

РГБ ОД

27 ЯНВ 1997

На правах рукописи

МАСЛЕННИКОВ

Сергей Иванович

**ОБРАСТАНИЕ УСТАНОВОК МАРИКУЛЬТУРЫ
ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА
В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО
(ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

03.00.18 - Гидробиология

АВТОРЕФЕРАТ

**Диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**



Владивосток

1996

Работа выполнена в Лаборатории экологии шельфовых сообществ
Института биологии моря Дальневосточного отделения Российской
Академии Наук

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ - *старший научный сотрудник,*
кандидат биологических наук А.Ю. Звягинцев

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:

доктор биологических наук В.Г. Тарасов

кандидат биологических наук, профессор ДВГУ В.А. Кудряшов

Ведущее учреждение: Московский государственный университет

Защита состоится 28 сентября 1997 г. в 10 часов, на заседании диссертационно-
го совета Д 003.66.01 при Институте биологии моря ДВО РАН по адресу: 690041,
г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17, Институт биологии моря.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института биологии моря ДВО РАН.

Автореферат разослан 15 сентября 1996 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат биологических наук

Будникова - Л.Л. Будникова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Одной из важных проблем фундаментальных исследований в биологии является изучение закономерностей в формировании и функционировании морских сообществ обрастания. Необходимость изучения обрастания гидробиотехнических установок возникла с развитием хозяйств марикультуры, в которых применялись технологии подвешенного выращивания двустворчатых моллюсков. Установки марикультуры, как любые гидротехнические сооружения на морском шельфе, являются субстратом для морских организмов, сами становятся частью окружающей среды, существенно изменяя динамику, состав и структуру экосистем.

Проблема обрастания является ключевой при культивировании моллюсков. Сильное обрастание конструкций гидробиотехнических сооружений [ГБТС] увеличивает их общий вес, снижает штормоустойчивость, повышает материалоемкость производства. Обрастание установок марикультуры вынуждает делать частые пересадки моллюсков и очистку ГБТС от обрастания. Поселения организмов-обрастателей являются производителями большого числа личинок, оседающих на антропогенных поверхностях. Обрастатели конкурируют с культивируемыми моллюсками за пространство, пищу и кислород, существенно влияя на урожайность (Уитон, 1985). Кроме того, обрастатели усугубляют проблему загрязнения используемой акватории - фекалии и псевдофекалии беспозвоночных [культивируемых моллюсков и обрастателей] (Hoskin, Courtney, 1983), скапливаясь под плантациями, стимулируют процессы сероводородного брожения с последующим заражением дна и подъемом сероводорода к культивируемым моллюскам (Левин, 1981; Уитон, 1985). Растворенные аутометаболиты обрастателей вызывают эвтрофикацию акватории. Загрязнение водной среды снижает урожайность культивируемых организмов.

Для решения проблемы обрастания установок марикультуры гребешка должно быть найдено решение следующих вопросов: 1) снижение биомассы обрастания на конструктивных элементах установок марикультуры до величин, не оказывающих заметного влияния на функционирование и штормоустойчивость гидробиотехнических сооружений; 2) избежание обрастания двустворчатыми моллюсками; 3) обеспечение сохранения качества водной среды в процессе культивирования.

Большинство методов предотвращения и уменьшения ущерба от биообрастания основано на применении токсичных агентов. Для гидробиотехнических сооружений такая защита не подходит. Культивируемые объекты более чувствительны к токсинам, входящим в состав противообрастающих покрытий, чем основные обрастатели. Единственно возможным вариантом защиты является разработка технологических приемов культивирования, которые позволяют преодолеть или снизить отрицательное воздействие обрастания на процессы культивирования.

Цель работы - изучение закономерностей формирования и функционирования сообщества обрастания на установках марикультуры гребешка, что включает в себя: 1) исследование динамики сообществ обрастания; 2) получение целостной картины взаимодействия плантаций марикультуры с природными экосистемами.

Задачи исследования. 1. Изучить особенности распределения видового состава и показателей количественного обилия обрастателей. 2. Исследовать процессы формирования сообществ обрастания, их динамику и ход сукцессионных изменений. 3. Изучить обрастание установок марикультуры, размещенных в открытых акваториях на больших глубинах. 4. Исследовать динамику планктона в районах культивирования моллюсков. 5. Разработка рекомендаций для уменьшения и предотвращения отрицательного воздействия обрастания на процесс культивирования моллюсков, без применения химиче-

ских и механических способов защиты, с использованием технологических приемов выращивания.

Научная новизна. Проведен многолетний мониторинг развития фито- и меропланктона в районе хозяйства марикультуры, глубоководного сообщества обрастания на установках марикультуры гребешка. Исследована сезонная и межгодовая динамики сообщества обрастания на установках марикультуры гребешка. Изучена термостратифицированность водной массы в защищенных и открытых акваториях.

Теоретическое и практическое значение работы. Практическое значение работы заключается в разработке новых технологических принципов для выращивания моллюсков на открытом шельфе. Испытано устройство (совместно с И.А. Кашиным) для выращивания моллюсков на открытом шельфе. Определены возможные пути решения проблемы биогенного загрязнения акватории при марикультуре моллюсков. Составлены научно-производственные проекты по санитарно-товарной марикультуре моллюсков на открытом шельфе и выращиванию крабоидов при культивировании моллюсков. Реализация данных проектов на практике позволит в течение 10 лет насытить рынок России гребешком, восстановить промысловую популяцию камчатского краба в Российской экономической зоне Японского моря.

Изучение закономерностей в развитии сообщества обрастания позволяют подойти к познанию взаимосвязей в морских экосистемах. Последнее необходимо для выработки стратегии адаптивного управления природными биоресурсами и снижения антропогенного пресса на прибрежные экосистемы.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались и обсуждались на: Всесоюзной конференции по биоповреждениям (Донецк, 1987); Всесоюзной конференции "Вклад молодых учёных в решение современных проблем океанологии и гидробиологии" (Севастополь, 1988); Всесоюзной

конференции "Научно-технические проблемы марикультуры в стране" (Владивосток, 1989); Всесоюзном совещании по морскому обрастанию и биокоррозии (Владивосток, 1989); Всесоюзной конференции "Рациональное использование биоресурсов Тихого океана" (Владивосток, 1991); Научно-практической конференции "Пути развития и совершенствования энергетики Приморья" (Владивосток, 1993); Всероссийской научно-практической конференции "Биоповреждения в промышленности" (Пенза, 1994); Международном симпозиуме по аквакультуре (Краснодар, 1995); Научной конференции ДВГУ (Владивосток, 1986); Межлабораторных коллоквиумах ТИНРО при защите хоздоговорных отчетов (Владивосток, 1987-1988); Юбилейной конференции, посвященной 20-летию Института биологии моря (Владивосток, 1987), на годичных конференциях ИБМ ДВО РАН в 1991-1996 гг., Гидробиологическом семинаре ИБМ ДВО РАН и научных семинарах лаборатории экологии шельфовых сообществ ИБМ ДВО РАН.

Публикации. Основные положения диссертации отражены в 10 опубликованных работах.

Объем и структура работы. Объем диссертации составляют 220 страниц. Диссертация состоит из введения, 10 глав, списка литературы и 3 приложений. Текст иллюстрирован 46 рисунками и 17 таблицами. Список литературы включает 241 названий, из которых 55 на иностранном языке. Первое приложение содержит таблицы и рисунки. Второе и третье приложения содержат научно-производственные проекты с ТЭО по реализации практических предложений, полученных на основе материалов диссертации.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. Материал и методика

Материалом для настоящей работы послужили сборы обрастания с промышленных и экспериментальных ГБТС для выращивания приморского

гребешка *Muzuchopecten yessoensis*. Сбор материала производился на следующих акваториях залива Петра Великого: 1) траверз западного берега о-ва Таранцева (залив Посьета); 2) бухта Алексеева, остров Попова (Амурский залив); 3) бухта Северная и юго-западный траверз о-ва Герасимова в Славянском заливе (Амурский залив); 4) траверз юго-восточного мыса о-ва Рейнеке (Уссурийский залив, мористая часть).

Для сбора материала во всех районах, кроме Уссурийского залива, использовались установки П-образной конструкции. В районе юго-восточного мыса о-ва Рейнеке, в Уссурийском заливе, применялась установка другой конструкции (Кашин, Масленников, 1989). Она состояла из тех же элементов, но их пространственное расположение и точки крепления несколько отличались. Глубина моря в месте расположения установки составляла 30 м.

Отбор проб проводился с помощью легководолазной техники. Одновременно со сбором проб обрастания производился отбор проб меропланктона. Всего собрано порядка 1500 проб обрастания и 450 проб планктона. Сборы планктона проводили, не менее 2-х раз месяц, ежедекадно в летние месяцы, с августа 1986 г. по декабрь 1990 г. в б. Алексеева, о-ва Попова, в районе плантаций для выращивания гребешка, и с 1988 по 1990 гг. на постоянной станции, расположенной в районе экспериментальной установки на о-ва Рейнеке. В 1990 г. в б. Алексеева производился сбор проб фитопланктона. Одновременно с отбором проб планктона измеряли температуру воды от поверхности до дна через 5 метров. Данные по содержанию кислорода и по солености были получены из отчетов ДВНИИГМИ. Машинная обработка данных производилась на персональном компьютере типа IBM PC 486.

На завершающем этапе работа поддерживалась Комитетом по рыбной промышленности Администрации Приморского края и Грантом губернатора Приморского края.

ГЛАВА 2. Краткая физико-географическая характеристика района исследований

Вертикальная структура верхнего слоя прибрежных вод

Принято считать, что волнение, перемешивая поверхностную водную толщу до глубин 15-20 м, где располагается сезонный термоклин, приводит к однородности ее термических, гидрохимических и других характеристик. В то же время особенности вертикального распределения обрастания и планктона, а также миграционное поведение донных животных заставляют задуматься о наличии температурной стратификации выше сезонного термоклина.

Результаты позволяют отметить две общие закономерности: 1) наличие температурной стратификации в слое воды 0-5 м, а также 5-10 и 10-15 м; 2) периодическое увеличение температурного градиента на данных глубинах до максимума летом и уменьшение его (вплоть до полной гомотермии) с зимним похолоданием. Сезонная динамика стратификации верхнего 5-метрового слоя воды по солености и концентрации кислорода синхронна с температурной стратификацией. Полученные результаты позволяют сделать следующий вывод: в наиболее теплое время года физико-химические характеристики вод на глубине 0 м достоверно отличаются от таковых на глубинах 5-6 м и между горизонтами 5 и 10-15 м.

Изучение температурной стратификации открытых (мористых) частей Уссурийского и Амурского заливов позволяют подтвердить наличие в этих акваториях температурных градиентов. Однако расположение достоверно отличающихся по температуре слоев воды, сезоны появления и исчезновения градиентов температур между ними отличаются от наблюдаемых в прибрежных акваториях. Это можно объяснить отсутствием значительного распре-

нения, наблюдаемого в прибрежных (защищенных) акваториях, а также большей температурной инерцией водных масс мористых частей заливов.

ГЛАВА 3. Динамика и распределение планктона

Многолетние исследования личиночного планктона в б.Алексеева выявили его значительные количественные и структурные изменения, произошедшие в данной акватории. Сравнение полученных нами в 1986 - 1988 гг. данных с результатами 1973-74 гг. показали, что за 13 лет произошло резкое сокращение количества личинок массовых групп беспозвоночных. Суммарная их численность в летний период снизилась с нескольких тысяч до 500-800 экз./м³. Наиболее впечатляющую картину представляет анализ изменения численности личинок иглокожих. Снижение численности этой группы личинок произошло не менее чем на два порядка.

Если на протяжении 1986-88 гг. плотность меропланктона б.Алексеева была аномально низкой и не превышала 500-800 экз./м³, то в 1989-90 гг. картина существенно изменилась. Количество личинок в раннелетний максимум достигло 2,5- 3 тыс. экз./м³, что намного ниже значений 1973-74 гг., но значительно превышало данные предыдущих трех лет.

Можно предположить, что резкое снижение суммарной численности меропланктона по сравнению с таковой в 1973-74 гг. и его структурные изменения, а также увеличение количества личинок, начиная с 1989 г., в значительной степени связаны с функционированием плантаций гребешка.

Как известно, личинки морских беспозвоночных обладают значительно большей чувствительностью к неблагоприятным воздействиям окружающей среды, чем взрослые животные. Нормальное эмбриональное и личиночное развитие нарушается под воздействием не только поллютантов, но и морской воды, взятой из естественного водоема, подверженного антропогенному прессингу (Kobayashi, 1991). Влияние загрязнения на личинок может быть

опосредованным, через нарушение развития половых клеток, приводящее к появлению нежизнеспособного потомства у отдельной особи и, как следствие, нарушению воспроизводства популяции в целом (Ващенко и др., 1992).

Детальное исследование многолетних изменений в планктонном ценозе личинок усоногих раков показало, что суммарная численность науплев и ципривидных личинок уменьшилась по сравнению с данными 1973-74 гг. В 1986-88 гг. доминирующими формами здесь стали личинки обрастателей и эпibiонтов культивируемых моллюсков, в частности личинки вида - оппортуниста *Balanus improvisus*, в то время как численность видов, обитающих преимущественно в бентосе, была незначительной.

После того как плантация была демонтирована, в конце 1989 г доля личинок обрастателей резко снизилась, увеличилось количество науплев и ципривидных личинок бентосных форм, например *Balanus rostratus* (Жорн, 1991). Нечто подобное произошло с личинками полихет - в 1988 г сместились максимумы их численности. Но наиболее показательным является резкое возрастание в 1989 г. численности личинок иглокожих, которые, как известно, являются самыми чувствительными к загрязнению в ряду личинок донных беспозвоночных (Kobayashi, 1979).

Изменения отмечены и в фитопланктоне. По сравнению с ранее проведенными исследованиями фитопланктона б.Алексеева в 1979-1981 гг. (Паутова, 1990), нами отслежены изменения в структуре и динамике фитопланктона. Зарегистрировано смещение максимума общей численности микроводорослей с осенних месяцев на летние. Анализ динамики численности *Skeletonema costatum* показал, что в сравнении с более ранними наблюдениями (Паутова, 1990) максимум развития вида смещается на июнь, Отмечено "цветение" вида-индикатора эвтрофных вод *Thalassionema nitzschioides*, развитие которого определяет летний максимум фитопланктона б. Алексеева.

По сравнению с данными Паутовой (1990), уменьшился осенний максимум развития *S. costatum* и сместился на июнь. Используя данные Паутовой (1990) и наши собственные, а также список видов-индикаторов уровня трофности вод (Yamada et al., 1980б) проделали ежемесячное определение трофности водоема по шкале общей плотности фитопланктона (Yamada et al., 1980а). Общий уровень трофности не изменился. За исключением октября и ноября 1990 г. воды б.Алексеева как в 1979-81 гг., так и в 1990 г. классифицируются как эвтрофные. В октябре и ноябре воды бухты можно отнести к олиготрофным. С демонтажем установок марикультуры исчез локальный источник эвтрофикации бухты. Однако полной деэвтрофикации акватории, по-видимому, еще не произошло, так как с момента прекращения деятельности хозяйства марикультуры до момента сбора проб фитопланктона прошло менее 2 лет, а по данным Садыковой (1996 а,б) для восстановления структуры грунта и характеристик водной массы требуется 3-4 года. Так как в 1988 г. был произведен лишь частичный демонтаж плантаций в бухте, воздействие ГБТС продолжалось еще некоторое время. Этим можно объяснить остаточную эвтрофикацию акватории после демонтажа установок марикультуры.

Изменение сезонной динамики *S. costatum*, возможно, связано с отсутствием фильтрационного пресса культивируемых моллюсков, что позволяет микроводорослям достигать максимума развития в наиболее благоприятных для фотосинтетиков условиях окружающей среды: высокие температуры воды, максимальный фотопериод, нарастающая стратификация.

Отмечена высокая связь (0,987) между изменчивостью численности меропланктона и общей биомассой зоопланктона. Это позволяет сделать вывод, что изменение концентрации меропланктона отражает изменение концентрации всего зоопланктона.

ГЛАВА 4. Воздействие хозяйств марикультуры на прибрежные экосистемы

Культивируемые организмы трансформируют среду своего обитания. Биохимический состав растворенного органического вещества в местах искусственного разведения моллюсков и в местах обитания природных популяций различаются. В районе плантаций отмечается так называемое биологическое загрязнение (Агатова и др, 1983; Левин, 1981). Под действием плантаций моллюсков в бентосе идут процессы изменения биоты на площадях, во много раз превышающих размеры самого хозяйства (Переладов, Сергиева, 1989). Аккумуляция богатых органикой биоотложений донными осадками и сопутствующе ей физико-химические изменения вызывают ухудшение качества воды и приводят к падению продуктивности марикультурных хозяйств (Agasawa et al., 1971). Помимо влияния на культивируемые организмы, аккумуляция биоотложений оказывает воздействие на соседние сообщества макробентоса. В период наибольшего прогрева воды стимулируется микробное разложение донной органики, что вызывает дефицит кислорода в придонных слоях воды (Mattsson, Linden, 1983). При этом область непосредственно под плантацией может становиться совершенно безжизненной (Brown et al., 1987). На прилегающих участках дна происходит быстрое размножение видов-оппортунистов и исчезновение многих видов, неустойчивых к последствиям органического обогащения (Brown et al., 1987; Weigelt, 1991).

В результате размещения плантаций марикультуры моллюсков на акватории происходит следующее : 1. Изменяется гидрологический режим акватории и уменьшается водообмен; 2. Формируется специфический ценоз обрастания на установках марикультуры; 3. Культивируемые моллюски и организмы-обрастатели с установок марикультуры профильтровывают значительный объем воды бухты, при этом их пищевые потребности составляют весо-

мую часть трофического потенциала бухт, в которых размещены марихозяйства.

В экосистеме бухты под влиянием установок марикультуры моллюсков происходят следующие изменения: 1) Под влиянием экзометаболитов, выделяемых с плантации, изменяется биохимический состав воды; 2) Изменяется состав и динамика фито- и зоопланктона, в зоопланктоне уменьшается видовое богатство и количество личинок донных беспозвоночных; 3) Уменьшается оседание молоди промысловых беспозвоночных на коллектора; 4) Биоотложения с плантаций вызывают заиление грунта; 5) Под плантациями увеличивается количество гетеротрофных микроорганизмов; 6) В районе плантаций отмечается уменьшение видового разнообразия макро- и мейофауны, вплоть до разрушения сложившихся бентических ценозов; 7) Изменения биоты отмечаются на площадях, во много раз превышающих размеры самих плантаций.

ГЛАВА 5. Обрастание гидробиотехнических установок

Обрастание ГБТС представлено: водорослями, губками, гидроидами, актиниями, турбелляриями, немертинами, полихетами, ракообразными (усоногими, разноногими и равноногими), моллюсками (брюхоногими и двустворчатыми), мшанками, морскими звездами и асцидиями. Такие организмы, как *Bougainvillia ramosa* и *Obelia longissima* (Hydrozoa), *Demonax leucaspius*, *Harmothoe imbricata* и *Nereis zonata* (Polychaeta), *Balanus crenatus* (Cirripedia), *Crenomytilus grayanus*, *Hiatella arctica* и *Mytilus trossulus* (Bivalvia), *Holocynthia aurantium* (Ascidia) являются обычными для обрастания рассматриваемых объектов. Видовое богатство обрастания на ГБТС в полузакрытой б.Алексеева больше, чем на установке размещенной на открытой морской акватории зал. Посьета. На рассматриваемых сооружениях, экспонированных 13 месяцев, сформировалось мидиевое сообщество обрастания.

С увеличением глубины наблюдается обеднение видового состава обрастания - с 52 видов на глубине 5-7 м до 37 видов на глубине 14-16 м в бухте Алексеева, и с 39 видов на глубине 5-7 м до 8 видов на 26-28 м у о-ва Таранцева. На глубине 26-28 м в обрастании садков ГБТС, экспонировавшегося у о-ва Таранцева отмечены *B. ramosa* и *O. longissima* из гидроидов, *Cnidopus japonica* из актиний, *N. zonata* из полихет, *H. arctica*, *Mya japonica* и *M. trossulus* из двустворчатых моллюсков и асцидия *H. aurantium*. Основную биомассу составляют двустворчатые моллюски. В количественных показателях этих сооружений прослеживается такая же тенденция: биомасса обрастания (5745 и 4185 г/м² на глубинах 5-7 и 14-16 м, соответственно) в бухте Алексеева намного выше, чем у о-ва Таранцева (2160 и 300 г/м²) на тех же глубинах. Биомасса обрастания садков с увеличением глубины уменьшается в 48 раз. Мидия глубже 15 м встречается единично.

ГЛАВА 6. Пионерные стадии сукцессии обрастания садков

Традиционная картина убывания биомассы сообщества с глубиной наблюдалась только в мае. В другие месяцы, за исключением октября, наблюдалось обратное распределение биомассы - возрастание с глубиной. В октябре наблюдалось относительное выравнивание биомассы сообщества на наблюдаемых горизонтах. Наибольшие биомассы сообщества на горизонте 5 м в первой серии (садки, выставленные в мае) зарегистрированы в мае для сообщества возрастом один месяц. На горизонтах 7,5 м и 10 м той же серии наибольшие биомассы отмечены в июне для сообщества двухмесячного возраста. Максимальные биомассы обрастания отмечены на садках [СД] осенней серии (выставленных в сентябре), также для сообщества двухмесячного возраста. Максимальный рост биомассы сообщества совпадает с сезонными максимумами развития планктона, являющегося пищей для организмов-обрастателей.

Во всех трех сериях на всех глубинах основу сообщества обрастания составляют гидроидные полипы. В первой серии это *O. longissima*, а во второй и третьей - *B. ramosa*. Наибольшее видовое богатство отмечено в июле, августе и октябре. В августе, несмотря на незначительный возраст сообщества (один месяц), видовое богатство на всех глубинах сравнимо с таковыми в июле и сентябре. В августе наблюдаются максимальные температуры воды и минимальные концентрации кислорода. В этот период обычно доминирующие виды не имеют значительных преимуществ в росте (всвязи с минимальной трофобазой и низким оседанием) перед другими организмами и формируется многовидовое сообщество.

При помещении СД в воду осенью, когда идет охлаждение воды, активность хищников, влияющих на сообщество обрастания, уменьшается. Вследствие этого в сообществе обрастания наблюдается быстрый рост гидроидных полипов, с почти полным их доминированием. При этом также наблюдается нарастание в сообществе доли амфиподного компонента, но гораздо меньшими темпами, чем в сезон прогрева воды.

Влияние хищников (капреллид, изопод) на структуру сообщества заметно лишь при увеличении температуры воды и стратифицированности водной массы, когда одновременно с уменьшением трофобазы растут затраты на дыхание. При уменьшении температуры воды и увеличении трофобазы влияние хищников на структуру сообщества незначительно.

ГЛАВА 7. Многолетняя динамика сообщества обрастания

Наличие одного безусловного доминанта (мидии) на большинстве исследуемых глубин, независимо от возраста гирлянд СД, подтверждает то, что данное сообщество обрастания установок марикультуры после 16-ти месячной экспозиции в море находилось в последней фазе формирования сукцессии - мидиевого климакса.

Изменения общей биомассы у разновозрастных гирлянд образуют в большинстве случаев два пика на глубинах 1,5 и 4 м. Распределение общей биомассы на гирляндах 16-, 33-, 46-месячного возраста хорошо иллюстрирует эту бимодальность. Более интенсивное оседание мидии происходит в слое воды 0-2 м. В этом горизонте *M. trossulus* составляет до 99% общей биомассы.

Анализ изменения общей биомассы обнаруживает неявную тенденцию уменьшения её значений с глубиной. Распределение биомассы сообщества обрастания с экспозицией 33 месяца показывает обратную зависимость: её значения возрастают с глубиной и достигают 64 кг/м² на глубине 4 м. Это, по-видимому, связано с частичной деградацией сообщества на верхнем горизонте вследствие аутоэвтрофикации. Через год восстанавливается прежняя закономерность в распределении общей биомассы. Более отчетливо тенденция уменьшения общей биомассы прослеживается с увеличением диапазона исследуемых глубин, когда значения различаются на порядок.

Изменение общей плотности поселения по глубинам и во времени не везде совпадает с характером изменения общей биомассы. Это происходит потому, что, в отличие от биомассы, которую дает в основном один доминирующий вид (мидия), по показателям плотности поселения сообщество обрастания представлено несколькими лидирующими организмами, сменяющимися друг друга. Помимо мидии доминантами чаще являются другие виды двустворчатых моллюсков, разноногие раки, многощетинковые черви, баланусы, в совокупности составляющие до 80% общей плотности поселения. С увеличением возраста исследуемых гирлянд и с глубиной происходит уменьшение степени доминирования мидии.

Видовое богатство сообщества обрастания возрастает при увеличении срока экспозиции. У более молодого сообщества максимальное видовое богатство отмечено на глубине 4 м. У сообществ более старшего возраста видо-

вое богатство максимально на глубине 1,5 м. На глубинах 2-2,5 м у сообществ всех сроков экспозиций отмечался минимум видового богатства. Максимум видового богатства в сообществе обрастания совпадает с максимальной биомассой и плотностью поселения обрастателей лишь в двух случаях: 1) при максимально наблюдаемом возрасте сообщества; 2) при попадании донных хищников (морских звезд) на гирлянды СД.

ГЛАВА 8. Обрастание экспериментальной придонной установки

Динамику обрастания на экспериментальной глубоководной установке можно представить в следующем виде. При начале экспозиции в августе-сентябре происходит слабое оседание личинок мидии и гидроидов лишь на верхние садки (глубина 8-14 м). При осеннем охлаждении воды продолжается оседание и рост гидроидов, а также рост осевшей мидии. Мидии при этом расселяются из участков интенсивного оседания вниз по гирлянде садков, на незанятые субстраты. Миграция идет до достижения глубины сезонного термоклина, где отмечается максимальная биомасса. Во время зимнего и весеннего периодов экспозиции продолжается рост гидроидов и мидий, но сползание мидий прекращается. Распределение биомассы обрастания на установке в этот период выравнивается. Вместе с прогревом вод начинается деградация поселений гидроидов в связи с уменьшением трофобазы. Общая биомасса обрастания на установке при этом снижается. Одновременно происходит новое оседание мидий и миграция моллюсков в глубину. В дальнейшем цикл повторяется.

На горизонтах 10 и 15 м. формируется мощное мидиевое обрастание, которое достигает биомассы около 20 кг/м^2 . На ниже расположенных садках мидиевое обрастание не формируется. На садках отмечается оседание и рост молоди камчатского краба, который питается обрастателями. Молодь краба отмечена в нижних горизонтах (25 -30 м). На более верхние садки отмечено

оседание молодежи гребешка (15-20 м). На глубинах 20 м и более по биомассе в сообществе доминируют гидроиды, а по плотности поселения - капреллиды.

Таким образом, в течении двух лет экспозиции на экспериментальной установке формируется два различных сообщества обрастания: на верхних садках - мидиевое, на нижних - гидроидное.

Полученные результаты позволяют сделать следующий вывод: размещение установок в открытой акватории с глубинами более 15-20 м позволяет избежать мидиевого обрастания садков. Формирующееся на СД гидроидное обрастание не создает помех выращивания гребешка.

ГЛАВА 9. Формирование и функционирование сообщества обрастания на ГБТС

Сообщество обрастания на установках марикультуры формируется в две фазы. Первая - это пионерное сообщество обрастания, представленное гидроидным сообществом. Вторая - климаксное сообщество обрастания с доминированием тихоокеанской мидии.

Первая фаза макрообрастания характеризуется интенсивным развитием быстрорастущих организмов - гидроидов. На гидроидах начинают интенсивно расти и питаться капреллиды, соотношение обилия между которыми определяет напряженность отношений хищник-жертва. Влияние хищников на структуру сообщества заметно лишь при увеличении температуры воды, когда одновременно с уменьшением трофобазы растут затраты на дыхание. При уменьшении температуры воды и увеличении трофобазы влияние хищников на структуру сообщества незначительно. В период летнего минимума планктона, при максимальной стратификации водной толщи, гидроидное сообщество находится в депрессивном состоянии. В этот момент создаются благоприятные условия для оседания мидии. В зависимости от времени помещения субстратов в воду срок достижения мидиевой фазы может растягиваться

от 2-3 месяцев до года. При экспозиции более 12 месяцев на всех субстратах отмечается климаксное мидиевое сообщество.

Климаксное мидиевое сообщество обрастания испытывает волнообразные колебания биомассы и плотности поселения с увеличением срока экспозиции. Видовое богатство климаксного сообщества возрастает с увеличением срока экспозиции. При дальнейшем увеличении срока экспозиции бимодальный характер вертикального распределения биомассы и плотности поселения сменяется на унимодальный.

При размещении плантаций марикультуры моллюсков в закрытых и полузакрытых бухтах происходят изменения в сообществах планктона и бентоса. В частности, происходит эвтрофикация водной массы и донных осадков. Эвтрофикация приводит к снижению общего количества и продуктивности зоопланктона при увеличении фитопланктона. Уменьшение продуктивности зоопланктона приводит к деградации пионерного гидроидного сообщества на установках марикультуры, тем самым обеспечивается более быстрое формирование мидиевого обрастания. Кроме того эвтрофикация акватории увеличивает выживаемость осевшей молоди и улучшает развитие взрослых особей мидий.

Таким образом, само по себе размещение плантаций моллюсков в закрытых и полузакрытых бухтах способствует формированию мидиевого обрастания за счет эвтрофикации акватории и сопутствующим ей изменениям в экосистеме.

Смена фаз сукцессии и, соответственно, смена доминантов в сообществе обрастания происходят в течение летнего периода повышенных температур воды, максимальной стратификации водной массы и минимального развития планктона, то есть трофобазы организмов-обрастателей. Этот период можно назвать критическим, так как в течении его происходит перестройка сообщества обрастания.

С удалением от мелководий и увеличением глубины отмечается снижение биомассы, плотности поселения и видового богатства. Наступление мидиевого климакса в сообществе обрастания на установках, размещенных в открытых акваториях, растягивается на более продолжительный срок - до 2 лет. На глубинах более 15 м в открытых акваториях мидиевый климакс в сообществе обрастания не формируется.

С удалением от берега и увеличением глубины на открытой акватории происходит снижение трофности водной массы. Это выражается в уменьшении количества фитопланктона. В олиготрофных водах сукцессия в обрастании приобретает классический вид: фаза быстрорастущих организмов (гидроидов) предшествует фазе двустворчатых моллюсков. При увеличении глубины условия для развития фитопланктона ухудшаются, соответственно ухудшаются и условия для оседания и роста молоди мидии.

С глубиной уменьшается температура воды и количество фитопланктона, что негативно сказывается на формировании мидиевых поселений. При уменьшении температуры снижаются затраты на дыхание у гидроидов и уменьшается активность хищников, выедающих полипы. С увеличением глубины одновременно с уменьшением температуры и трофности вод происходит сокращение длительности "критического периода". Само время наступления его сдвигается на конец августа начало сентября. Причем в открытой акватории стратификации водной толщи в августе наблюдается до глубины 15 м.

На глубинах ниже 15 м стратификация отмечается только в октябре, когда вода имеет уже довольно низкую температуру. Пиковых (17°C) значений температура воды на глубинах более 15 м достигает в сентябре. При такой температуре в прибрежных водах у гидроидных полипов на ГБТС отмечается интенсивный рост.

Таким образом, на глубинах более 15 м, ниже слоя сезонного термоклина, "критический период" в сообществе обрастания не наступает, в результате чего не происходит смены фаз сукцессии. На глубине 15-20 м мидневое сообщество обрастания уже не может образоваться в течение 2 лет, даже если уже осевшие особи моллюсков мигрируют из выше расположенных горизонтов. На этих глубинах не отмечается значительного оседания моллюсков. В то же время на этих глубинах обнаружено большее разнообразие хищников (голожаберные моллюски и ракообразные (капреллиды, изоподы и декаподы)), которые не дают развиваться оседающей молодежи мидий. Гидроидные полипы, являясь хищниками, по-видимому, сами весьма успешно противостоят мидиевому вселению.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- 1) Марикультура моллюсков в закрытых и полужакрытых бухтах вызывает эвтрофикацию акватории, приводит к качественным и количественным изменениям фитопланктона, оказывает отрицательное воздействие на сообщества зоопланктона и бентоса.
- 2) Сообщество обрастания на установках марикультуры формируется в две фазы. Первая - это пионерное сообщество, представленное гидроидным обрастанием. Вторая - климаксное сообщество обрастания с доминированием тихоокеанской мидии.
- 3) Видовое богатство сообщества обрастания СД возрастает с увеличением срока экспозиции и уменьшается с глубиной.
- 4) Убывание биомассы пионерного сообщества обрастания с глубиной наблюдается только в весенние месяцы. Максимальный прирост биомассы сообщества совпадает с максимумами развития планктона.

- 5) Гидрондное обрастание не оказывает биопомех в процессе культивирования моллюсков. Мидиевое сообщество формируется за счет оседания личинок и молоди моллюсков в период летнего минимума планктона.
- 6) В сообществе обрастания ГБТС на протяжении четырёх лет экспозиции на глубинах от 1,5 до 5,5 метров наблюдается устойчивое доминирование *Mytilus trossulus* по биомассе, по плотности поселения доминирование мидии отмечается только до глубины 2,5 м.
- 7) С увеличением глубины и возраста мидиевого сообщества обрастания СД происходит изменение структуры сообщества (монодоминантного на полидоминантное), уменьшается диапазон колебаний суммарной плотности поселения.
- 8) На открытой акватории, на глубинах более 15 м, сообщество обрастания не достигает мидиевой фазы развития в течении 2-х лет. Размещение установок марикультуры моллюсков на открытых акваториях в придонных слоях воды позволяет избежать мощного мидиевого обрастания и отрицательного воздействия культивирования на природные экосистемы.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Санитарно-товарная поликультура моллюсков на открытом шельфе

На основании полученных результатов по глубоководному выращиванию гребешка разработан научно-производственный проект по выращиванию моллюсков. Применяются штормоустойчивые конструкции ГБТС. Для размещения установок марикультуры используются открытые акватории, с глубинами 25-50 м. По технологии культивирования, предусматривается однократная посадка молоди моллюсков на установку марикультуры с последующим беспересадочным дорастиванием до товарного размера. В течении всего периода выращивания не требуется никаких особых операций по обслуживанию установок за исключением периодических осмотров и охраны акватории. В конце выращивания вся установка вместе с товарной продукцией извлекается на поверхность. Монтаж и демонтаж ГБТС аналогичен операциям с ловушечными порядками.

Основные отличия предлагаемой технологии выращивания от традиционной:

1. Количество операций уменьшено более чем в 3 раза.
2. Наиболее трудоские и ответственные операции выполняются на базе.
3. Водозапасные работы незначительны.
4. Количество сезонных и срочных работ уменьшено.
5. Технологический цикл позволяет механизировать большинство операций.
6. Объекты выращиваются в поликультуре, на одних и тех же площадях, с использованием одних и тех же устройств, что увеличивает фондоотдачу, ускоряет амортизацию основных фондов и уменьшает себестоимость продукции.

Выполнено краткое технико-экономическое обоснование предприятия марикультуры с целью определения основных экономических показателей работы предприятия по технологии санитарно-товарной марикультуры. Ориентировочная оценка основных и оборотных фондов производилась по расценкам А/О "Приморрыбпром". Оценочная экспертиза ТЭО А/О "Примаквапром" показала рентабельность производства 170%, рентабельность продукции 36%, срок окупаемости капитальных вложений 0,86 года.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Культивирование крабидов при выращивании гребешка на открытом шельфе

Наиболее реальный путь для искусственного повышения продуктивности природных популяций крабидов (далее крабов) является метод подращивания молоди на коллекторах и установках марикультуры.

Обрастание установок марикультуры составляют гидроидные полипы, мшанки, усоногие раки и двустворчатые моллюски. Примерно такой же рацион питания у оседающих личинок и молоди краба. Фекалии и псевдофекалии культивируемых моллюсков стимулируют развитие мейофауны, которая также используется ракообразными в качестве источника пищи. Срок выращивания гребешка на установках марикультуры составляет 2-2,5 года. За этот срок осевшие на установку личинки краба успевают развиться и вырасти до жизнеспособных размеров. Потребляя обрастателей на установках марикультуры, молодь краба предотвращает развитие мощного оброста и увеличивает проточность садков, тем самым улучшаются условия для роста культивируемых моллюсков. Крабы-мальки растут на коллекторах, питаются обрастателями. Кроме источника пищи и субстрата для оседания коллекторы и, в особенности, установки марикультуры обеспечивают надежное укрытие от донных хищников. Таким образом, искусственно формируется экологическая ниша для развития и роста молоди краба. В течении 2-2,5 лет на коллекторах и установках марикультуры вырастает жизнеспособная молодь с шириной карапакса более 2 см, которая для дальнейшего роста выпускается в естественную среду.

Срок реализации проекта 10-12 лет. Окупаемость средств, вложенных в проект - 3-4 года от начала реализации.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

Масленников С.И., Кашин И.А., Фадеев В.И. Динамика обрастания возрастных элементов гидробиотехнических установок в б. Северная (Амурский залив) // Тез. докл. Всесоюз. конф. по биоповреждениям. Донецк, 1987. С.262 - 263.

Масленников С.И. Динамика сообщества обрастания садков для выращивания гребешка // Тез. докл. Всесоюз. конф. "Вклад молодых учёных в решение современных проблем океанол. и гидробиол.". Севастополь, 1988. С.84.

Кашин И.А., Масленников С.И. Донная установка для выращивания приморского гребешка на открытых акваториях // Тез. докл. конф. "Научно-технич. проблемы марикультуры в стране". Владивосток, 1989. С.226 - 227.

Масленников С.И. К оценке влияния плантаций моллюсков на природные экосистемы // Тез. докл. Всесоюз. конф. "Рациональное использ. биоресурсов Тихого океана". Владивосток, 1991. С.201 - 203.

Кашин И.А., Масленников С.И. Обрастание разноглубинных гидробиотехнических сооружений для выращивания приморского гребешка // Биология моря. 1993. N4. С.90 - 97.

Кубанин А.А., Ивин В.В., Масленников С.И. Тепловое воздействие АЭС на прибрежные экосистемы // Пути развития и совершенствования энергетики Приморья: Докл. науч. - практич. конф., Владивосток, 1993. С. 56-68.

Масленников С.И. Обрастание установок марикультуры моллюсков в заливе Петра Великого (Японское море) // "Биоповреждения в промышленности": Тез. докл. Всерос. науч. - практич. конф. Пенза, 1994. С 62 - 63.

Масленников С.И., Корн О.М., Кашин И.А., Мартынченко Ю.Н. Многолетние изменения численности личиночного планктона в бухте Алексеева (залив Петра Великого, Японское море) // Биология моря. 1994. N2. С.107 - 114.

Звягинцев А.Ю., Ивин В.В., Масленников С.И., Фадеев В.И. Влияние обрастания гидробиотехнических установок на марикультуру водорослей и моллюсков // Тез. докл. Междунар. симпоз. по марикультуре. 24-27 сент. 1995. М.: ВНИРО, 1995. С. 87-88.

Волвенко И.В., Масленников С.И. Вертикальная стратификация верхнего слоя прибрежных вод залива Петра Великого по основным биологически значимым характеристикам // Изв. ТИНРО. 1996. Т.122. (в печати).