

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова  
Биологический факультет

*На правах рукописи*

ЖИТНИЙ Борис Григорьевич

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАРИКУЛЬТУРЫ МИДИЙ  
НА КАРЕЛЬСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ БЕЛОГО МОРЯ**

Специальность 03.00.18 – Гидробиология

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Москва  
2003

Работа выполнена в лаборатории Беломорской биологической станции  
Зоологического института РАН

**Научный руководитель:**

доктор биологических наук *Э.Е. Кулаковский*

**Официальные оппоненты:**

доктор биологических наук, профессор Московского Государственного  
Университета имени М.В. Ломоносова *Безносов Владимир Николаевич*,

кандидат биологических наук *Несветова Галина Ивановна*

**Ведущее учреждение:**

Санкт-Петербургский государственный университет

Защита диссертации состоится «9» октября 2003 г. в 15ч.30 мин. на за-  
седании Диссертационного совета Д 501.001.55 в Московском Государст-  
венном Университете им. М.В. Ломоносова по адресу:

119892, г. Москва, Воробьевы горы,  
Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова,  
Биологический факультет, 389 аудитория

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке биологического фа-  
культета Московского Государственного Университета имени  
М.В. Ломоносова.

Автореферат разослан «9» октября 2003 г

Ученый секретарь Диссертационного совета,  
кандидат биологических наук

Н.В. Карташова

2003-А  
12918

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность проблемы.** Мидии являются одним из наиболее традиционных и распространенных объектов марикультуры. Несмотря на то, что искусственное разведение мидий уже имеет многовековую историю, на современном этапе развития общества объемы их культивирования неуклонно возрастают, что объясняется главным образом стремлением компенсировать падение объема промысловой продукции изымаемой из Мирового океана. Актуальность разработки эффективных методов марикультуры обусловлена также и тем, что исчерпание морских биологических ресурсов в настоящее время происходит на фоне быстрого роста численности населения и увеличения его пищевых потребностей.

Дополнительный интерес к марикультуре мидий связан с возможностью использования моллюсков для создания зон биофильтров в акваториях, наиболее подверженных антропогенному загрязнению. Искусственные поселения мидий можно использовать в качестве кормовой базы как для других объектов культивирования (например, рыб), так и для ряда ценных и редких представителей природной фауны. В этом плане марикультуру мидий можно рассматривать как средство, способствующее охране окружающей среды и поддержанию видового разнообразия в экосистемах.

Экономическая выгода марикультуры мидий и возможность решения в ходе ее осуществления ряда экологических проблем, привели к тому, что на современном этапе мидиевые хозяйства создаются в новых районах, где ранее промышленное разведение этих моллюсков не проводилось (к ним относится и Карельское побережье Белого моря). Несомненно, успех подобных проектов во многом зависит от их научной обоснованности, в связи с чем исследование биологических основ марикультуры мидии и определение степени ее перспективности в этих районах представляется весьма актуальным.

**Цель и задачи исследования.** Основная цель работы – биологическое обоснование марикультуры мидий на Карельском побережье Белого моря.

В соответствии с намеченной целью были поставлены следующие задачи:

1. Исследование факторов, влияющих на развитие естественных популяций мидии.
2. Определение принципиальной возможности культивирования мидий на Карельском побережье Белого моря.
3. Определение темпов роста мидий и энергетических показателей поселений мидий на искусственных субстратах.



4. Изучение закономерностей развития сообщества обрастания на искусственных субстратах.

5. Разработка биологически обоснованного метода промышленного культивирования мидий с учетом конкретных особенностей исследуемого района.

6. Изучение механизмов воздействия искусственных поселений мидий на качество водной среды и морскую экосистему.

**Научная новизна.** Впервые проведено комплексное исследование возможности промышленного культивирования мидии на Карельском побережье Белого моря. Выявлены биологические механизмы влияния мидиевых хозяйств на качество водной среды и морские экосистемы. Обоснована возможность использования марикультуры мидии для биомелиорации прибрежных акваторий Белого моря.

**Практическое значение.** Результаты работы могут быть использованы в следующих областях практической деятельности:

1) при проектировании объектов марикультуры и оценке экономической эффективности их реализации;

2) для разработки биомелиоративных мероприятий и объектов санитарной аквакультуры;

3) при оценке влияния промышленного культивирования моллюсков на качество окружающей среды и разработке соответствующих природоохранных мероприятий.

**Апробация работы.** Результаты проведенных комплексных исследований явились биологическим обоснованием промышленной марикультуры мидий на Карельском побережье Белого моря. В Чупинской губе в опытно-промышленных условиях выращено более 600 тонн мидий из которых выпущено 62 тонны варено-мороженого мяса, более 40 тыс. банок консервов, 21 тонна мидиевого гидролизата, створки мидий использованы для производства различных кормовых добавок. Таким образом, заложена основа промышленной марикультуры мидий на Белом море.

**Публикации.** Материалы диссертации опубликованы в 8 печатных работах.

**Структура и объем работы.** Диссертация изложена на 155 страницах машинописного текста и состоит из введения, 7 глав, выводов и списка литературы. Диссертация включает 18 таблиц и 9 рисунков. Список литературы содержит 8 наименований работ, из них 8 отечественных и одно изобретение.

## ГЛАВА I. ПРИНЦИПЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИДИИ

В настоящее время мидии являются одним из основных объектов марикультуры различных стран (Душкина, 1998; Кулаковский, Кунин, 1983; Скарлато и др., 1985; Bayne, 1976; Gosling 1992; Korringa, 1976). Это объясняется главным образом их широким распространением в Мировом океане, большой плодовитостью, относительной простотой выращивания и высокой пищевой ценностью.

В Белом море обитает мидия съедобная (*Mytilus edulis* L.), широко распространенная в Северном полушарии (McDonald et al., 1990). Моллюски питаются в основном фитопланктоном и детритом, и при их выращивании в море не нужно искусственных кормов. Являясь фильтраторами, мидии образуют сообщества с короткой пищевой цепью и способны производить на единицу массы своего тела большее количество белка, чем представители других видов с более высоким трофическим уровнем (Ryther, Bardach, 1968). В летние и осенние месяцы мидии усваивают около 20-30% от всего отфильтрованного взвешенного органического вещества (Воје, 1965). Не менее важно и то, что мидии во взрослом состоянии образуют массовые поселения и ведут сидячий образ жизни, облегчающий их культивирование и снижающий экономические затраты по выращиванию и сбору урожая в сравнении с подвижными формами позвоночных и беспозвоночных животных (Kinne, 1970a). Такие биологические особенности (наряду с высокой пищевой ценностью) и предопределили использование мидий в качестве первостепенного объекта марикультуры.

Наибольшие успехи в культивировании мидий достигнуты в Европе (Испания, Франция, Нидерланды), США, Канаде и ряде тихоокеанских стран, прежде всего в Японии (Bougis, 1976). При этом география мидиевой марикультуры неуклонно расширяется. Большой интерес к ней проявляют в Канаде и скандинавских странах (Lars-Ove Loo, Rosenberg, 1983).

В бывшем СССР обнадеживающие результаты по культивированию средиземноморской мидии получены для многих районов Черного моря (Золотницкий, Штыркина, 1983; Супрунович, 1988; Ivanov, 1990). Попытки культивирования тихоокеанской мидии осуществлялись на Дальнем Востоке (Жирмунский, 1979; Жирмунский, Левин, 1988). Несколько позднее, работы по марикультуре мидий начались также и на Северо-Западе России. Так, эксперименты, выполненные ПИНРО (Мурманск), показали возможность культивирования мидий в Баренцевом море (Садыхова и др., 1982; Федоров, 1983; 1987). Исследования различных аспектов экологии мидий, в том числе и возможностей их культивирования проводились в течение ряда лет и на Белом море (Кулаковский, 2000).

## ГЛАВА II. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основным материалом для диссертации послужили результаты многолетних исследований, проведенных на Карельском побережье Белого моря в 1975-1992 гг. Кроме того, были использованы некоторые данные, полученные в различные годы на Беломорской биологической станции ЗИН РАН.

При исследовании применялись стандартные гидрохимические (Методы гидрохимических исследований океана, 1978; Сапожников и др., 1988) и гидробиологические методы (Винберг и др., 1960; Киселев, 1969; Федоров, 1979; Сорокин, 1983; Федоров, Капков, 1999; 2000). Содержание растворенных углеводов (РУ) в воде определялось методом (Strickland, Parsons, 1968).

Линейный рост моллюсков исследовали путем подсчета и измерения «годовых колец» – линий зимней остановки роста на раковинах (Садыхова, 1972).

Статистическая обработка материалов проводилась с помощью пакета программ «STADIA» (Кулаичев, 1998).

## ГЛАВА III. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БЕЛОГО МОРЯ И УСЛОВИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ В НЕМ МИДИЙ

Бассейн Белого моря глубоко врезался в материк, что обуславливает континентальные черты его климата – относительно теплое лето и продолжительная, суровая зима. С точки зрения возможности организации хозяйств марикультуры в этом районе, в комплексе имеющихся абиотических и биотических условий можно выделить как положительные, так и отрицательные моменты. Положительной стороной, благотворно влияющей на популяции мидий, следует в первую очередь считать значительный летний прогрев поверхностных слоев воды, по сравнению, например, с Баренцевым морем. Значительная изрезанность береговой линии, с большим количеством защищенных от прибойа местообитаний; береговой сток, приносящий биогены, обеспечивающие относительно высокую продукцию фитопланктона – все это создает условия, благоприятные для образования плотных поселений моллюсков. Следует также отметить, что по сравнению с большинством других морей, где обитают эти моллюски, в Белом море для мидий имеется относительно меньшее количество конкурентов за пищу, врагов и паразитов, что облегчает существование популяций данного вида вблизи границы своего ареала.

Основное препятствие для культивирования мидий в Белом море — это суровая зима, с ее многомесячным охлаждением вод, вплоть до отрицательной температуры. Следствием этого является низкий метаболизм моллюсков зимой и практически полное прекращение роста в течение почти полугода. Еще один отрицательный момент, который необходимо учитывать при определении перспективности марикультуры в этом районе, заключается в образовании зимой ледового покрова. Отрицательно на мидии может воздействовать ежегодное весеннее распреснение поверхностных слоев воды.

Влияние ряда негативных факторов (льдообразование и распреснение) снижается с глубиной. Однако в верхней сублиторали температура в летний период более низкая, в связи с чем понижается и темп роста моллюсков. Кроме того, здесь они в большей степени подвержены выеданию морскими звездами. Поэтому, как свидетельствуют результаты многолетних исследований, наиболее приемлемым способом культивирования мидий в Белом море является метод подвесной марикультуры, позволяющий перемещать выращиваемых мидий из одного горизонта водной толщи в другой для того, чтобы в каждый сезон предельно ослабить влияние факторов, действующих на моллюсков отрицательно и, наоборот, максимально использовать воздействие положительных факторов.

#### **ГЛАВА IV. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МАРИКУЛЬТУРЫ МИДИЙ НА КАРЕЛЬСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ БЕЛОГО МОРЯ**

На первом этапе работы (1975-1977 гг.) экспериментальные исследования, целью которых было определение принципиальной возможности культивирования мидии на Карельском побережье, проводились в бухтах Круглая и Кривозерская Чупинской губы.

Изучение динамики оседания и роста мидий в условиях марикультуры осуществлялось на плотках-носителях, оснащенных искусственными субстратами различного типа (пластинами асбоцементной фанеры, капроновыми канатами, капроновой делью). Эти субстраты размещались в верхнем 5-метровом слое воды, так чтобы их нижние концы были приподняты над грунтом на несколько метров. Для предотвращения вмерзания верхней части субстратов в лед, осенью (перед ледоставом) они заглублялись на 1,5 м. Весной, когда акватория освобождалась ото льда, субстраты переводились в исходное (летнее) положение.

Для анализа качественного и количественного состава организмов-обратателей, с трех горизонтов искусственных субстратов (0,5; 2,5 и 5 м)

проводился регулярный отбор проб. В июле 1975 г. сборы материала носили декадный характер, с сентября 1975 и до конца 1976 гг. — один раз в месяц, за небольшими исключениями в зимний период. С 1977 г. отбор материала производили 4 раза в год. При обработке проб проводился учет не только мидий, но и других форм, также поселяющихся на экспериментальных субстратах. Все количественные расчеты приводили к  $1 \text{ м}^2$  тех или иных искусственных субстратов. Во время съемок отбирали также пробы планктона, определяли температуру и гидрохимические параметры водной среды на соответствующих горизонтах. Для получения сравнительных данных аналогичный отбор проб проводился на ближайших от места постановки экспериментальных хозяйств естественных мидиевых банках.

Оседание личинок мидий на искусственные субстраты началось во второй половине июля при температуре поверхностного слоя воды  $13,5^\circ\text{C}$ . Наибольшая скорость оседания наблюдалась в конце июля — начале августа. Максимумам оседания личинок на субстраты горизонта  $0,5 \text{ м}$  ( $10-16 \text{ тыс.}/\text{экз.}/\text{м}^2$  в сутки) предшествовали и наиболее высокие величины температуры поверхностного слоя воды ( $17-17,5^\circ\text{C}$ ).

На этом этапе исследований было отмечено, что оседание личинок происходит более интенсивно на те искусственные субстраты, которые выставляли в море не во время пика численности личинок мидий в планктоне, а примерно за неделю до него. Это связано с развитием на поверхности носителей сообщества микроперифитона, благотворно влияющего на оседание мидий и их последующее развитие.

К концу первого сезона наблюдений молодь мидий на искусственных субстратах по размерам группируется в 6 когорт, более или менее сохраняющихся еще и во втором сезоне (рис. 1). На всех трех горизонтах искусственных субстратов рассматриваемого сезона, первая когорта мидий появилась в конце второй декады июля, вторая и третья — в третьей декаде июля, (когда наблюдалась максимальная освещенность —  $31 \text{ тыс. люкс}$  на горизонте  $0,5 \text{ м}$ ); четвертая когорта — в начале августа, пятая — в середине августа и шестая — в начале сентября.

В первой декаде августа, ко времени оседания молоди большинства когорт, происходит ее интенсивный рост, продолжающийся до начала сентября, когда температура воды снижается до  $10^\circ\text{C}$ , а освещенность — до  $8 \text{ тыс. люкс}$ . С начала сентября до середины ноября темп линейного роста замедляется примерно в 5 раз по сравнению с таковым в августе. Линейный и, в особенности, весовой рост молоди мидий первых когорт значительно выше последующих на всех трех горизонтах. Это, по всей вероятности, обусловлено тем, что моллю-

ски, осевшие позже, менее продолжительное время существуют в благоприятных для их развития температурных условиях. Соответственно, особенно низкие показатели роста у особей последней, в данном случае шестой когорты.

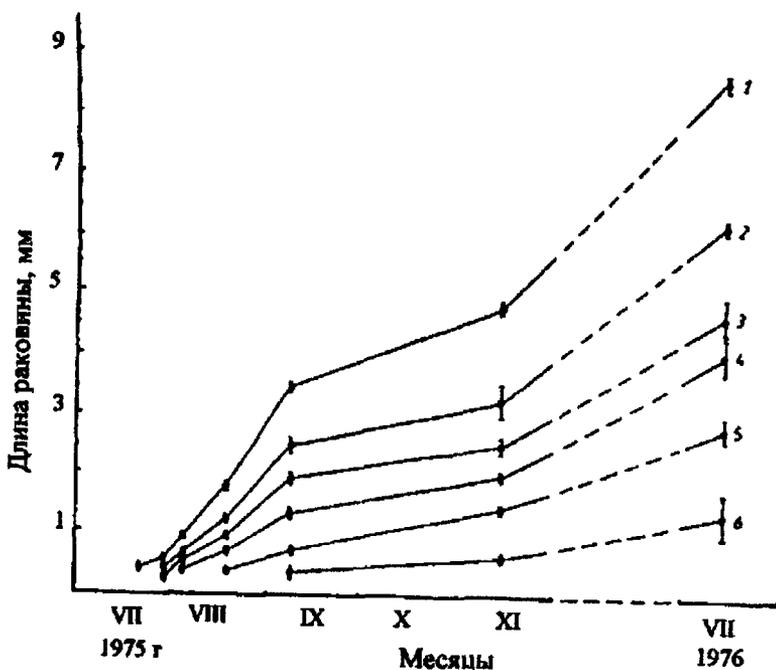


Рис. 1. Рост моллюсков в экспериментальных условиях (цифрами обозначены когорты)

Кроме того, в условиях подвешеного культивирования наблюдается тенденция уменьшения скорости роста по мере увеличения глубины обитания моллюсков. Это связано главным образом с относительным уменьшением значений температуры воды, освещенности и (возможно, как следствие этого) пищевых ресурсов.

Исходя из полученных данных можно заключить, что в исследуемой акватории оптимальные для роста моллюсков значения температуры находятся в интервале 9,5–17,5°C при колебаниях освещенности поверхностного слоя, воды (0,5 м) от 8 до 10 тыс. люкс.

Необходимо подчеркнуть, что наличие выделенных нами 6 когорт молоди мидий в первом сезоне их роста на искусственных субстратах в рассматриваемый сезон вовсе не означает, что и в других районах моря, или же в другие сезоны в той же самой акватории, этих когорт будет именно шесть. Поскольку оседание мидии происходит в течение достаточно длительного промежутка времени разноразмерные группировки молоди мидий (когорты) генерации конкретного года, скорее всего, будут наблюдаться практически во всех случаях, но их количество, градации, а также сроки появления на искусственных субстратах будут разными в зависимости от конкретных условий как во времени, так и в пространстве.

К концу третьего сезона роста культивируемые мидии по размерам наиболее крупных моллюсков с естественных поселений. При этом необходимо отметить, что сравнивали моллюсков, находящихся на искусственных субстратах всего три сезона роста, с многолетними, сложившимися поселениями мидий в естественных условиях.

Анализ динамики плотности мидий на искусственных субстратах за время наблюдений свидетельствует о значительной элиминации моллюсков. Через год после оседания на искусственные субстраты на всех горизонтах наблюдается исчезновение от 87 до 93% моллюсков. Одной из причин этого является миграция. Наиболее интенсивная миграция отмечается во время так называемого первичного оседания, когда молодь, осевшая преимущественно на ничтатые субстраты (водоросли, гидроиды и т.п.), довольно подвижна и способна покидать первоначальный субстрат.

За время наших многолетних наблюдений оседание молоди на искусственные субстраты в большинстве случаев происходит очень интенсивно и при сплошном покрытии молодью поверхности субстрата (иногда в несколько слоев) образуется значительное их перенаселение. Впоследствии это может приводить к гибели части первоначально осевшей молоди. Скорость роста мидий на субстратах также в значительной степени зависит от того, насколько их плотность соответствует оптимальным условиям развития. В результате миграции на искусственных субстратах (так же, как и на естественных) происходит естественная саморегуляция плотности поселения мидий. В целом, по мере роста моллюсков и увеличения средних размеров особей, численность их понижается.

На второй и, особенно, на третий сезон на искусственных субстратах начинают образовываться друзы (плотные локальные поселения) мидий. В это время также наблюдаются значительные измене-

ния плотности поселения моллюсков. Но в данном случае это обусловлено не миграцией, а отрывом с субстрата части друз под действием их собственной тяжести.

Значительным фактором элиминации мидий на искусственных субстратах является их «выедание» другими животными. Широко известно, что мидии из естественных популяций потребляются практически на всех стадиях своего жизненного цикла, но особенно интенсивно — в ходе личиночного развития, в планктоне, где существенную роль в этом отношении играют рыбы-планктофаги, в частности, сельдь (Вауне, 1977).

Осевшие на искусственные субстратах моллюски в меньшей степени, по сравнению с особями из естественных поселений, подвержены выеданию другими животными. Наиболее существенный урон здесь может нанести морская звезда — *Asterias rubens* L. Если взрослая морская звезда не может попасть на искусственные субстраты (поскольку последние не соприкасаются с грунтом), то личинки этих животных, ведущих так же, как и личинки мидий, пелагический образ жизни, начинают оседать на субстраты вслед за оседанием на них мидий. Попадая на субстраты, где уже имеется в изобилии молодь мидий, молодь морской звезды начинает интенсивно поедать моллюсков.

Таким образом, результаты экспериментальных исследований позволили научно обосновать принципиальную возможность марикультуры мидий на Карельском побережье. Кроме того, эти же результаты послужили основой для разработки промышленной технологии промышленного культивирования мидии, суть которой заключается в следующем. В определенном месте, отвечающем требованиям для размещения мидиевого хозяйства, в июне, устанавливаются несущие конструкции постоянно находящиеся на поверхности воды (а зимой вмержающие в лед). Оснащение этих носителей самими искусственными субстратами производится примерно за неделю до массового оседания личинок мидий. В конце октября искусственные субстраты заглубляются на 2 м от поверхности воды и в таком виде остаются на зиму (зимнее положение субстратов). В мае следующего года искусственные субстраты вновь поднимаются в поверхностный горизонт водной толщи, где и экспонируются в течение летнего времени. При этом, перевод искусственных субстратов из зимнего положения в летнее нужно производить таким образом, чтобы они какое-то время (сутки) находились в слое сильно распресненной воды. Это необходимо для того, чтобы устранить с субстратов морских звезд, осевших в предыдущий год.

## ГЛАВА V. МАРИКУЛЬТУРА МИДИЙ В УСЛОВИЯХ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ХОЗЯЙСТВА

С учетом данных, полученных в ходе предварительных экспериментальных исследований, в июле 1983 г. в губе Чупа Кандалакшского залива Белого моря было организовано первое опытно-промышленное мидиевое хозяйство, площадью акватории в 1 га (Житний и др., 1984).

В качестве искусственных субстратов использовалась, в основном, капроновая дель. Каждый искусственный субстрат представлял собой отрезок дели длиной 3 м и шириной около 20 см. Оседание личинок мидий на субстраты опытно-промышленного хозяйства происходило аналогично тому, что имело место и в условиях предшествующих экспериментов.

Показатели плотности поселения и биомассы моллюсков на искусственных субстратах в течение 1983 – 1988 гг. приведены в табл. 1. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что в зависимости от времени существования хозяйства на искусственных субстратах происходит снижение численности моллюсков при увеличении их биомассы, что, собственно, было отмечено и в условиях эксперимента. Распределение моллюсков на самих субстратах (по всей его длине) более-менее равномерное, с тенденцией увеличения биомассы в верхней части субстратов на 4-5 году их экспозиции (1986-1988 гг.). Данные по размерно-возрастной структуре свидетельствуют о том, что в каждый последующий сезон, на искусственных субстратах данного хозяйства, помимо особой основной генерации (т.е. 1983 г.), появляются и особи других генераций.

Таблица 1

Численность и биомасса мидий в горизонте 1,5 м на искусственных субстратах опытно-промышленного хозяйства

Год	Численность, тыс. экз./м <sup>2</sup>	Биомасса, кг/м <sup>2</sup>
1983	171,3±3,6	0,3±0,08
1984	8,1±1,0	2,2±0,3
1985	3,9±0,6	3,8±1,0
1986	3,3±0,4	11,2±1,9
1987	8,9±4,0	8,2±1,5
1988	3,6±0,2	9,1±1,7

Довольно резкое снижение биомассы мидий на 4-м году произошло в результате опадания (отрыва) их друз с искусственных субстратов под действием собственной тяжести, когда значения биомассы достигли величины 10 кг/м<sup>2</sup> субстрата. Подобное явление, которое было отмечено нами

в экспериментальных условиях и затем подтверждено в условиях промышленного культивирования, имеет место и в других регионах мидиевой марикультуры (Сухотин, 1990; Sukhotin, Kulakowski, 1992). На основании анализа собственных и литературных данных можно сделать вывод о том, что при выращивании мидий в любых акваториях методом подвешного культивирования всегда наступает определенный период (можно назвать его «критическим»), после которого величина биомассы резко понижается. Естественно, что время и характер проявления этого периода в тех или иных акваториях будут разные, но он обязательно будет иметь место.

С практической точки зрения очень важно в каждом конкретном случае прогнозировать сроки наступления критического периода и планировать сбор урожая до его наступления.

Для оценки эффективности предложенного метода культивирования было также проведено сравнительное исследование темпа роста моллюсков на искусственных субстратах в опытном хозяйстве и в поселениях мидий в различных естественных биотопах этого же района. Помимо линейных размеров и возраста мидий определялись также общая сырая масса мидий –  $W_{\text{общ}}$  (с раковинной и мантийной жидкостью), сырая ( $W_T$ ) и сухая ( $W_C$ ) массы мягких тканей.

Относительная масса мягких тканей у мидий выращенных на искусственных субстратах была заметно выше. Для иллюстрации в табл. 2 приводятся данные по процентному содержанию  $W_T$ ,  $W_C$  и  $W_{\text{общ}}$  мидий, полученные летом 1983 г.

Зависимость длины раковины от возраста у мидий в условиях марикультуры в течение первых 5 лет жизни оказалась практически линейной, в отличие от моллюсков естественных местообитания. Уравнение линейного роста культивируемых мидий в пределах первых 5 лет имеет вид:

$$L_t = 13 t$$

где  $L_t$  – длина мидии (мм) ко времени  $t$  (год), причем  $t$  в данном случае или меньше или равно 5.

Таблица 2

Процентное содержание сухой и сырой массы мягких тканей у мидий на искусственных субстратах и естественных биотопах летом 1983 г.

Биотоп	$W_C/W_{\text{общ}}$	$W_T/W_{\text{общ}}$
Искусственные субстраты	6,1	26,6
Поселения мидий на литорали	3,6	15,7
Поселения мидий в верхней сублиторали	4,1	17,9

При этом, следует особо отметить, что к концу пятого сезона роста мидии на искусственных субстратах достигли длины 65 мм, что близко к предельному размеру для беломорской мидии (Савилов, 1953; Максимович, 1978).

Приведенное выше уравнение можно использовать для оценки состояния развития мидий в хозяйствах марикультуры и предварительной ориентировочной оценки предполагаемого выхода товарной продукции. Более длительное по времени культивирование моллюсков в условиях марикультуры показало, что на 6-м и 7-м годах жизни темп их роста замедляется, и кривая роста выходит на плато (Suchotin, Kulakowski, 1992).

Рассматривая полученные данные, можно констатировать, что среди особей исследованных биотопов наибольшим темпом роста, как и следовало ожидать, обладают мидии в условиях культивирования. После первого года они в 1,4 раза, а на пятом году жизни – в 1,7 раз превышают по длине сублиторальных особей того же возраста. Сублиторальные мидии, в свою очередь, растут быстрее, чем мидии на всех горизонтах осушной зоны.

Зависимость массы тела от возраста мидий в условиях культивирования (до возраста моллюсков 5 лет) исходя из полученных результатов описывается уравнением:

$$W_T = 0,225 t^{2,833}$$

Это уравнение, как и предыдущее, также может быть использовано при предварительном расчете выхода товарной продукции с мидиевых хозяйств исследуемого района.

Абсолютный прирост массы у мидий в условиях культивирования прогрессивно увеличивается, достигая в исследуемой акватории значения 9,6 г/год к 5 годам. Эти особи с искусственных субстратов в среднем в 3,5 раза превышают по массе сублиторальных мидий того же возраста. Таким образом, темп линейного роста и роста массы культивируемых мидий в первые 5 лет значительно превышают таковой мидий из естественных поселений.

Для расчета составляющих энергетического баланса мидий использовались данные продукции, определенной по месяцам. Значения калорийности культивируемых моллюсков (для перевода весовых единиц в энергетические) принималось равным 0,21 ккал/г сырого веса моллюска. Величина энергии, ассимилированная всеми особями данного поселения (т.е. опытно-промышленного хозяйства),

определялась суммированием значения продукции поселения и трат на обмен за данный период времени.

Используя значения энергетических показателей можно представить поток энергии, проходящий через все рассматриваемое мидиевое хозяйство за весь цикл культивирования моллюсков. Общие величины массы и плотности поселения мидий на всем хозяйстве по годам представлены в табл. 3.

Соответствующие расчеты показывают, что всеми мидиями хозяйства за 4 года потребляется из среды в виде пищи 710 млн. ккал. Из этого количества на долю мидий основной генерации приходится 645 млн. ккал. Поскольку среднегодовое содержание в поверхностном слое воды акватории губы Чупа взвешенного вещества, используемого мидиями в качестве корма, составляет 3 ккал/м<sup>3</sup>, то, принимая эту величину и, используя соответствующие формулы расчета объема профильтрованной воды, можно рассчитать объем профильтрованной всеми моллюсками воды за весь период эксплуатации хозяйства или в каждый конкретный сезон.

Таблица 3

**Данные по численности и массе мидий  
на всем опытно-промышленном хозяйстве**

Год	Численность, млн экз.		Масса общая, т		Масса мягких тканей, т	
	все мидии	генерация 1983 г.	все мидии	генерация 1983 г.	все мидии	генерация 1983 г.
1983	9000		15		3,3	
1984	320	272	87	86	19	18
1985	177	140	147	133	32,5	29
1986	66	58	228	212,8	50	46,8
1987	175	24,5	184	168	40,5	37

Расчеты свидетельствуют, что за весь период функционирования рассматриваемого хозяйства моллюски для получения необходимого корма должны профильтровать 237 млн. м<sup>3</sup> воды. Около 30% от потребленной пищи возвращается в экосистему главным образом в виде фекалий, что составляет 213 млн. ккал. При калорийности фекалий 1,3 ккал/г, общая их масса составит около 164 т сухого вещества, а учитывая, что в сырой массе фекалий содержится до 88 % воды (Лукашева, Цихон-Луканина, 1987), то за весь период культивирования моллюсков количество их фекальных масс составит около 1,4 тыс. т. Элиминация моллюсков с субстратов составляет

270 т (сырая масса) или 57 млн. ккал. На искусственных субстратах хозяйства остается биомасса, равная 220 т (сырая масса). Таким образом, можно считать, что из 100% потребленной всеми мидиями за цикл выращивания энергии 38% возвращается в окружающую среду, и только 6% приходится на долю урожая. Остальная часть поступающей энергии расходуется в процессе жизнедеятельности моллюсков.

Полученные данные показывают масштаб воздействия мидиевой марикультуры на окружающую среду и могут быть использованы для ориентировочных расчетов нагрузок на конкретные акватории, где планируется размещение этих хозяйств.

## **ГЛАВА VI. ФОРМИРОВАНИЕ МИДИЕВОГО БИОЦЕНОЗА В УСЛОВИЯХ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ХОЗЯЙСТВА**

Известно, что в Белом море сукцессия сообщества обрастания на искусственных субстратах, расположенных в верхнем 5-метровом слое водной толщи, заканчивающаяся формированием устойчивого мидиевого поселения, (Кулаковский, Кунин, 1982; Ошурков, Серавин, 1982; Ошурков и др., 1985; Сиренко и др., 1978). Аналогичное развитие перифитона характерно и для многих других морских бассейнов. Именно на этой особенности сукцессионного процесса формирования сообществ обрастания в значительной степени и основана марикультура мидий.

Мидии, культивируемые на искусственных субстратах, представляют не монокультуру моллюсков, а сообщество обрастания, развившееся в ходе сукцессионных процессов. В условиях опытно-промышленной мидиевой марикультуры в разные годы на носителях нами отмечено от 18 до 24 видов животных, хотя достаточно массовыми одновременно были только 3-8. Так, на 4 год массовыми формами являлись: *Hiatella arctica*, *Nereis pelagica*, *Harmathoe imbricata*, *Styela rustica*, *Balanus crenatus* и *Nereimyra punctata*.

Результаты сравнительного исследования видового состава бентических и перифитонных сообществ моллюсков позволяют сделать вывод, что в мидиевом сообществе, развивающемся на искусственных субстратах в условиях марикультуры, число видов может быть даже большим, чем в некоторых естественных мидиевых поселениях.

## ГЛАВА VII. ВЛИЯНИЕ МАРИКУЛЬТУРЫ МИДИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Организация промышленной аквакультуры может вызвать ухудшение качества водной среды и оказать негативное воздействие морскую экосистему. Поэтому, одним из основных условий функционирования морских хозяйств должна быть их экологическая безопасность для окружающей среды. Этот аспект во многом определяет целесообразность, масштабность и эффективность марикультуры.

В течение цикла выращивания мидий в окружающую среду поступают продукты метаболизма культивируемых моллюсков, что, в свою очередь, может вызвать целый комплекс серьезных экологических последствий. Так, даже для естественных мидиевых поселений показано, что неувоенная моллюсками пища в виде фекалий и псевдофекалий может вызвать, при соответствующих неблагоприятных условиях (пониженный водообмен, резкое сезонное повышение температуры воды и др.), возникновение бескислородных зон и последующую гибель населения донных биоценозов, включая и самих мидий (Verwey, 1973). Не менее важное значение на функционирование экосистемы могут оказывать также и растворенные продукты метаболизма особой массовых поселений животных (Агатова, 1980; Хайлов, 1985),

В связи с этим в разные годы были проведены исследования по определению ряда компонентов, входящих в состав метаболитов мидий и их влиянию как на самих мидий, так и на других представителей биоты. Интенсивность выделения мидиями растворенных органических веществ (РОВ) определяли в опытах, которые проводили в аквариальных условиях. Количество органического вещества оценивалось по величине БПК-5, количество растворенных углеводов (РУ). Для получения истинных величин РОВ данные, вычисленные по значению БПК-5, умножались на коэффициент 5.6 (Галкина, 1978).

В пробах воды, взятых на участках культивирования мидий и в районах естественных мидиевых поселений, кроме того, определялись: численность, биомасса и продукция бактериопланктона и фитопланктона, а также видовой состав фитопланктона. В таблице 4 приведены результаты исследований, проведенных летом 1979 г.

Параллельно определялись также некоторые параметры жизнедеятельности мидий как в естественных биотопах, так и в условиях культивирования (табл. 5).

Таблица 4

Гидрохимические и гидробиологические показатели поверхностного слоя воды (0-5 м) в различных точках акватории губы Чула (N – численность, B – биомасса, P – суточная продукция)

Участок акватории	POB, ккал/м <sup>3</sup>	PY, ккал/м <sup>3</sup>	Бактериопланктон (1) Фитопланктон (2)		
			N, кл./мл	B, ккал/м <sup>3</sup>	P, ккал/м <sup>3</sup>
Акватория мидиевого хозяйства	90,0	20,5	(1) 1,8 10 <sup>6</sup> (2) 1,5 10 <sup>6</sup>	(1) 0,300 (2) 2,5	(1) 0,22 (2) 2,0
Мидиевая банка	50,0	12,3	(1) 1,1 10 <sup>6</sup> (2) 0,3 10 <sup>6</sup>	(1) 0,190 (2) 0,7	(1) 0,22 (2) 1,0
Открытая часть моря	15,0	1,23	(1) 0,3 10 <sup>6</sup> (2) 0,04 10 <sup>6</sup>	(1) 0,026 (2) 0,1	(1) 0,03 (2) 0,08

Таблица 5

Показатели жизнедеятельности мидий

Показатели жизнедеятельности мидий	Естественные поселения			Искусственные поселения		
	Возраст моллюсков, г			Возраст моллюсков, г		
	1	4	5	1	4	5
Средняя длина, мм	2,6	18,0	22,0	3,0	49,3	58,1
Потребление O <sub>2</sub> , мг/г ч	1,4±0,5	0,98±0,4	2,8±0,4	2,8±0,4	1,26±0,4	0,84±0,2
Экскреция POB, мг/г ч	4,26±0,5	2,6±0,4	1,6±0,2	6,16±0,2	3,95±0,1	2,17±0,2
Экскреция PY, мг/г ч	3,2±0,6	1,4±0,2	0,9±0,1	4,2±0,1	2,4±0,3	1,9±0,2

Как видно из приводимых данных, показатели жизнедеятельности моллюсков в условиях культивирования выше, чем у особей естественных популяций. Более высокий уровень жизнедеятельности культивируемых моллюсков при их значительном количестве приводит и к увеличению концентрации POB в акватории размещения хозяйств. Так, в бухте Круглой, где размещалось экспериментальное хозяйство, величина POB достигала 10-18 мг/л, тогда как в открытой части губы Чула (контрольный участок) она составляла всего 3-4 мг/л.

В районе опытно-промышленного мидиевого хозяйства в период исследования 1982-1992 гг. неоднократно отмечались и изменение других

гидрохимических параметров (содержание кислорода, аммиачного азота, мочевины и др.).

Численность, биомасса и продукция фитопланктона закономерно повышаются от открытой части губы Чупа к участкам естественных мидиевых поселений и к местам их культивирования. Можно предположить, что в значительной мере это связано с повышением содержания РОВ и биогенов на этих участках. На это указывают также изменения и в качественном составе фитопланктона, отмеченные в этих же точках.

Результаты, полученные при работе на опытно-промышленном хозяйстве, свидетельствуют, что средний суточный рацион всех мидий данного хозяйства, например, на третий год его функционирования составляет 1,2-1,4 млн. ккал, что соответствует 120-140 кг С орг. или 240-280 кг органического вещества (Сухотин, 1990). Из всей потребленной мидиями пищи в процессе метаболизма выделяется в среду до 12,5% РОВ (Галкина, 1985). Следовательно, величина поступления РОВ в акваторию данного хозяйства составляет около 30 кг в сутки (это помимо того количества органики, которое поступает в воду вместе с фекалиями). Поступление этих веществ различается по сезонам: в весенне-летний период больше, чем осенью и зимой. Максимальные же количества РОВ приходятся на период вымета половых продуктов моллюсками, в июне.

В донных осадках под мидиевыми хозяйствами возможно значительное накопление фекальных и псевдофекальных продуктов выделений культивируемых моллюсков. При соблюдении всех основных условий биотехнологии это не будет негативным образом сказываться на функционировании экосистемы акватории, поскольку перемещения глубинных и придонных водных масс способствуют удалению отсюда продуктов жизнедеятельности культивируемых моллюсков, а попадающая на грунт часть фекалий будет утилизирована донной фауной. Однако при чрезмерной нагрузке акваторий и (или) при неправильной эксплуатации хозяйств (несвоевременный сбор товарной продукции, приводящий к массовому осыпанию мидий с субстратов в критический период, значительное уменьшение водообмена и др.), могут возникнуть уже негативные экологические ситуации. Так, иногда на грунте под мидиевыми хозяйствами развиваются заморные явления, с соответствующими последствиями. Например, это отмечалось на некоторых участках мидиевой марикультуры в губе Никольской (Чивилев, Миничев, 1992).

В целом анализ многолетних данных приводит к заключению, что при оценке влияния марикультуры мидий на окружающую среду следует выделить следующие основные моменты: во-первых – это изменение гидрологического режима акватории, занятой хозяйством; во-вторых – поступление на грунт как под самим хозяйством, так и возле него большого количества органики в виде фекалий и псевдофекалий, а также части мидий в результате их осыпания с субстратов, особенно во время критического периода; и, наконец, в-третьих, образование в данной акватории специфической "биохимической" среды, благодаря РОВ метаболитов моллюсков.

В зависимости от конкретной ситуации, влияние марикультуры мидий на окружающую среду может быть как положительным, так и отрицательным. Небольшие хозяйства оказывают стимулирующие воздействия на морскую биоту. При возрастании масштабов культивирования возрастает и опасность негативных последствий для окружающей среды.

## **ВЫВОДЫ**

1. Факторы, влияющие на развитие литоральных и сублиторальных поселений мидий на Карельском побережье, существенно отличаются. На литорали основными негативными факторами являются льдообразование и весеннее распреснение. В более глубоких горизонтах на темп роста моллюсков оказывает влияние более низкая температура воды в летнее время.

2. Карельское побережье Белого моря является перспективным районом для промышленной марикультуры мидий.

3. Наиболее эффективным методом культивирования мидий в исследуемом районе является подвесная марикультура с сезонным изменением глубины экспозиции носителей. Данный метод позволяет ослабить воздействие негативных факторов зимой и максимально использовать влияние положительных факторов в весенне-летний период.

4. Темп роста культивируемых моллюсков значительно выше, чем в естественных популяциях мидий исследуемого района.

5. При выращивании мидий методом подвесного культивирования существует определенный «критический» период, после которого величина биомассы моллюсков на носителях резко понижается. Наступление этого периода можно прогнозировать на основе экспериментальных данных.

6. Высокая плотность моллюсков в хозяйствах марикультуры и более высокий, чем в естественных поселениях, уровень их жизнедеятельности вызывает увеличение в воде содержания РОВ и биогенов, что в свою очередь обуславливает увеличение на этих участках продукции бактериопланктона и фитопланктона.

7. Для предотвращения негативных последствий промышленной марикультуры мидии, определения экологически безопасных размеров хозяйств, выбора мест их размещения и биотехнологии культивирования необходимо проведение предварительных биологических исследований.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

#### Коллективные монографии

*Кулаковский Э.Е., Житний Б.Г., Газдиева С.В.* Культивирование мидий на Карельском побережье Белого моря. Петрозаводск: тип. им. Анохина,- 2003. 160 стр.

#### Изобретения

Авторское свидетельство № 1517875. Способ сбора мидий.

*Чемоданов А.В., Евдонин Л.А., Миничев Ю.С., Житний Б.Г., Несветов В.А., Кулаковский Э.Е.* Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР 1.07.1989.

#### Публикации

*Житний Б.Г., Кулаковский Э.Е., Несветов В.А.* Проблемы промышленной марикультуры мидий в Белом море// Рыбное хозяйство, М., 1984, №8 с.37-39

*Скарлато О.А., Каргин М.И., Киприянов И.С., Несветов В.А., Житний Б.Г., Кулаковский Э.Е., Кунин Б.Е.* Марикультура мидий Белого моря// Сб. международной выставки «Инрыбпром-85», Ленинград, 1985.

*Садыхова И.А., Житний Б.Г.* Возможные пути повышения продуктивности мидий на Белом море// Тез. 6-го всесоюзного совещания по промысловым беспозвоночным. Минск, 1990, с. 43-45.

*Житний Б.Г.* Рыбное хозяйство Карелии в цифрах и фактах// Рыбное хозяйство, М., 2002, с. 18-25.

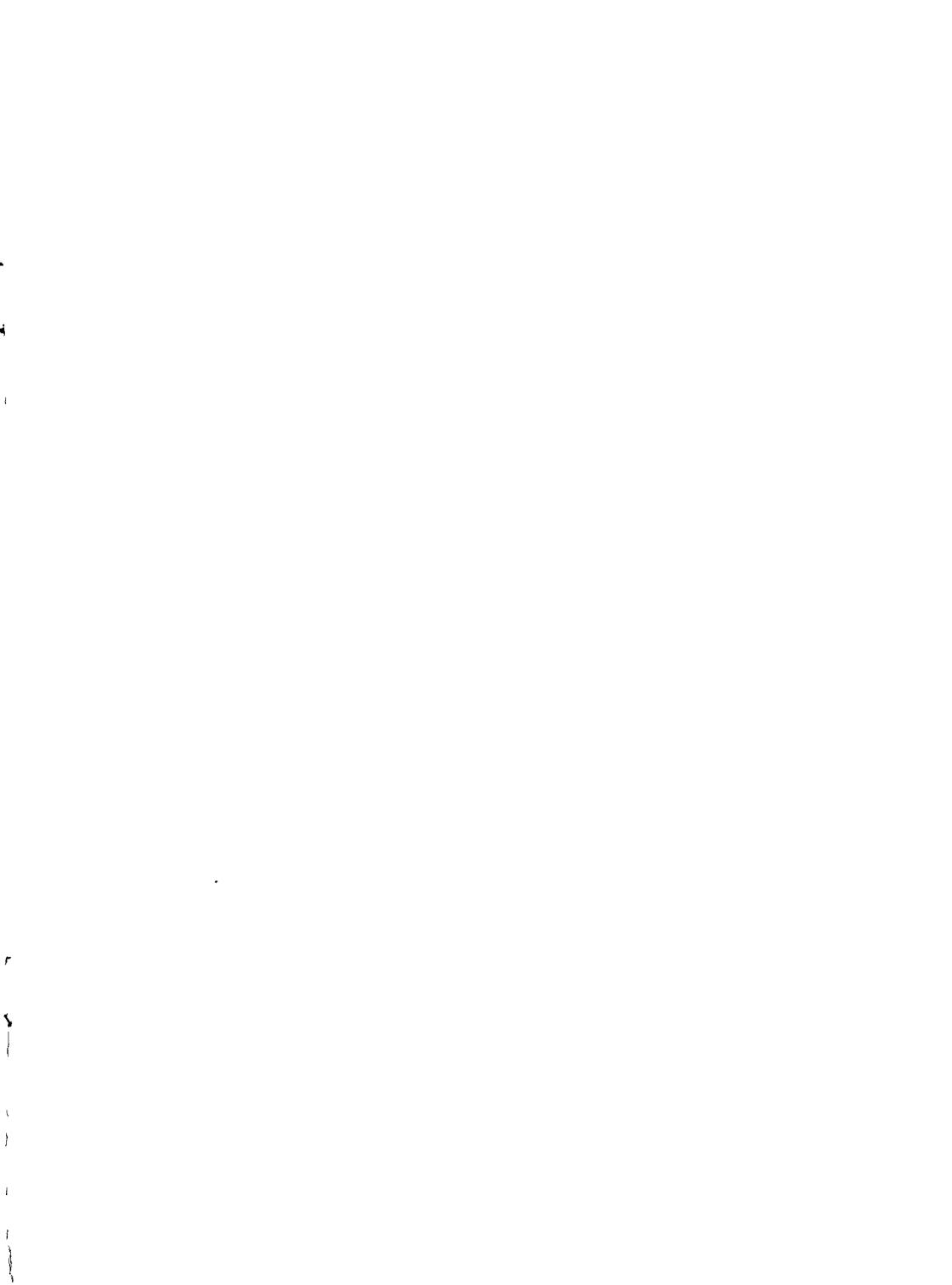
*Житний Б.Г., Газдиева С.В.* Развитие товарного рыбоводства в Карелии. Тез. II научно-практической конференции «Развитие рыбоперерабатывающего комплекса Северо-Запада России», С.-П., 2003, с. 15.

*Житний Б.Г.* Рыбная промышленность Карелии: вчера, сегодня, завтра// Рыболовство России, М., 2003, №3, с.31-32.

*Житний Б.Г.* Перспективы промышленной марикультуры мидий на Карельском побережье Белого моря// Рыбное хозяйство, М., 2003, №3.

Изд. лиц. № 00041 от 30.08.99. Подписано в печать 26.06.03. Формат 60 84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная UNION PRINT S. Гарнитура «Times». Печать офсетная.  
Уч.-изд. л. 1,5. Усл. печ. л. 1,4. Тираж 100 экз. Изд. № 42. Заказ № 348.

Карельский научный центр РАН  
185003, Петрозаводск, пр. А. Невского, 50  
Редакционно-издательский отдел



2003-A

12918

■ 129 18