

На правах рукописи
УДК 639.42:574.586(262.5)

Яхонтова Ирина Вадимовна

**Сообщество обрастания мидийных коллекторов
в восточной части Черного моря**

Специальность 03.00.18 – гидробиология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва – 2008

Работа выполнена в отделе воспроизводства и марикультуры Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)

Научный руководитель: доктор биологических наук
Павлов Виктор Яковлевич

Официальные оппоненты: доктор биологических наук
Турпаева Елена Петровна

кандидат биологических наук
Переладов Михаил Владимирович

Ведущая организация: Институт проблем экологии и эволюции
имени А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН),
г. Москва

Защита состоится 20 июня 2008 г. в 11 часов на заседании диссертационного совета Д 307.004.01 при Всероссийском научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) по адресу: 107140, Москва, ул. Верхняя Красносельская, д.17.

Факс (499) 264-91-87, электронный адрес sedova@vniro.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВНИРО.

Автореферат разослан 21 мая 2008 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук

М.А. Седова



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы Обрастание искусственных субстратов чаще всего рассматривается как нежелательный побочный результат деятельности человека в водной среде и плата за ее освоение. Исследования обрастания начались с судов и гидротехнических сооружений. Для них изучены закономерности формирования сообщества, разработаны и опробованы меры борьбы, выпускаются антиобрастательные покрытия и материалы. У нас в стране это направление связано с именами М.А. Долгопольской (1954, 1959), Г.Б. Зевинной (1972, 1996), В.Д. Брайко (1974, 1985), Е.П. Турпаевой (1967, 1972, 1987), И.Н. Солдатовой (1985, 1992), О.Г. Резниченко (1976), Е.А. Цихон-Луканиной (1976), Г.Г. Николаевой (1978), В.В. Ошуркова (1985), И.Н. Ильина (1986, 1993) и других исследователей.

Сообщества обрастания субстратов, используемых в марикультуре, в нашей стране изучали на Белом море (Кунин, 1995; Максимович, Морозова, 1999; Халаман, 1998, 2001а, б) и в Приморье (Звягинцев, Козьменко, 1995, Звягинцев и др., 1995; Масленников, 1997). Развитие марикультуры моллюсков на Черном море сопровождалось многосторонним изучением объектов и их продукционных характеристик (Штыркина и др., 1987; Иванов, 1989), основ продуктивности вмещающих акваторий (Елецкий и др., 1991; Сапожников, 1992), оценкой влияния хозяйств на естественные биоценозы (Переладов, Сергиева, 1989; Сеничева, 1989; Садыхова, 1995), совершенствованием выростных конструкций (Кузнецов, Крючков, 1986; Заграничный 1988; Разумеев, Держинская, 1989). При этом исследования сообществ обрастания немногочисленны и сосредоточены в северо-западной части моря и в Крыму (Горбенко и др., 1987; Гринцов, 2005). Между тем актуальность такого рода работ для российской части черноморского побережья определяется новым подъемом интереса к марикультуре в Черном море, а также осознанием того, что способы управления обрастанием – один из элементов эффективной работы хозяйства марикультуры. Это обусловлено тем, что с обрастанием связаны такие проблемы, как снижение скорости роста объектов культивирования (Hidu et al., 1981), их повреждение хищниками и сверлящими организмами (Arakawa, 1980), отравление метаболитами (Beaz et al., 2005). Обрастание также повышает эксплуатационные и капитальные затраты (Campbell and Kelly, 2002). Исследования последних лет показали, что методы снижения обрастания, разработанные для судов и гидросооружений, для целей аквакультуры малоэффективны,

поскольку они не учитывают природы отношений «обрастание – культивируемый вид» (McCloy and De Nys, 2000; Lane and Willemsen, 2004). Поэтому поиск безопасных для внешней среды методов контроля, основанных на изучении межвидовых отношений и направленных не на подавление всего сообщества, а на создание благоприятного режима для выращиваемого вида, представляется очень перспективным.

В этой связи цель работы была сформулирована следующим образом: выявить закономерности развития сообщества обрастания на разных типах выростных субстратов в течение цикла выращивания средиземноморской мидии *M. galloprovincialis* и на этой основе оптимизировать биотехнику ее культивирования в восточной части Черного моря.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- оценить продукционные характеристики (темп роста, численность и биомассу) культивируемого вида на разных типах выростных субстратов;
- определить видовой состав, численность, биомассу и их сезонные изменения в поселениях беспозвоночных, участвующих в формировании обрастания выростных субстратов;
- сравнить пространственную и функциональную структуру сообщества беспозвоночных-обрастателей и особенности ее формирования;
- на основе комплексного изучения продукционных характеристик объекта культивирования и сообщества обрастания оптимизировать технологию культивирования мидии на восточном побережье Черного моря.

Положения, выносимые на защиту. Выход продукции с искусственных субстратов, используемых в марикультуре, определяется как свойствами культивируемого объекта, так и его взаимодействием с другими видами в сообществе обрастания на этих субстратах.

Развитие основных трофических группировок беспозвоночных на мидийных коллекторах обусловлено характером их микробиотопического распределения.

Научная новизна. Впервые для восточной части Черного моря проведен комплексный анализ продукционных характеристик объекта марикультуры и сообщества сопутствующих видов и установлен характер их взаимовлияния. Выявлены стадии в развитии сообщества обрастания мидийных коллекторов в данном районе и показано, что периоды перестроек в составе сообщества являются

«критическими стадиями» цикла выращивания мидии. Определена иерархическая структура сообщества обрастания на коллекторах разных типов и показано, что сходство ранговых профилей в начале цикла выращивания мидии отражает сезонные процессы, а в конце обусловлено формированием зрелого сообщества с доминированием мидии.

Практическое значение. На основе комплексного изучения продукционных характеристик культивируемого вида и сообщества обрастания даны рекомендации по оптимизации биотехники выращивания мидии в восточной части Черного моря: выбраны наиболее подходящие типы выростных субстратов для полноциклового выращивания мидии и рассадки сеголеток, уточнены сроки регулирования плавучести мидийных носителей, определены оптимальные сроки сбора урожая, обоснована целесообразность процедуры рассадки сеголеток мидий и определены ее сроки.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы были представлены на международных конференциях: “Aquaculture Europe” (Барселона, 2004; Тронхейм, 2005), “World Aquaculture” (Бали, 2005; Флоренция, 2006), «II Международная научно-практическая конференция «Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки» (Архангельск, 2005), «Повышение эффективности использования водных биологических ресурсов Мирового океана» (Москва, 2005); на всероссийской конференции «Водные биоресурсы России: решение проблем их изучения и рационального использования» (Москва, 2003); на IX Съезде Гидробиологического общества РАН (Тольятти, 2006); на отчетных сессиях ВНИРО в 2004, 2005 и 2007 гг.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 15 работ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 157 стр. текста и состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, списка литературы и 2 приложений, включает 18 таблиц и 32 рисунка. В списке литературы 197 наименований, из них 38 на иностранных языках. Схема работы приведена на рис. 1.

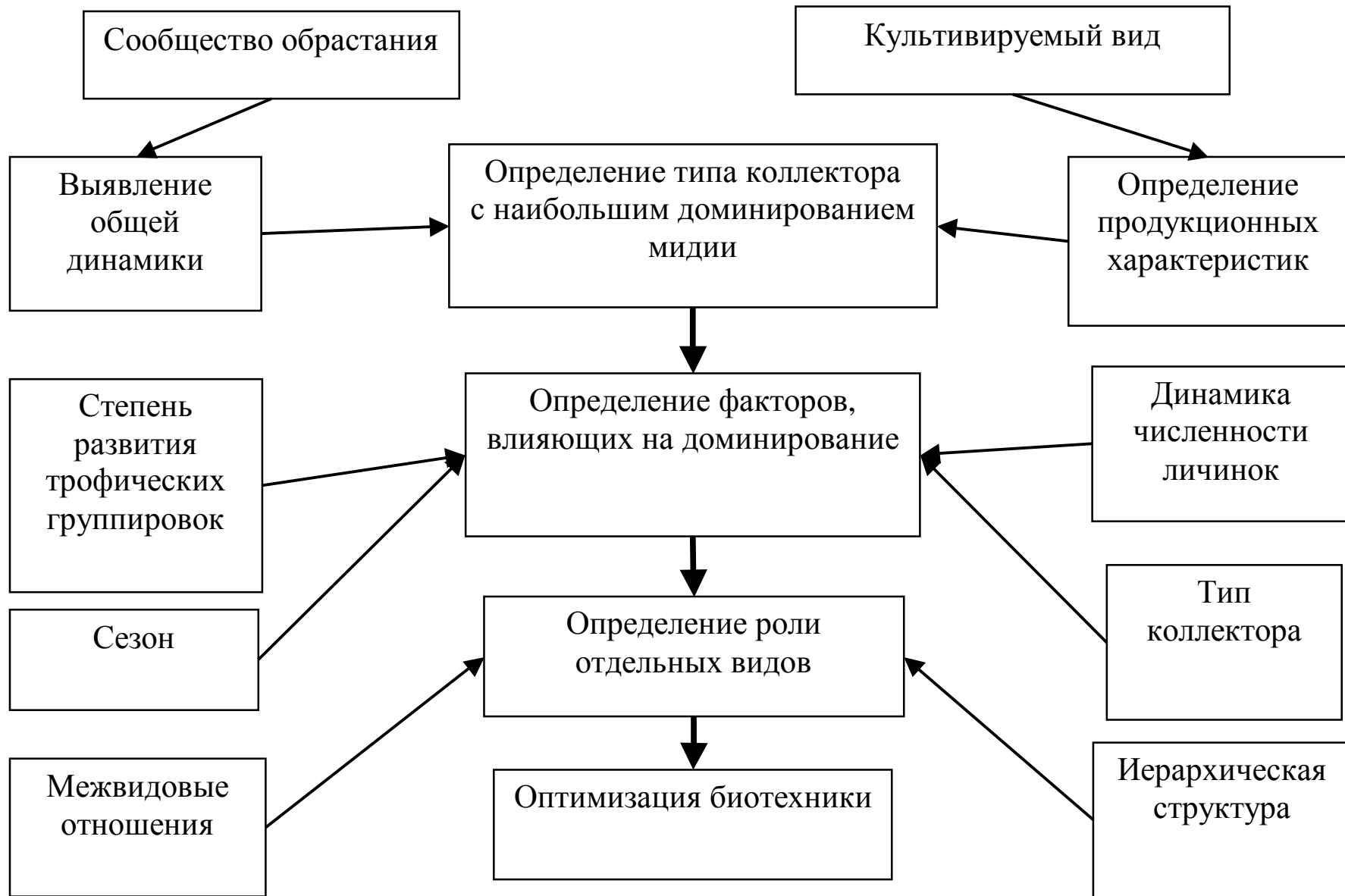


Рис. 1. Схема работы и основные направления исследований.

ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

В главе приведены краткие сведения об истории изучения и современном состоянии знаний о сообществе обрастания на различных субстратах. Дана характеристика современных подходов к управлению обрастанием в марикультуре. Проанализированы публикации, касающиеся изучения сообщества обрастания искусственных субстратов как по восточному побережью, так и по Черному морю в целом. Сделан вывод, что по совокупности факторов восточное побережье является одной из наиболее пригодных для марикультуры мидий черноморских акваторий. При этом она наименее изучена в отношении видового состава, сезонной динамики и сукцессии сообществ обрастания выростных субстратов. Обзор литературных источников свидетельствует о том, что многие вопросы марикультуры моллюсков в Черном море, связанные с изучением сообщества обрастания и представляющие большой практический и научный интерес, изучены недостаточно или не затрагивались совсем.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Диссертация является обобщением результатов исследований, выполненных в рамках плановых работ ВНИРО в 2003-2007 гг. (Госконтракты 7-08/2003-2005, 7-01/2005-2007). Отдельные подходы были разработаны ранее, в 1989-1992 гг. во время работы по Договору ВНИРО с Администрацией Краснодарского края.

Район выполнения работы. Работа была выполнена в Лазаревском р-не г. Сочи Краснодарского края на модульном хозяйстве для культивирования моллюсков «Магри». Комплекс состоит из трех участков по 10 линейных носителей типа long line (Lost, Cazin, 1993), размещенных на удалении от 0,6 до 1,2 км от берега над глубинами от 17 до 20 м, длина носителей – 70-80 м, расстояние между линиями 20-25 м.

Объектами исследования служили культивируемые средиземноморские мидии, беспозвоночные обрастания выростных субстратов, их планктонные личинки, бентосные беспозвоночные прилегающей акватории, а также выростные субстраты (коллекторы) для выращивания мидий.

Методы исследований. Пробы зоопланктона отбирали планктонной сетью Джеджи с диаметром входного отверстия 31 см и ячейей 56 мкм в слое 10-0 м и фиксировали 2%-ным раствором формальдегида в морской воде. Отбор проб бентоса проводили в ходе водолазной съемки по методике ВНИРО (Изучение экосистем..., 2005), камеральную обработку проб – по В.И. Жадину (1969), В.А. Куликовой и М.В. Перелад-

ву (1984) и В.К. Шитикову с соавторами (2003). Для проб обрастания использовалась методика, применяемая для гидротехнических сооружений и судов (Лебедев, Ильин, 1992), модифицированная с учетом природы субстрата, размеров и распределения организмов. Пробы отбирали с участков коллекторов длиной не менее 20 см, рассчитывали количество организмов и их биомассу на погонный метр коллектора (экз. \cdot м⁻¹ и г \cdot м⁻¹), для колониальных организмов и усоногих вместо численности отмечали площадь проективного покрытия в процентах. Мейозпибионтов не учитывали. Животных идентифицировали по «Определителю фауны Черного и Азовского морей» (1968-1972). Полный биологический анализ проводили для мидии и скафарки (*Scapharca inaequivalvis*) по «Методам изучения...» (1990), рапаны (*Rapana venosa*) – по В.Д. Чухчину (1970). Абсолютный (P_l) и относительный (C_l) линейные приросты мидий вычисляли по формулам: $P_l = \frac{\Delta l}{\Delta t} = \frac{l_2 - l_1}{t_2 - t_1}$ и $C_l = \frac{2(l_2 - l_1)}{(l_2 + l_1)(t_2 - t_1)}$, где $\Delta t = t_2 - t_1$ – интервал времени между последующими значениями размеров l_1 , l_2 , а $\overline{l_{1,2}} = \frac{l_1 + l_2}{2}$ – среднее арифметическое между l_1 и l_2 . Весовые приросты вычисляли аналогично (Методы изучения..., 1990).

Сезоны выделяли по гидрологическим и гидробиологическим признакам. Для удобства описания были введены следующие обозначения для сезонов и периодов выращивания: 1В, 1Л, 1О – весна, лето и осень первого года выращивания мидии, 2В, 2Л, 2О, 2З – весна, лето, осень и зима второго года. Были обследованы три типа выростных субстратов (коллекторов), которым присвоены обозначения: «а» – коллектор из тралового полотна (ячейка 40 мм, диаметр нити 2 мм, ширина 3-4 ячей, уд. площадь 0,16 м² \cdot м⁻¹); «б» – коллектор из полипропиленового каната (диаметр 26 мм, обтянут делью с ячейей 6,5 мм, уд. площадь 0,082 м² \cdot м⁻¹); «с» – коллектор из капронового каната (диаметр 12 мм, через каждые 30 см завязаны узлы, уд. площадь 0,048 м² \cdot м⁻¹).

Для оценки видовой структуры в группах проб были вычислены индексы доминирования Симпсона, разнообразия Шеннона и выравнинности Пиелу (два последних по \log_2) по биомассе (Одум, 1986). Для статистической проверки были использованы непараметрические критерии Краскела-Уоллиса (H), Манна-Уитни (U) и ранговой корреляции Спирмена (r_s). Подсчет критериев проведен по алгоритмам, приводимым Е.В. Сидоренко (2001). Для принятия решения о достоверности различий в качестве критического принимали уровень значимости $p=0,05$.

Всего проанализировано 120 проб зоопланктона (совместно с вед. научн. сотр. КФ ВНИРО Н.А. Рудаковой), 24 пробы бентоса с 4 разрезов, собрано и обработано около 130 количественных и 150 качественных сезонных проб обрастания, проведен полный биологический анализ 24 проб *M. galloprovincialis* (около 4000 экз.), 14 – *S. inaequalis* (около 1700 экз.), 12 – *R. venosa* (около 850 экз.).

ГЛАВА 3. РОЛЬ СРЕДИЗЕМНОМОРСКОЙ МИДИИ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* В СООБЩЕСТВЕ ВЫРОСТНЫХ СУБСТРАТОВ

Средиземноморская мидия играет ведущую роль в сообществах бентоса в Черном море (Митилиды..., 1990). В черноморском сообществе обрастания она доминирует на стадии климакса (Брайко, 1985), однако на качественно разных субстратах сукцессия может проходить по-разному (Брайко, 1974; Berntsson and Jonsson, 2003). В связи с этим задача исследования состояла в выяснении влияния материала и площади выростного субстрата на продукционные характеристики (численность, биомассу и темп роста) средиземноморской мидии.

3.1. Динамика численности личинок мидии на акватории хозяйства «Магри»

Выставление выростных субстратов непосредственно перед оседанием личинок мидий является общепринятым технологическим приемом, позволяющим избежать преобладания в обрастании быстрорастущих организмов и сразу перейти к стадии доминирования мидии (Халаман, 2001 б). Многолетними исследованиями установлено, что в Черном море личинки мидий имеют несколько пиков обилия в планктоне, по-разному выраженных в разных районах моря (Киселева, 1965; Штыркина, Моница, 1982; Заграничный и др., 1983; Остроумова и др., 1987а, б; Переладов, 1987; Диасамидзе, 1987). Данных по восточной части моря в доступной литературе обнаружить не удалось. В этой связи на комплексе «Магри» в течение 5 лет проводили мониторинг меропланктона для определения времени наступления пиков обилия личинок мидии. Межгодовая динамика численности личинок представлена на рис. 2. Выявлено несколько вариантов: единственный весенний пик в 2003 и 2004 гг. (максимальная численность личинок 3000 и 1200 экз. \cdot м⁻³ соответственно), высокий весенний и слабо выраженный осенний пик в 2006 г. (6000 и 500 экз. \cdot м⁻³), несколько соизмеримых между собой пиков в теплый период года в 2005 г. (500-2000 экз. \cdot м⁻³), слабо выражен-

ный зимне-весенний (450-700 экз.·м⁻³) и осенний (900 экз.·м⁻³) пики численности в 2007 году.

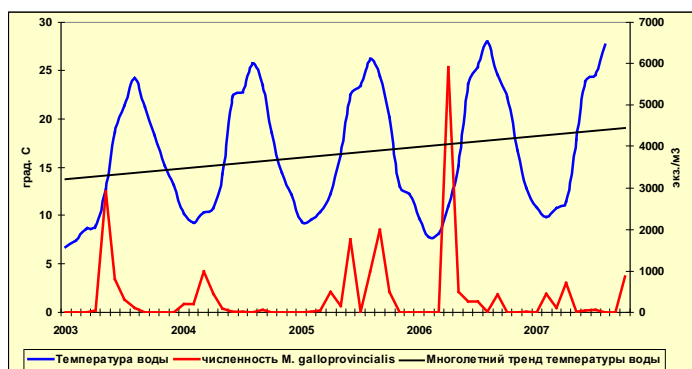


Рис. 2. Динамика численности личинок *Mytilus galloprovincialis* в районе комплекса «Магри» в зависимости от температуры морской воды в поверхностном слое.

Можно предположить, что на обилие личинок мидии одновременно влияют несколько факторов: открытый характер побережья и сложная система течений, многолетний тренд повышения среднегодовой температуры воды (рис.2), сказывающийся на цикле гаметогенеза, деградация мелководных поселений мидий на кавказском шельфе. Установлено, что для восточного побережья наиболее значимым является весенний пик численности личинок, в отличие от осеннего пика у южного берега Крыма (Заграничный и др., 1983; Переладов, 1987) и в северо-западной части моря (Вижевский, 1986).

3.2. Продукционные характеристики культивируемого вида на разных типах выростных субстратов

Исследования продукционных возможностей разных типов коллекторов ранее были проведены в разных районах Черного моря (Вижевский и др., 1983; Кузнецов, Крючков; 1986; Штыркина и др., 1987; Садыхова, Тегетаев, 1987). Однако технические сведения об испытанных субстратах (материал коллектора, материал и количество вставок, удельная поверхность) отрывочны. На восточном побережье сравнительный анализ продуктивности разных коллекторов ранее не проводили.

В этой связи представлялось целесообразным установить связь между продукционными характеристиками выращиваемого вида и материалом и конструкцией выростного субстрата. Результаты представлены на графике (рис. 3).

Измерения длины раковины, подсчет численности и биомассы в ходе цикла культивирования и статистическая обработка данных показали, что в начальный период выращивания (1В) все обследованные типы коллекторов по этим показателям не различаются. Отсутствие достоверных различий в длине раковины сохранялось в

течение всего цикла культивирования мидии, и к его концу длина составила $49,6 \pm 2,8$ мм.

Численность мидий на всех трех типах выростных субстратов в ходе выращивания экспоненциально снижается, но различия в плотности становятся достоверны с лета первого года и сохраняются до конца цикла выращивания, составляя к осени второго года 726 ± 57 экз. \cdot м⁻¹ на коллекторах типа «а», 609 ± 24 экз. \cdot м⁻¹ на коллекторах типа «б» и 394 ± 13 экз. \cdot м⁻¹ на коллекторах типа «с».

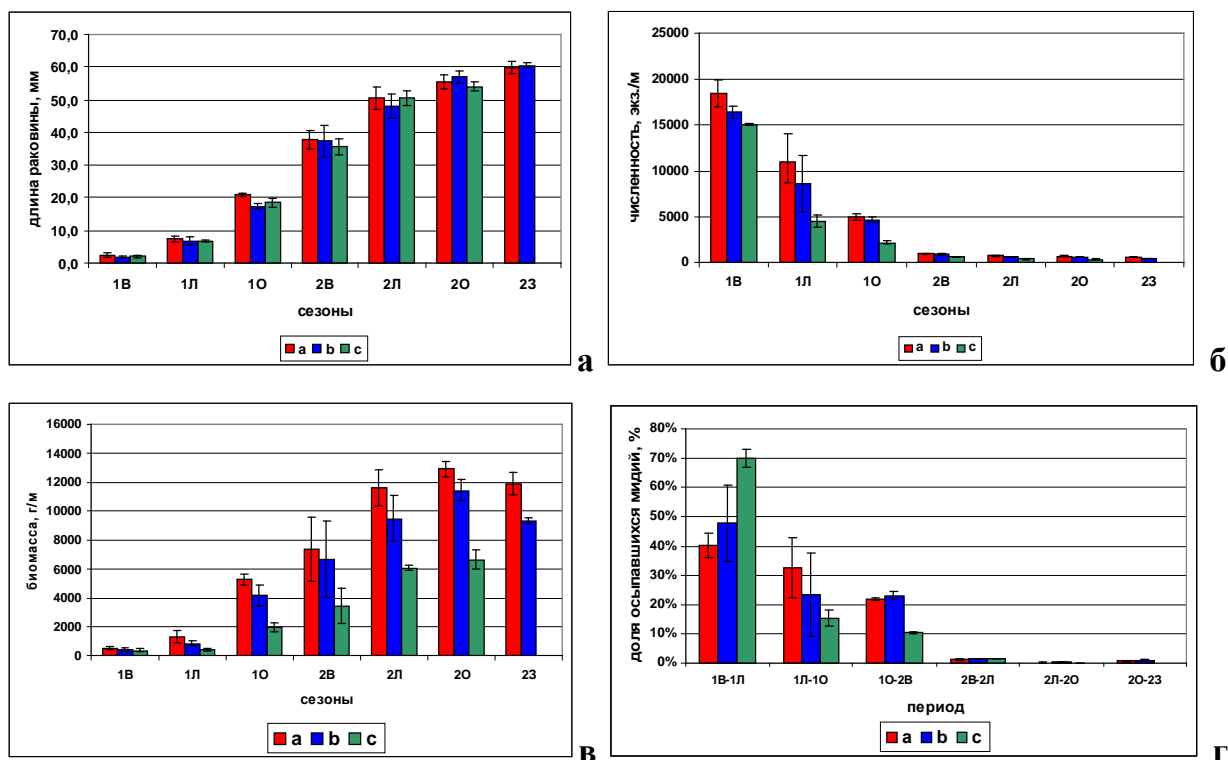


Рис. 3. Длина раковины (а), численность (б), биомасса (в) и доля осыпавшейся молодежи (г) мидии на трех типах коллекторов. Обозначения: а – коллектор из тралового полотна, б – коллектор из полипропиленового каната, с – коллектор из каната с узлами; 1В, 1Л, 1О – весна, лето, осень первого года, 2В, 2Л, 2О, 2З – весна, лето, осень, зима второго года.

Эти значения являются результатом разной динамики изреживания спата на коллекторах, определяющейся структурой поверхности субстрата, где первостепенную роль для сохранения молодежи играет наличие и размер углублений (Koehl, 1982; Заграничный, 1986; Denny, 1988; Abelson and Denny, 1997). Коллекторы типа «с», где размер углублений везде, кроме узлов, не превышает миллиметра, и около 70% спата осыпается весной и в начале лета первого года, являются наименее пригодными для сохранения молодежи. На коллекторах типов «а» и «б», где размер углублений достигает сантиметров, изреживание спата растянуто во времени. К середине осени, когда длина раковины сеголеток достигает 17-20 мм и появляется возможность провести их

рассадку, на коллекторах типа «а» остается в среднем 27% от первоначального количества, типа «b» – 29%, типа «с» – 15%.

Различия в биомассе мидий на трех типах коллекторов достоверны в течение всего времени наблюдения, за исключением весны первого и второго года. Во втором случае это может быть связано с отрывом более тяжелых мидий во время зимних штормов и/или несинхронным весенним нерестом. В целом продукционная емкость коллекторов растет в ряду: коллектор из капронового каната с узлами ($6626 \pm 660 \text{ г} \cdot \text{м}^{-1}$) – коллектор из полипропиленового каната с обмоткой из дели ($11427 \pm 318 \text{ г} \cdot \text{м}^{-1}$) – коллектор из траловой дели ($12906 \pm 516 \text{ г} \cdot \text{м}^{-1}$).

Таким образом, для промышленных мидийных хозяйств восточного побережья Черного моря можно рекомендовать использование коллекторов типа «а» с наибольшими показателями численности и биомассы мидий для полноциклового выращивания, коллекторов типа «b» с оптимальной динамикой изреживания молодежи – для рассадки и продажи сеголеток.

3.3. Рост мидий в течение цикла выращивания

В Черном море рост мидий в аквакультуре изучен в северо-западной части моря и Керченском проливе (Вижевский, 1987; Штыркина и др., 1987; Митилиды..., 1990). Данных по восточной части моря в доступной литературе найти не удалось.

По показателям приростов можно выделить несколько периодов роста мидий, причем периоды линейного и весового роста не совпадают (рис. 4). Линейный рост имеет два максимума – летом-осенью первого года и весной-летом второго года, ($0,09-0,10$ и $0,13-0,15 \text{ мм} \cdot \text{сут}^{-1}$ соответственно), два минимума – в начале и конце выращивания ($0,04-0,05 \text{ мм} \cdot \text{сут}^{-1}$). Абсолютный весовой прирост максимален весной-летом и осенью-зимой второго года ($0,09$ и $0,06 \text{ г} \cdot \text{сут}^{-1}$ соответственно).

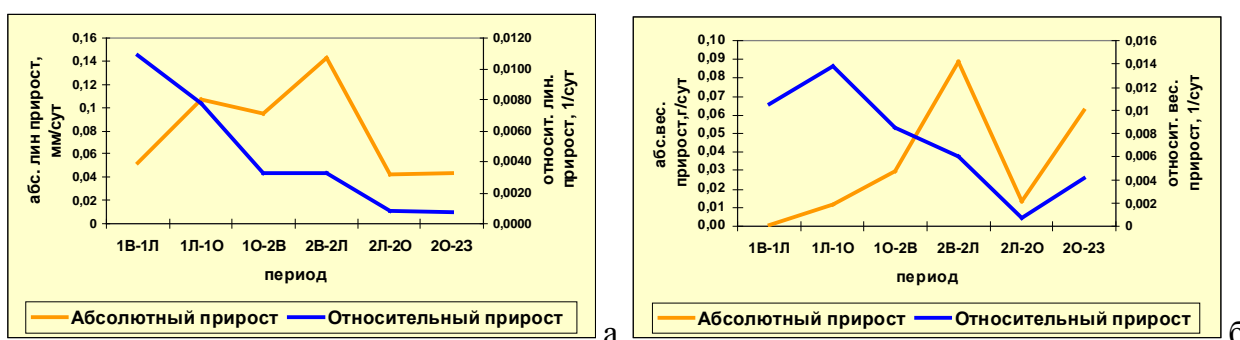


Рис. 4. Линейный (а) и весовой (б) приросты мидии. В связи с отсутствием различий по показателям роста на разных типах субстратов, приведены значения только для коллекторов типа «а». Обозначения сезонов как на рис. 3.

В отличие от других районов моря, на данной акватории не происходит ни зимней остановки роста культивируемых мидий, ни торможения летом второго года. Это связано с благоприятными условиями акватории: повышенным водообменом и эвтрофностью. Особенности роста мидий в этом районе позволили рекомендовать проведение регулировки плавучести носителей в зимний период, перенесение сбора урожая на конец лета – начало осени второго года, а также частичную реализацию продукции зимой второго года.

ГЛАВА 4. СООБЩЕСТВО ОБРАСТАНИЯ ВЫРОСТНЫХ СУБСТРАТОВ

4.1. Видовой состав, численность и биомасса обрастателей

В ходе работы было установлено, что сообщество обрастания мидийных выростных субстратов комплекса «Магри» включает 23 вида беспозвоночных, принадлежащих 11 крупным таксонам. Из них наиболее разнообразны полихеты и ракообразные – по 6 видов. Двустворчатых моллюсков – 3 вида, мшанок и асцидий – по 2 вида, гидроидных полипов, немертин, турбеллярий и брюхоногих моллюсков – по 1 виду. По сравнению с данными, полученными В.А. Гринцовым (2005) на мидийном хозяйстве в Севастопольской бухте (60 видов), видовой состав гораздо беднее, что связано с большей удаленностью от берега и большими глубинами расположения комплекса «Магри». На основании анализа встречаемости был выделен комплекс видов, которые можно считать характерными. В него входят: *Obelia longissima* (Coelenterata, Hydrozoa: Campanulariidae), *Stylochus tauricus* (Turbellaria, Polyclada: Stylochidae), *Emplectonema gracile* (Nemertea: Monostilifera), *Neanthes succinea*, *Nereis zonata*, *Platynereis dumerilii* (Annelida, Polychaeta: Nereidae), *Balanus improvisus* (Crustacea, Cirripedia: Balanidae), *Rapana venosa* (Mollusca, Gastropoda: Taididae), *Mytilus galloprovincialis* (Mollusca, Bivalvia: Mytilidae), *Scapharca inaequivalvis* (Mollusca, Bivalvia: Arcidae), *Membranipora denticulata* (Bryozoa: Membraniporidae), *Asciadiella aspersa* (Tunicata, Ascidiadacea: Ascidiidae). Эти виды вносят и наиболее значимый вклад в численность и биомассу сообщества обрастания. Наибольшая биомасса, помимо мидии, отмечена у усоногих рачков *B. improvisus* (до 4000 г·м⁻¹) и двустворчатых моллюсков *S. inaequivalvis* (до 410 г·м⁻¹). Численность наиболее высока у немертин *E. gracile* (до 4000 экз·м⁻¹) и полихет *N. succinea* (до 2230 экз·м⁻¹). Наибольшее проективное покрытие отмечено у *B. improvisus* (до 50%) и *O. longissima* (до 30%). Присутствие в черноморском обрастании в значимых

количествах двустворчатого моллюска *S. inaequalvis* и немертины *E. gracile* описано впервые.

4.2. Экологические индексы сообществ на разных типах субстратов и их временная динамика

Для оценки видовой структуры и выявления динамики формирования сообщества обрастания были вычислены индексы доминирования Симпсона (С), разнообразия Шеннона (Н) и выравненности Пиелу (е) в разные сезоны выращивания мидии. Поскольку индексы Шеннона и Пиелу изменяются синхронно, на рис. 5 представлены графики индексов Шеннона и Симпсона.

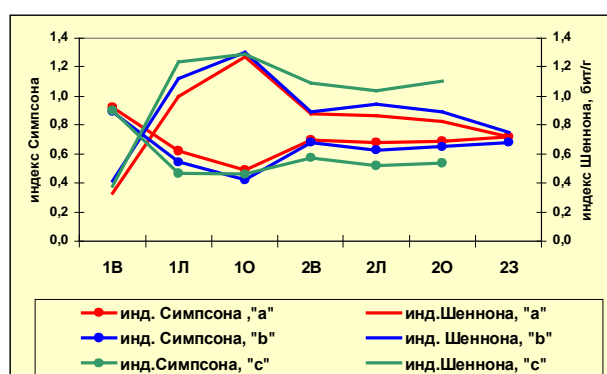


Рис. 5. Изменение значений индексов Симпсона (доминирования) и Шеннона (разнообразие) в сообществе обрастания коллекторов на протяжении цикла выращивания мидии. Обозначения как на рис. 3.

На основании изменений индексов выделены 3 стадии развития сообщества обрастания. **I стадия** (1В-1О, продолжительность 6-7 мес.) характеризуется быстрым повышением разнообразия и выравненности и снижением доминирования мидии, что связано с заселением субстратов раннесукцессионными видами и их быстрым ростом. На **II стадии** (1О-2Л, 5-6 мес.) доминирование мидии начинает расти, а разнообразие и выравненность – снижаться после осеннего максимума. В это время под действием сезонных факторов проходит элиминация многих видов обрастателей (в том числе мидии), сопровождающаяся освобождением поверхности субстрата, что снижает разнообразие и выравненность сообщества. В то же время, продолжающийся зимой рост мидии способствует росту ее доминирования. На степень доминирования оказывают влияние тип коллектора, климатические и гидрологические условия. На **III стадии** развития сообщества (2Л-2О, 5-7 мес.) становятся отчетливо видны разнонаправленные тенденции на коллекторах «а» и «b», с одной стороны, и на коллекторах «с» – с другой. На первых разнообразие снижается, а доминирование остается постоянным, на последнем доминирование мидии имеет тенденцию к снижению, а разнообразие и выравненность – к росту, что свидетельствует о продолжающихся перестройках.

Таким образом, расчет экологических индексов позволил выделить стадии развития сообщества обрастания и «критические точки», маркируемые экстремумами на графиках индексов (осень-зима первого года и лето второго года), когда тип выростного субстрата становится основным фактором, определяющим тенденцию дальнейшего развития сообщества: повышение доминирования или разнообразия. Поэтому для промышленных хозяйств восточной части Черного моря можно рекомендовать использование коллекторов из тралового полотна и полипропиленового каната, на которых доминирование мидии в сообществе выше.

4.3. Иерархическая структура сообщества обрастания

При изучении сообществ обрастания исследователи обычно ограничиваются списком видов, указывая доминанта и субдоминантов по биомассе и численности (Otsuka and Dauer, 1982; Mook, 1983; Гринцов, Иванов, 2000; Третениченко, Масленников, 2006; Mazouni et al, 2001 и др.). Однако перечень видов недостаточен для выяснения структуры сообщества, поскольку «сообщества различаются в основном соотношением биомасс одних и тех же видов» (Халаман, 2001а, с. 272), а построение системы рангов позволяет это сделать (Nandakumar et al., 1993). В этой связи с целью выявления сходства и различий между типами коллекторов по степени развития каждого вида обрастателей была определена иерархическая структура сообщества.

Группа из 12 характерных видов была проранжирована по доле биомассы: доминант получил 1 ранг, субдоминант – 2-й и т.д. При сравнении иерархий выявлено, что сообщества на делевом коллекторе («а») и полипропиленовом канате («b») достоверно не отличаются по ранговой структуре в течение всего периода наблюдений. В то же время обнаруживается четкая сезонная приуроченность сходства и различий в иерархической структуре сообщества на этих двух типах и на коллекторах из каната с узлами («с»). Различия, отсутствующие весной первого и второго года и осенью второго года, статистически достоверны во все остальные сезоны.

Ранговая структура сообществ на коллекторах типов «а» и «с» показана на рис. 6. Из диаграмм видно, что перестройки в сообществе на коллекторах «а», затрагивающие поселения видов, вносящих наибольший вклад в биомассу, завершаются к осени первого года, когда определяется порядок первых 4 членов иерархии (*M. galloprovincialis*, *B. improvisus*, *S. inaequalvis*, *E. gracile*), остающийся неизменным до конца наблюдений. На коллекторах типа «с», наоборот, перестройка продолжается

почти до конца цикла выращивания мидии, и только осенью второго года виды выстраиваются в том же порядке, что и на коллекторах типов «а» и «б» (до 7 ранга включительно). Таким образом, анализ ранговой структуры показывает, что сообщество на коллекторах «с» более подвержено сезонным изменениям, затрагивающим все иерархические уровни, вплоть до смены доминантов; на коллекторах двух других типов ранговая структура формируется очень быстро и обнаруживает большую устойчивость к сезонным факторам. Периоды сходства иерархий на разных типах коллекторов (1В, 2В, 2О) имеют двойственную природу: весной они определяются сезонными перестройками, а к осени второго года отражают формирование зрелого сообщества с доминированием мидии. На коллекторах типа «с» сукцессия идет медленнее, и только к концу цикла выращивания мидии сообщество на нем «догоняет» сообщество на коллекторах типов «а» и «б».

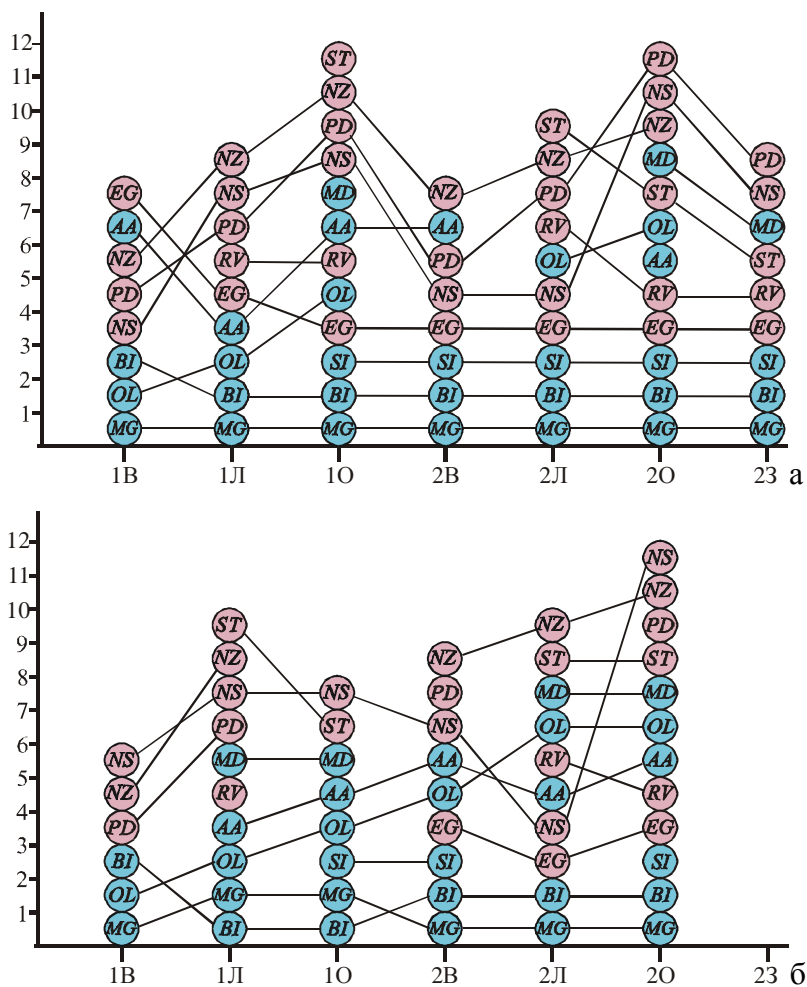


Рис. 6. Иерархическая структура в сообществах на коллекторах из тралового полотна (а) и капронового каната (б). Обозначения: AA – *Ascidiella aspersa*, BI – *Balanus improvisus*, EG – *Emplectonema gracile*, MD – *Membranipora denticulata*, MG – *Mytilus galloprovincialis*, NS – *Neanthes succinea*, NZ – *Nereis zonata*, OL – *Obelia longissima*, PD – *Platynereis dumerilii*, RV – *Rapana venosa*, SI – *Scapharca inaequivalvis*, ST – *Stylochus tauricus*. Голубой цвет – виды-сестонофаги, розовый – детритофаги, по оси абсцисс – сезоны (обозначения как на рис. 3) по оси ординат – ранги.

Анализ ранговой структуры показывает также, что вклад в общую биомассу видов с разными типами питания неравноценный: все доминанты и субдоминанты питаются из толщи воды, а виды, питающиеся с поверхности субстрата, занимают более низкие ступени в иерархии, причем на разных типах коллекторов соотношение этих двух групп разное.

4.4. Образование новых микробиотопов на коллекторе в ходе цикла выращивания мидий

Поверхность на коллекторе для последующей колонизации обрастателями может иметь следующее происхождение: свободная поверхность коллектора между особями мидий, существующая с начала цикла выращивания; поверхность, освобождающаяся в результате их отрыва; площадь, возникающая в результате роста поверхности самих обрастателей, и, прежде всего, мидий. Каждый тип поверхности представляет собой особый микробиотоп и заселяется разными группировками обрастателей, приспособленными к использованию именно этого микробиотопа. Поэтому были рассчитаны величины этих поверхностей (табл. 1) и установлено, что поверхность коллектора, не занятая мидиями, исчезает уже к осени первого года (отрицательные величины в таблице), а площадь поверхности, появляющейся в результате обрыва мидий на 1-2 порядка меньше, чем площадь поверхности, образующейся за счет их роста.

Таблица 1. Площадь свободной поверхности для последующего обрастания, $\text{м}^2 \cdot \text{м}^{-1}$.*

Период	Происхождение поверхности для последующего обрастания								
	Поверхность, не занятая мидиями			Обрыв мидий с коллектора			Рост поверхности раковины мидий		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
1В-1Л	0,14	0,06	0,03	0,008	0,008	0,011	0,01	0,009	0,005
1Л-1О	0,06	0,003	0,006	0,009	0,003	0,002	0,44	0,38	0,17
1О-2В	-0,17	-0,24	-0,10	0,057	0,027	0,010	0,33	0,21	0,14
2В-2Л	-0,11	-0,17	-0,13	0,010	0,006	0,006	0,33	0,28	0,19
2Л-2О	-0,16	-0,21	-0,13	0,002	0,003	0,0003	0,15	0,15	0,06

*Обозначения: а – коллектор из тралового полотна (исх. площадь – $0,16 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-1}$), b – коллектор из полипропиленового каната (исх. площадь – $0,082 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-1}$), с – коллектор из капронового каната (исх. площадь $0,048 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-1}$); 1В, 1Л, 1О – весна, лето, осень первого года, 2В, 2Л, 2О, 2З – весна, лето, осень, зима второго года.

Таким образом, расчеты показали, что площадь поверхности выростного субстрата, исходно не занятая мидиями, может иметь значение для заселения других видов только в самом начале цикла выращивания, далее она превращается в другой микробиотоп – внутреннее пространство мидийной друзы. Поверхность субстрата, освобождающаяся в результате отрыва мидий, имеет значение на коллекторах «а» и

«b» осенью и зимой первого года, а на коллекторах типа «с» – и в другие периоды. Однако самой значительной по площади является поверхность, образующаяся в результате роста мидий, которая суммарно превышает исходную поверхность субстрата в 7-12 раз.

4.5 Функциональная и пространственная структура сообщества обрастания

Функциональные группы в сообществе обрастания искусственных субстратов разные авторы выделяют по характеру питания (Mazouni et al., 2001), по особенностям взаимного расположения (Otsuka and Dauer, 1982; Серавин и др., 1985; Халаман, 1998; Гринцов, Полтаруха, 2004), по времени появления в сообществе (Scheer, 1945; Брайко, 1974; Звягинцев, 1985; Халаман, 2005). В данной работе функциональные группы были выделены по принципу использования пищевых ресурсов.

Двенадцать характерных видов сообщества распадаются на две группы: питающихся с поверхности субстрата (бентофаги) и питающихся из толщи воды (сестонофаги). К первой группе относятся *E. gracile*, *N. succinea*, *N. zonata*, *P. dumerilii*, *R. venosa*, *S. tauricus*, ко второй – *A. aspersa*, *B. improvisus*, *M. denticulata*, *M. galloprovincialis*, *O. longissima*, *S. inaequalis*. В первой группе, в свою очередь, можно выделить хищников (*E. gracile*, *R. venosa*, *S. tauricus*) и полифагов (*N. succinea*, *N. zonata*, *P. dumerilii*). Вторая группа состоит из фильтраторов (*A. aspersa*, *B. improvisus*, *M. denticulata*, *M. galloprovincialis*, *S. inaequalis*,) и пассивного хищника (*O. longissima*). Руководящую роль в сообществе играют представители сестонофагов. С точки зрения культивирования мидии более благоприятным является тот тип коллекторов, где доля сестонофагов ниже, поэтому было определено соотношение биомасс сестонофагов и бентофагов (рис. 7).

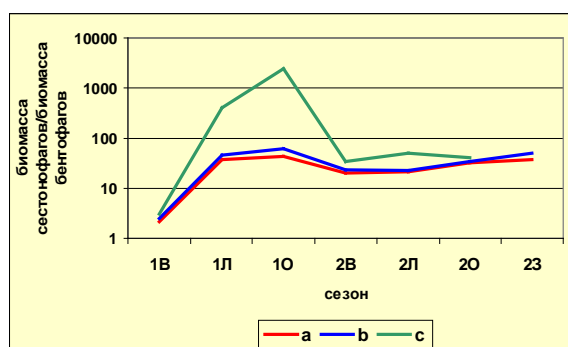


Рис. 7. Соотношение биомасс сестонофагов и бентофагов на коллекторах разного типа. Обозначения как на рис. 2.

Из графика видно, что на коллекторах типа «с» доля сестонофагов выше, а колебания этого соотношения больше, чем на двух других типах выростных субстратов,

поэтому следующая задача исследования состояла в определении факторов, смещающих это соотношение в ту или иную сторону.

4.5.1 Динамика биомассы и микробиотопическое распределение сестонофагов

На всех трех типах коллекторов биомасса сестонофагов меняется сходным образом (рис. 8). В течение цикла выращивания мидии типы коллекторов не различаются по этому признаку, что связано с микробиотопическим распределением сестонофагов на коллекторе.

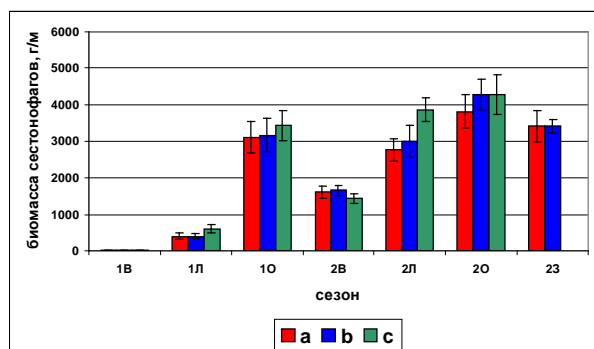


Рис. 8. Изменения биомассы сестонофагов (без мидии) на трех типах выростных субстратов. Обозначения как на рис. 3.

Микробиотопически большая часть видов-сестонофагов связана с поверхностью растущих мидий и других организмов (*B. improvisus*, *M. denticulata*, *A. aspersa*, *O. longissima*), меньшая – находит убежище внутри мидийной «щетки» (*S. inaequalis*, *A. aspersa*). Хотя поверхность раковин мидий прирастает постоянно, ее освоение беспозвоночными-обрастателями происходит только в определенные сезоны. Выявлено, что поверхность раковин сеголеток мидий не обрастает до осени первого года выращивания, когда на средней части раковины поселяются *B. improvisus*. В основном обрастание на раковинах мидий развивается летом второго года, причем периостракум раковины остается не обросшим. Это согласуется с данными других авторов (Брайко, 1974; Whal et al., 1998; Berntsson et al., 2000; Scardino et al., 2003; Bers et al., 2006). Необрастаемость молодых экземпляров и растущего края раковины определяется высокой скоростью линейного роста, соизмеримого с размерами оседающих личинок, что создает трудности для их прикрепления. Поэтому использовать для последующего оседания обрастатели могут только ту часть раковины мидий, которая прекратила активный рост и «стабилизировалась». Наибольшая по площади доступная для оседания поверхность раковины «образуется» после торможения линейного роста мидий – осенью первого и второго года.

Таким образом, образование нового микробиотопопа – нарастающей поверхности раковины мидий, и способность большинства сестонофагов поселяться на нем, определяют их высокую и не зависящую от типа коллектора биомассу.

4.5.2. Динамика биомассы и микробиотопическое распределение бентофагов

Изменения биомассы бентофагов показаны на рис. 9. Видно, что биомасса бентофагов на коллекторах типа «а» и «b» растет почти до конца цикла выращивания, а на коллекторах типа «с» она снижается в течение первого года, а затем снова растет. Биомасса бентофагов на коллекторах «а» и «b» не различается в течение всего цикла выращивания, кроме зимы второго года, когда на коллекторах «в» она была достоверно ниже, чем на «а». В то же время между этими двумя типами коллекторов и «с» выявляются достоверные различия во все периоды, кроме самого начального.

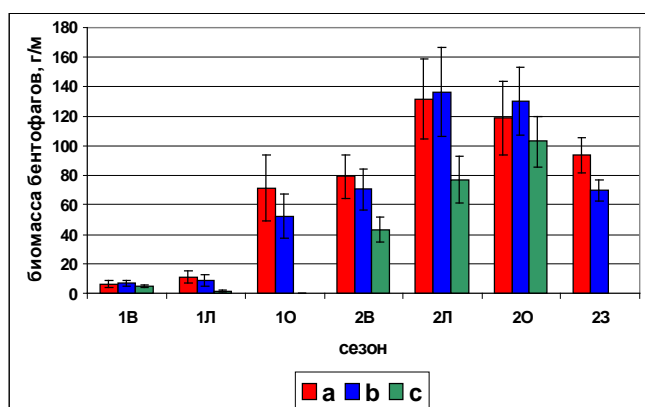


Рис. 9. Изменения биомассы бентофагов на трех типах выростных субстратов. Обозначения как на рис. 3.

Эти результаты можно объяснить, рассмотрев микробиотопическое распределение бентофагов на коллекторе. Микробиотопически большинство бентофагов в начальный период связано с поверхностью выростного субстрата (*N. succinea*, *N. zonata*, *P. dumerilii*). По мере развития полога мидий бентофаги получают дополнительное пространство в виде полостей внутри «щеток» мидий и в межбиссусных промежутках (*E. gracile*, *N. succinea*, *N. zonata*, *P. dumerilii*). Исключение составляют хищники (*S. tauricus* и *R. venosa*), топически связанные со своими жертвами (*B. improvisus* и *M. galloprovincialis* соответственно). Таким образом, биомасса бентофагов является функцией не первоначальной площади выростного субстрата, и не площади нарастающей поверхности раковины мидий, а функцией объема мидийных друз, нарастающего по мере развития сообщества. Поскольку коллекторы из тралового полотна («а») и полипропиленового каната («b») позволяют формировать друзы («щетки»)

большого объема, биомасса бентофагов на них достоверно выше, чем на коллекторах из каната с узлами.

4.6. Межвидовые связи в сообществе обрастания выростных субстратов

Межвидовые взаимоотношения в черноморском обрастании изучали М.А. Долгопольская (1954), В.Д. Брайко (1974, 1982), В.А. Гринцов (Гринцов, Полтаруха, 2004; Гринцов, 2005), используя пространственный, энергетический, временной подходы. Однако комплексная биологическая модель сообщества обрастания, в основе которой лежат как пищевые, так и пространственные взаимодействия, была построена Е.П. Турпаевой (1967, 1969, 1972, 1977, 1987) при изучении обрастания в Азовском море. Модель Е.П. Турпаевой, опирающаяся на систему симфизиологических связей, разработанную В.Н. Беклемишевым (1951), была использована в данной работе.

На начальной стадии развития сообщества преобладают косвенные топические связи между небольшим числом видов ранних обрастателей (*M. galloprovincialis*, *O. longissima*, *B. improvisus*, Nereidae). В это время ранговые структуры сообществ на разных типах коллекторов схожи, что отражает процесс первоначального заселения субстратов. К концу этого периода напряженность косвенных топических связей настолько возрастает, что это приводит к вытеснению одних видов из сообщества (*O. longissima*) или вынуждает других сменить микробиотоп (*B. improvisus*). Одновременно возникают прямые топические (*M. galloprovincialis* – *B. improvisus*, *M. galloprovincialis* – *M. denticulata*, *M. galloprovincialis* – *A. aspersa*) и трофические связи (*S. tauricus* – *B. improvisus*, *E. gracile* – Nereidae, *R. venosa* – *M. galloprovincialis*). На разных типах коллекторов к этому времени успевает сформироваться своя собственная иерархическая структура: на субстратах типов «а» и «b», где доминирование мидии выше, формирование ранговой структуры происходит быстрее.

В течение зимы межвидовые связи ослабляются под действием сезонных факторов. В это время увеличивается площадь микробиотопов разного происхождения, что, однако почти не сопровождается их заселением, и топические связи между оставшимися на коллекторах членами сообщества ослабевают. На коллекторах типов «а» и «b», способствующих более полному доминированию мидии сезонные перестройки менее выражены.

Третья стадия развития сообщества характеризуется разнообразием и напряженностью прямых топических связей, большинство из которых образуют доминанты –

мидия (*M. galloprovincialis* – *B. improvisus*, *M. galloprovincialis* – *M. denticulata*, *M. galloprovincialis* – *A. aspersa*) и балянус (*B. improvisus* – *O. longissima*, *B. improvisus* – *M. denticulata*, *B. improvisus* – *S. tauricus*). Косвенные топические взаимодействия в это время образуются в основном между мидией и видами-бенитофагами (*M. galloprovincialis* – Nereidae, *M. galloprovincialis* – *E. gracile*, *M. galloprovincialis* – *S. tauricus*). В это время сходство ранговых структур на всех трех типах субстратов отражает не процесс перестройки в сообществе, а ее результат – стабилизацию сообщества по видовому составу и вкладам отдельных видов в общую биомассу. На коллекторах типов «а» и «b» эта стабилизация происходит раньше, чем на коллекторах «с».

Таким образом, анализ межвидовых связей показывает, что в ходе цикла выращивания мидии периоды увеличения количества действующих связей и их силы чередуются периодами ослабления. При этом сообщество на тех типах субстрата («а» и «b»), которые позволяют сохранять максимальную численность мидии, проявляет меньшую зависимость от сезонных факторов. Кроме того, анализ позволяет объяснить особенности динамики отдельных видов, необъяснимые с других позиций.

ГЛАВА 5. РОЛЬ СООБЩЕСТВА ОБРАСТАНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ПРИБРЕЖНЫХ БИОЦЕНОЗОВ ЧЕРНОГО МОРЯ

Для оценки роли сообщества обрастания пелагических субстратов, используемых в марикультуре, проанализировано современное состояние донных прибрежных биоценозов на кавказском побережье Черного моря и этапы их эволюции. Современный этап характеризуется повышением мутности воды на фоне эвтрофикации, приводящей к деградации прибрежных зарослей макрофитов, снижению численности и исчезновению моллюсков-фильтраторов, упрощению структуры донных биоценозов и смене доминантов, омоложению популяций двустворчатых моллюсков, массовым вспышкам численности рапаны (Алексеев, Синегуб, 1992; Александров, 2001; Кучерук и др., 2002; Переладов, 2005; Северо-западная часть..., 2006). В прибрежных водах действует автоциклический процесс: эвтрофикация способствует повышению численности фитопланктона и снижению прозрачности воды, что приводит к деградации зарослей макрофитов и снижению численности моллюсков-фильтраторов, обитающих в этих зарослях в течение всего жизненного цикла или его части, что, в свою очередь, еще больше способствует уменьшению прозрачности.

На акватории размещения комплекса «Магри» выделены три типа донных сообществ, их краткая характеристика приведена в табл. 2. Характерными особенностями являются относительно низкая численность двустворчатых моллюсков, присутствие *R. venosa* в значительном количестве во всех выделенных сообществах на всех типах грунтов, преобладание мелких особей у *M. galloprovincialis* (до 20-22 мм), *M. lineatis* (12-14 мм), *V. gallina* (9-11 мм), отсутствие молоди *S. inaequalis* несмотря на присутствие личинок в планктоне и обильное ежегодное пополнение на коллекторах мидийной фермы.

Таблица 2. Донные сообщества на акватории комплекса «Магри».

Сообщество	Грунт, глубина, м	Общее число видов/число характерных видов	Численность макрозообентоса, экз.·м ⁻²	Биомасса макрозообентоса, г·м ⁻²
<i>M. galloprovincialis</i> + <i>M. lineatus</i>	скальные гряды, 4-12	47/12-13	730±187	682±139
<i>Venus gallina</i> + <i>S. inaequalis</i>	заиленный песок, 4-14	29/11	2067±506	514±85
<i>Rapana venosa</i> + <i>Diogenes pugilator</i>	ракушечник с илом, 15-22	14/6	180±48	2370±155

По набору видов сообщество обрастания мидийных коллекторов наиболее близко к сообществу мидии и митилястера на скальных грядах, однако в его составе присутствуют и виды, характерные для сообществ ракушечника и заиленного песка (*S. inaequalis*, *N. succinea*). По количеству характерных видов оно не уступает ни одному из донных сообществ в районе размещения плантации, что является результатом видового обеднения прибрежных донных биоценозов. По биомассе сообщества 1 га плантации к концу цикла выращивания эквивалентен 4 га скальных гряд с сообществом мидии и митилястера и 5 га песка с сообществом венуса и скафарки. Таким образом, при продолжающейся деградации прибрежных донных биоценозов кавказского побережья, сообщество обрастания искусственных сооружений, используемых для марикультуры мидий, можно рассматривать как существенный фактор мелиорации прибрежных вод.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексное изучение продукционных характеристик средиземноморской мидии на подвесных искусственных субстратах и сообщества обрастания этих субстратов позволило глубже понять механизм функционирования связей «объект культивирования – сопутствующие виды», выявить причины возникновения «критических стадий» в цикле выращивания мидии, объяснить сезонные изменения биомассы ос-

новых функциональных групп и приблизиться к пониманию механизмов сукцессии на искусственных субстратах и на этой основе дать рекомендации по оптимизации биотехники выращивания мидии. Сравнение данного сообщества с естественными донными биоценозами вмещающей акватории позволило обнаружить его уникальную роль в сохранении биоресурсов в прибрежных водах. В настоящее время, когда деградация донных биоценозов в прибрежной части кавказского побережья Черного моря привела к значительному снижению их биофильтрационной способности, сооружение донных искусственных рифов как биофильтрационных субстратов технически не отработано, дорого и малоэффективно. Поэтому подвесные искусственные субстраты, используемые для марикультуры моллюсков, можно рассматривать как самый действенный на сегодня способ повышения прозрачности воды, изъятия органического вещества и снижения эвтрофикации, сохранения молоди двустворчатых моллюсков, увеличения численности ларватона. Эти функции они выполняют параллельно с основной – получением товарной продукции. Следовательно, развитие марикультуры моллюсков на российском побережье Черного моря, помимо экономической составляющей, будет способствовать сохранению биоресурсов и поддержанию рыбохозяйственного и рекреационного значения прибрежных вод.

ВЫВОДЫ

1. Комплексное изучение продукционных характеристик мидии и динамики сообщества обрастания на мидийных коллекторах показало, что «критические стадии» в цикле выращивания мидии соответствуют этапам перестройки всего сообщества, позволило снизить влияние сезонных факторов и тем самым повысить эффективность культивирования.
2. Длина раковины мидий на трех обследованных типах коллекторов достоверно не различается на протяжении всего цикла выращивания; по различиям же в численности и биомассе мидий типы выростных субстратов можно расположить в возрастающем порядке: капроновый канат с узлами – полипропиленовый канат – траловое полотно.
3. Рост культивируемых мидий в восточной части Черного моря имеет непрерывный характер, без остановки зимой и летом второго года. Максимум линейного роста наблюдается весной-летом второго года выращивания, минимум – в начале и конце

выращивания. Абсолютный весовой прирост максимален летом и зимой второго года.

4. В сообществе обрастания обнаружено 23 вида макробеспозвоночных, из которых 12 могут считаться характерными. Наибольшая биомасса, помимо мидии, отмечена у усоногих рачков *B. improvisus* и двустворчатых моллюсков *S. inaequalvis*, численность – у немертин *E. gracile* и полихет *N. succinea*. Впервые для Черного моря в составе обрастания в значительном количестве отмечены *S. inaequalvis* и *E. gracile*.
5. Изменения биомассы сестонофагов и бентофагов в ходе развития сообщества являются результатом их микробиотопического распределения: способностью сестонофагов заселять вновь возникающие микробиотопы и приуроченностью бентофагов к пространству внутри мидийного поселения.
6. По численности, биомассе и степени доминирования мидий, по соотношению биомасс сестонофагов и бентофагов, по устойчивости к влиянию сезонных факторов, скорости установления ранговой структуры сообщества оптимальными являются коллекторы из тралового полотна и полипропиленового каната.
7. По набору и количеству характерных видов сообщество обрастания мидийных коллекторов является аналогом сообщества скальной мидии и митилястера, а по биомассе превышает его в 3-4 раза.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Иллюстративный материал к главам 1-5.

Приложение 2. Дополнения и изменения к «Регламенту работ по обслуживанию опытно-промышленного модуля для культивирования моллюсков».

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Яхонтова И.В.** Заселение полихетами искусственных рифов в Анапской бухте Черного моря. Иссл. фауны морей 43(51): 1992 [1994], с.177-182.
2. **Яхонтова И.В.** Сообщество обрастания искусственных рифов в условиях повышенной рекреационной нагрузки. Тезисы докл. Всероссийск. конференции «Экосистемы морей России в усл. антропогенного пресса» – Астрахань, 1994, с. 372-373.
3. **Яхонтова И.В.** Возможности многофункционального использования искусственных субстратов в прибрежной зоне Черного моря. //Водные биоресурсы России: решение проблем их изучения и рационального использования: Тезисы докл. науч.-практ. конф. (11 сент. 2003г., Москва, ВВЦ, пав.№38 "Рыболовство"), М, ВНИРО, 2003, с.61.
4. **Петрашов В.И., Вишневецкий С.Л., Яхонтова И.В., Разумеев Ю.В., Хребтова Т.В.** Культивирование мидий на черноморском побережье России: опыт, проблемы, перспективы// Маррикультура: аналитическая и реферативная информация// ВНИЭРХ, М, 2004, вып. 1, с. 20-39.

5. **Yakhontova I.V.**, Petrashov V.I. The mussel farm as the testing site for working on new biotechnological methods. Extended abstracts and short communication of Int. Conf. "Aquaculture Europe 2004", Barcelona, Spain, October 20-23. European Aquaculture society Special publication N 34, August 2004, p. 841-842.

6. Дергалева Ж.Т., **Яхонтова И.В.**, Коваленко Ю.И. Марикультура моллюсков и ее роль в решении проблем черноморского побережья Краснодарского края // Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки: Материалы Второй Международной научно-практической конференции. М.: Изд-во ВНИРО, 2005, с. 141-145

7. **Яхонтова И.В.**, Дергалева Ж.Т., Коваленко Ю.И. Восточное побережье Черного моря – перспективная акватория для развития марикультуры моллюсков // Рыбное хоз-во, 2005, №4, с. 37-38.

8. **Yakhontova I.** Behavioral features of ark clam *Scapharca inaequivalvis* (Bivalvia: Arcidae) and perspectives of its rearing in suspended culture in the Black sea // Book of Abstracts of International annual meeting "World Aquaculture 2005", p. 714.

9. **Yakhontova I.**, Dergaleva J., Kovalenko Ju., Rudakova N. Complex system of monitoring for estimation of environmental impact of mussel farm. // Extended abstracts and short communication of Int. Conf. "Aquaculture Europe 2005", European Aquaculture society Special publication No 35, June 2005, p. 467-468.

10. Котенев Б.Н., Дергалева Ж.Т., Бурлаченко И.В., **Яхонтова И.В.**, Богерук А.К. Состояние и перспективы развития аквакультуры в Российской Федерации. // Рыбное хозяйство, 2006, с.25-29

11. **Яхонтова И.В.** Размерная и половая структура поселения рапаны (*Rapana thomasiana* Grosse) на акватории мидийного хозяйства в восточной части Черного моря. IX Съезд Гидробиологического общества РАН (г. Тольятти, Россия, 18-22 сентября 2006 г.), тезисы докладов, т. II/ Отв. ред. Академик РАН, д.б.н. А.Ф. Алимов, чл.- корр. РАН, д.б.н. Г.С. Розенберг.– Тольятти: ИЭВБ РАН, 2006, с. 258

12. Kotenev B., Bourslatchenko I., Dergaleva J., **Yakhontova I.** Strategy of aquaculture development in Russia // Book of Abstracts of International annual meeting "Aqua2006", May 9-13, Florence, Italy, p. 480

13. **Yakhontova I.** Growth rate of ark clam *Scapharca inaequivalvis* (Bivalvia: Arcidae) in cage culture in the Black sea. // Book of Abstracts of International annual meeting "Aqua2006", May 9-13, Florence, Italy, p. 1015.

14. Котенев Б.Н., Богерук А.К., Бурлаченко И.В., Дергалева Ж.Т., Микодина Е.В., Николаев А.И., Смирнов Б.П., **Яхонтова И.В.** Стратегические направления развития аквакультуры России. – Москва, изд-во ВНИРО, 2007. – 46 с.

15. **Яхонтова И.В.**, Дергалева Ж.Т. Марикультура моллюсков на Черноморском побережье России. // Рыбпром, 2008, №2, с. 45-47.

Благодарности. Выражаю свою искреннюю благодарность и признательность всем, без чьей помощи, поддержки, консультаций эта работа не могла бы быть выполнена: директору ВНИРО к.г.н. Б.Н. Котеневу, д.б.н. В.Я. Павлову, д.б.н., профессору А.А. Нейман, зав. сектором Ж.Т. Дергалевой, зав. сектором д.б.н. И.В. Бурлаченко, д.б.н., профессору Е.В. Микодиной, к.б.н. З.М. Сергиевой, к.б.н. Т.В. Хребтовой, вед. инж. Ю.В. Разумееву, инж. И.В. Солохину, к.б.н. И.А. Садыховой, к.б.н. А.И. Николаеву, к.б.н. О.П. Цвылеву; сотрудникам КФ ВНИРО к.б.н. Ю.И. Коваленко, Н.А. Рудаковой, В.И. Петрашову, С.Л. Вишневному; сотрудникам ООО ВНТК «Мидия» А.А. Мещерякову, В.Ю. Никитину, А.А. Горчакову; а также С.А. Веретягину, Ю.А. Митенкову, А.Е. Пименовой, А.В. Тюнниковой, сотрудникам отдела воспроизводства и марикультуры ВНИРО.

