из них заключается в том, что после отмирания основной части мидий произойдет вторичное заселение субстратов молодью этого моллюска, как это имеет место на естественных мидиевых банках в Белом море (Луканин и др., 1986). Однако мидия не всегда заканчивает сукцессию (Звягинцев, 1984; Hirata, 1987). На искусственных рифах в Средиземном море мидиевое обрастание даже после пяти лет своего развития не стабилизируется, и его нельзя рассматривать как климаксное (Ardizzone et al., 1989). Подобные факты позволяют

предположить, что мидиевое обрастание может быть заменено на альтернативное, руководящими видами в котором для нашего случая будут *Styela rustica* и *Hiatella arctica*. Данные В.В. Ошуркова (1985), говорящие о том, что в Белом море *Styela rustica* и *Hiatella arctica* могут образовывать свои сообщества обрастания, а также возрастающие со временем биомассы и плотности поселения упомянутых животных на искусственных субстратах мидиевых хозяйств подтверждают это предположение.

Выводы.

1. В составе мидиевого сообщества обрастания искусственных субстратов хозяйств по выращиванию мидий зарегистрировано 43 вида животных и растений. Основными субдоминантами в исследованном обрастании являются *Hiatella arctica*, *Nereis pelagica* и *Harmathoe imbricata*. Большой вес в сообществе могут иметь так же виды полихет сем. *Terebellidae*.

2. Мидиевое сообщество обрастания на искусственных субстратах хозяйств для выращивания мидий имеет ярусную структуру и в нем можно выделить 3 яруса.

3. Заселение искусственных субстратов, не имеющих контакта с грунтом, может происходить не только за счет планктонных личинок, но и взрослыми особями эррантных полихет.

4. На марихозяйстве в разных его участках могут возникать временные устойчивые или неустойчивые группы видов, которые впоследствии либо исчезают, либо становятся доминирующими в сообществе.

5. Развитие сообщества обрастания на искусственных субстратах хозяйств для выращивания мидий в Белом море происходит по сукцессионному типу и характеризуется выпадением или значительным сокращением стадии быстрорастущих организмов.

6. Формирование собственно мидиевого сообщества обрастания состоит из трех последовательных стадий:

- заселения,
- максимальной монополизации субстрата мидией,
- старения.

7. Наиболее вариабельной и отличной от остальных является стадия заселения. Она заключается в свободной колонизации, преимущественно вагильными формами нового биотопа, образован-

ного молодыми мидиями.

8. Резкое снижение видового разнообразия на стадии максимальной монополизации мидией субстрата обусловлено, вероятно, образованием мидиями определенного размера очень плотных друз и конкурентным исключением из состава сообщества видов наименее приспособленных к обитанию в условиях мидиевого обрастания.

9. Стадия максимальной монополизации мидией субстрата может отсутствовать в условиях сравнительно низкой плотности поселения мидий и высокой скорости их роста, что, видимо, приводит к невозможности создания ими плотных друз.

10. Нахождение мидиевого сообщества обрастания на той или иной стадии развития не определяется временем экспозиции субстрата, хотя и скоррелировано с ним. Определяющим является размер вида-доминанта и, видимо, форма искусственного субстрата. Мидия как эдификатор среды и детерминант консорции в значительной степени влияет как на качественный и количественный состав обрастания в целом, так и на показатели обилия отдельных его представителей.

11. С экономической точки зрения, при промышленном культивировании мидий в Белом море нецелесообразно экспонировать искусственные субстраты более 3 - 4-х лет. Старение мидиевого сообщества приводит к деградации мидиевого поселения и увеличению биомассы сопутствующих видов.

Список работ, опубликованных по теме диссертации.

1. Халаман В.В. Некоторые особенности распределения видов, сопутствующих *Mytilus edulis* L. в биоценозе обрастания искусственных субстратов марикультуры мидий // Экологические исследования донных организмов Белого моря. - Л.: Изд. ЗИН АН СССР, 1986. - С. 131-136.

2. Халаман В.В., Кулаковский Э.Е. Некоторые аспекты становления мидиевого биоценоза в условиях марикультуры на Белом море // Восьмое Всесоюзное совещание по изучению моллюсков: Тез. докл. - Л.: Наука, 1987а. - С. 425-427.

3. Халаман В.В., Кулаковский Э.Е. Некоторые результаты применения индекса видового разнообразия в изучении развития сообщества обрастания искусственных субстратов при культивировании мидий на Белом море // III региональная конференция по про-

блемам изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря: Тез. докл. - Кандалакша. - 1987б. - ч. 2. - С. 248-250.

4. Халаман В.В. Исследование сукцессии обрастания в Белом море с помощью информационного индекса видового разнообразия// Тр. ЗИН АН СССР. - 1989а. - Т. 203. - С. 34-45.

5. Халаман В.В. Особенности сукцессии обрастания искусственных субстратов при культивировании мидий в Белом море//Международный симпозиум по современным проблемам марикультуры в социалистических странах: Тез. докл. - М.: Изд. ВНИРО, 1989б. - С. 154-155.

6. Халаман В.В., Кулаковский Э.Е. Формирование мидиевого биоценоза в условиях марикультуры на Белом море//Всесоюзная конференция по научно-техническим проблемам марикультуры в стране: Тез. докл. - Владивосток. - 1989. - С. 122-123.

7. Халаман В.В., Сухотин А.А. Вариации экологических характеристик сообщества обрастания на мидиевом хозяйстве в Белом море//Всесоюзная конференция по научно-техническим проблемам марикультуры в стране: Тез. докл. - Владивосток. - 1989. - С. 123-124.

8. Халаман В.В., Кулаковский Э.Е. Формирование сообщества обрастания на искусственных субстратах в условиях культивирования мидий в Белом море//IV региональная конференция по проблемам изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря: Тез. докл. - Архангельск. - 1990. - С. 230-231.

9. Бергер В.Я., Халаман В.В., Шереметьевский А.М. Обнаружению ненерестовых миграций полихеты *Nereis virens* Sars в Белом море//V региональная конференция по проблемам изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря: Тез. докл. - Петрозаводск. - 1992. - С. 99-100.

10. Халаман В.В. Фауна полихет на искусственных субстратах мидиевых хозяйств в Белом море//Исслед. фауны морей. - Л.: Изд. ЗИН РАН, 1992. - Т. 43 (51), в печати.