

639.42 : 664.95

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

На правах рукописи

Газдиева Светлана Владимировна

**БЕЛОМОРСКИЕ МИДИИ *Mytilus edulis* L. ОСНОВЫ  
КУЛЬТИВИРОВАНИЯ И ПОЛЕЗНАЯ ИЗ НИХ ПРОДУКЦИЯ**

03.00.18 – гидробиология

03.00.16- экология

**Автореферат**

Диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

МОСКВА – 2004

Работа выполнена в лаборатории Беломорской биологической станции Зоологического института РАН и Федерального Государственного унитарного предприятия «Гипрорыбфлот-Экос»

Научный руководитель: доктор технических наук, кандидат биологических наук Лебская Т.К.

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор В.Н.Безнососов кандидат биологических наук И.А.Садыхова

Ведущая организация: Институт биологии КНЦ РАН

Защита диссертации состоится «3» июня 2004 г. в 15ч.30 мин. на заседании Диссертационного совета Д 501.001.55 в Московском Государственном 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 факультета Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова.

Автореферат разослан «8» апреля 2004 г.

Ученый секретарь Диссертационного совета, кандидат биологических наук

Н.В. Карташова

ВНИРО 3

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

№ Библиотека

**Актуальность проблемы.** Мидия *Mytilus edulis* L. – один из наиболее массовых и широко распространенных объектов марикультуры, которая в последние десятилетия быстро развивается в мировом рыбном хозяйстве.

Искусственное разведение мидий имеет многовековую историю и в настоящее время наблюдается тенденция к увеличению объемов ее культивирования. Обусловлено это, с одной стороны, необходимостью обеспечения населения пищевыми продуктами повышенной пищевой и биологической ценности, и с другой, стремлением компенсировать снижение запасов традиционных объектов промысла в Мировом океане. Актуальность совершенствования методов марикультуры обусловлена также тем, что исчерпание морских биологических ресурсов происходит на фоне быстрого роста численности населения и, соответственно, увеличения его пищевых потребностей.

В настоящее время марикультура мидий успешно развивается во многих странах мира. Так, ежегодный объем мировой продукции марикультуры мидий превышает 1,3 млн. тонн (FAO Roma, Fishstat, 2002) и обусловлен простотой и дешевизной их выращивания при минимальных затратах топливно-энергетических и трудовых ресурсов.

Основы культивирования мидий на Белом море были заложены в 80-х годах исследованиями Э.Е.Кулаковского, Б.Л.Кунина, Ю.С.Миничева, В.Н.Галкиной, В.В.Гальцовой, Б.Г.Житнего и др. ( Кулаковский, Кунин, 1982; Кулаковский, Миничев, 1992; Кулаковский, 1980; 1987; 1990; 1992; 2000; Кулаковский, Житний, Газдиева, 2003; Житний, 2003 ). В результате этих работ была показана важность для решения вопросов марикультуры мидий таких общебиологических проблем, как адаптационная пластичность объекта, особенности его онтогенетического развития,

характер формирования сообщества обрастания, влияние марикультуры на окружающую среду, формирование структуры и функции общеорганизменной регуляторной системы, возникающей в результате взаимодействия механизмов внутри- и межорганизменной регуляторной химической коммуникации (Кулаковский, 2000). Тем не менее, многие закономерности формирования массовых поселений мидий в конкретных контролируемых условиях и их влияние на биоту вызывают необходимость проведения дополнительных исследований.

Пищевая и биологическая ценность мяса мидий, обусловленная содержанием всех незаменимых и заменимых аминокислот, таурина, эссенциальных жирных кислот, жирорастворимых витаминов А, Е, Д, витаминов группы В, макро- и микроэлементов, была отмечена еще в начале прошлого века и подтверждена многочисленными исследованиями (Лагунов, Рехина, 1967; Лагунов, 1979; Бабенко, Бабушкина, 1979а, б; 1981; Христоферсен, 1986; Бабушкина, Бабенко, 1986; Бойков и др., 1997; Лебская и др., 1998; Новикова, 2003; и др.). К настоящему времени разработаны технологии комплексной переработки мидий по получению из них пищевой, кормовой продукции, лечебно-профилактических препаратов, субстанций лекарственных препаратов. В то же время, отсутствуют технологии, позволяющие максимально и рационально использовать весь уникальный комплекс биологически активных соединений, содержащихся в мидиях в зависимости от стадий годового жизненного цикла.

**Цель и задачи исследований.** Цель работы – разработка биологических основ культивирования мидий на Белом море и рекомендаций по экологически чистой технологии их переработки для получения полезной продукции.

В соответствии с этой целью предусматривалось решение следующих задач:

1. Изучить особенности биоценозов обрастания искусственных субстратов мидиевых хозяйств в условиях Белого моря в зависимости от сроков выставления субстратов и продолжительности их нахождения в море.
2. Определить размерно-возрастную структуру поселений мидий в различных районах Белого моря.
3. Исследовать характеристики роста и некоторых энергетических показателей мидий марикультуры и естественных популяций Белого моря.
4. Оценить влияние марикультуры мидий на экосистему Белого моря.
5. Провести сравнительный анализ пищевой, биологической ценности мидий естественных популяций и марикультуры Белого моря.
6. Разработать рекомендации по экологически чистой технологии переработки мидии для получения широкого спектра лечебно-профилактических пищевых и кормовых продуктов.
7. Оценить биологическую ценность мидийных гидролизатов, полученных из мидий марикультуры Белого моря в результате кислотного и ферментативно-кислотного гидролиза.
8. Провести медико-биологические исследования ферментативного гидролизата из мидий.

#### **Научная новизна работы:**

1. Представлена характеристика биоценозов обрастания искусственных субстратов мидиевых хозяйств в условиях Белого моря в зависимости от продолжительности их экспозиции в море. Установлено, что в период формирования искусственных субстратов от первого к четвертому году количество массовых видов выше, чем в некоторых естественных мидиевых поселениях, и возрастает от 19 до 24 с доминирующим представительством мидий (*Mytilus edulis*), полихет (*Nereis pelagica*, *Harmathoe imbricata*), моллюсков (*Hiattella arctica*) и ракообразных (*Balanus crenatus*).

2. После установки субстратов наряду с особями основной генерации мидий появляются представители и других генераций. С течением времени существования искусственных субстратов происходит снижение численности моллюсков при увеличении их биомассы. Распределение моллюсков по длине субстратов равномерное с тенденцией повышения биомассы в верхней части к четвертому году выращивания. С увеличением времени экспозиции субстратов возрастает количество возрастных классов моллюсков.
3. Скорость линейного роста и увеличение массы культивируемых мидий в первые 5 лет значительно превышает таковой мидий из естественных популяций. За 4-х летний цикл выращивания из 100% потребленной всеми мидиями энергии 38% возвращается в окружающую среду и только 6% приходится на долю урожая. Остальная часть поступающей энергии расходуется в процессе жизнедеятельности моллюсков.
4. Максимальные показатели пищевой и биологической ценности мяса мидий Белого моря имеет в преднерестовый период. Белок этих моллюсков содержит все незаменимые и заменимые аминокислоты, таурин,  $\beta$ -каротин, витамины группы В и С, липиды с высоким содержанием эссенциальных жирных кислот, жирорастворимых витаминов Е, Д, макро-, микроэлементов. Перечисленные свойства свидетельствуют об уникальности этого сырья как для пищевых целей, так и для получения лечебно-профилактических продуктов, субстанций лекарственных препаратов и кормовых продуктов.
5. Научно-обоснованы рекомендации по экологически чистой технологии переработки мидий марикультуры Белого моря, заключающиеся в ферментативно-кислотном гидролизе живых или сыромороженных мидий, использовании побочных продуктов – межстворчатой жидкости для получения концентрата таурина, створок- в качестве основы для

БАД морской кальций, мидийной крупки, негидролизованного плотного остатка – для кормовых БАД.

**Практическое значение.** Результаты работы могут быть использованы для проектирования мидиевых марихозяйств в различных условиях Белого моря, прогнозирования экономической их эффективности, расчетов объемов получаемой продукции и разработке природоохранных мероприятий.

Отсутствие существенных различий показателей пищевой и биологической ценности мидий естественных популяций и марикультуры Белого, Баренцева и Черного морей свидетельствует о возможности применения для их переработки разработанных нами рекомендаций и апробированных технологий в условиях опытно-промышленного предприятия ДФГУП «Гипрорыбфлот-Экос».

Для выпуска лечебно-профилактической продукции и субстанций лекарственных препаратов целесообразно использование преднерестовых мидий.

Идентичная вирусингибирующая активность мидийных гидролизатов, полученных кислотным и ферментативно-кислотным гидролизом, свидетельствует об экономической целесообразности применения последней технологии для получения продукта с заданными свойствами.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

- биологическое обоснование возможности культивирования мидий в 4-х летнем цикле в условиях Белого моря, включающее характеристику биоценозов обрастания искусственных субстратов мидиевых хозяйств в зависимости от сроков выставления субстратов и продолжительности их нахождения в море, энергетические показатели мидий марикультуры, а также оценку влияния марикультуры мидий на окружающую среду;

- характеристика показателей пищевой и биологической ценности мидии марикультуры Белого моря на различных этапах жизненного цикла выше по сравнению с аналогичными параметрами мидий естественных популяций;
- использование живых или сыромороженных неразделанных мидий с предварительной ферментативной обработкой сырья позволяет повысить выход биологически активных соединений в конечных продуктах и расширить их ассортимент.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертации представлялись и докладывались на межлабораторных коллоквиумах ФГУП «Гипрорыбфлот», ФГУП ВНИРО и на следующих конференциях: 11 научно-практическая конференция «Развитие рыбоперерабатывающего комплекса Северо-Запада России» 15 апреля 2003 г., Санкт-Петербург, 2003; Международная научно-техническая конференция «Наука и образование-2004», 7-15 апреля 2004 г., Мурманск., 2004.

**Публикации.** По результатам выполненных исследований опубликовано 6 работ, в том числе 1 монография и 5 научных статей и тезисов докладов.

**Объем и структура работы.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы, описания объекта, материалов и методов исследований, представления результатов исследований и их обсуждения, выводов, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 179 с. машинописного текста, включая 9 с. приложения, содержит 30 таблиц, 15 рисунков, 292 наименований работ отечественных и зарубежных авторов.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы.

**Глава 1.** Приведена характеристика естественных популяций мидий в различных биотопах Белом море, а также состояние исследований в области культивирования мидий. Показано, что на основе закономерностей распределения массовых их поселений, данных о гидрологических и гидрохимических условий, особенностей влияния на окружающую среду, к настоящему времени разработаны биологические основы марикультуры мидий на Белом море. Отмечена необходимость проведения дополнительных исследований по биоценозам обрастания искусственных субстратов, особенностям роста и некоторых энергетических показателей поселений мидий в условиях марикультуры и их влияния на окружающую среду.

Анализ исследований в области пищевой, биологической ценности и технологий переработки мидий свидетельствует о необходимости систематизации исследований пищевой и биологической ценности мидий на различных этапах жизненного цикла, а также разработке рекомендаций по рациональной их переработке.

**Глава 2.** Описаны объект, материал и методы исследований. Объектом исследования явилась Беломорская мидия естественных популяций и марикультуры – *Mytilus edulis* L. – одного из представителей Типа моллюсков (*Mollusca*), Класса Пластинчатожаберные (*Lamellibranchia* или *Bivalvia*) (Догель, 1981).

Материалом для настоящих исследований послужили результаты многолетних наблюдений Беломорской биологической станции Зоологического института РАН (г. Санкт-Петербург), данные экспериментальных работ по комплексной переработке мидий ДФГУП «Гипрорыбфлот-Экос» (г. Санкт-Петербург), медико-биологические

исследования биологического факультета Московского университета им.М.В.Ломоносова (г.Москва) и Института гриппа РАМН (г.Санкт-Петербург), выполненных в период с 1991 по 2003 гг.

Исследование бентоса, бактерио-, фито- и зоопланктона проводилось общепринятыми гидробиологическими методами (Винберг и др., 1960; Троицкий, Сорокин, 1967; Киселев, 1969; Сорокин, Петипа, Павлова, 1970; Федоров, 1979; Сорокин, 1983; Федоров, Капков, 1999; 2000).

Общая численность бактериопланктона определялась методом прямого счета на мембранных фильтрах "СЫНПОР" N9 (диаметр пор 0,17 мкм), окрашенных карболовым эритрозином..

Пробы фитопланктона анализировали по методам В.Д. Федорова (1979) и Т.И.Кольцовой с соавт.(1970;1979).

Биомасса фитопланктона определялась расчетным способом (Strickland, Parsons, 1960).

При изучении сукцессионного развития бактериального и водорослевого микроперифитона применяли стандартные методы.

Анализ содержания различных форм биогенных элементов осуществлялся по следующим методикам (Методы гидрохимических исследований...,1988): нитриты – метод Грисса-Илосвая;нитраты – метод Мориса-Райли; аммонийный азот – метод Сэджи-Солорзано; фосфаты – метод Морфи-Райли.

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) – согласно методикам по Стрикланду и Парсонсу (Strickland, Parsons, 1968).

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

Размерно-массовый состав мидий определяли по Методическим рекомендациям ВНИРО (Технохимическое исследование рыбы., 1981), химический состав различных частей тела – стандартными методами (Лазаревский,1955) на оборудовании фирмы Текатор (Швеция), содержание аминного азота – методом формольного титрования с применением автотитратора фирмы «Radiometr» марки рНМ-82.

Содержание сухого вещества и воды определяли весовым методом, минеральных веществ – методом сухого озоления в муфельной печи; сырой протеин рассчитывали по общему азоту, определенному по Къельдалю. Углеводы вычисляли по разности между сухим веществом и суммой протеина, жира и золы.

Определение жирнокислотного состава образцов проводили методом газожидкостной хроматографией на приборах С-180 фирмы «Упасо». Содержание жирорастворимых витаминов в пробах определяли методом нормальнофазной высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на хроматомасс-спектрометре LCMS-QI 8000 фирмы «Shimadzu» (Япония), с использованием колонки ID Supelcosil TM LC-SI (25 x 4,6 мм). Аминокислотный состав проб исследовали методом двумерной ТСХ, а количественное их определение и идентификацию проводили на приборе CS-9000 фирмы «Shimadzu» (Япония) с помощью стандартов фирмы «Sigma» (США).

Макро- и микроэлементный состав изучали методом атомноабсорбционной ионизационной спектрофотометрии на приборе AA-670 фирмы «Shimadzu» (Япония) и методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на приборе ICAP-9000 (США).

Содержание меланоидинов определяли в соответствии с методикой ТУ 15-16-52-96, раздел 3.4, гелхроматографией на колонке с насадкой Тоуорепарл НW40F, объем колонки 38 мл, диаметр 9 мм. Элюенты – вода и

0,4 % раствор сульфата аммония, скорость подачи 15,5 мл/час. Пробы обрабатывали хлороформом и после нанесения 0,4 мл образца на колонку проводили отбор фракций по объему раствора, прошедшего через колонку: объем фракции 3,05 мл.

Показатель степени гидролиза белка в гидролизатах рассчитывали по отношению аминного азота к общему.

Медико-биологические исследования ферментативного гидролизата проводили на крысах и цыплятах на биологическом факультете МГУ им.М.В.Ломоносова, в соответствии со стандартными методами исследований, противовирусные и цитотоксические свойства ферментативно-кислотного гидролизата «Мидэл» – Научно-исследовательском Институте гриппа РАМН (г.Санкт-Петербург).

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

Результаты химических и биохимических исследований обработаны статистически с помощью вспомогательных программ IBM PC с применением критерия Стюдента ( $t_4$ ), а также непараметрического критерия различий Вилкоксона – Манна – Уитни (U) (Гублер, Генкин, 1969; Ивантер, 1979).

### ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

#### ХАРАКТЕРИСТИКА БИОЦЕНОЗОВ ОБРАСТАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СУБСТРАТОВ МИДИЕВЫХ ХОЗЯЙСТВ

Фундаментом рациональной и экономически эффективной марикультуры являются комплексные исследования взаимоотношений организма с окружающей средой как в естественных условиях, так и в условиях, искусственно создаваемых целенаправленной деятельностью человека (Хайлов, 1971; 1985; Кулаковский, 1980;1988;1990; 2000; Кулаковский, Кунин, 1983; Кулаковский, Крейман, 1984; Гальцова и др.,

1985; Скарлато, Зайцев, Душкина, 1989; и др.). Большое значение в этой связи имеют данные по изучению процессов становления, формирования и климакса сообщества мидий на искусственных субстратах в условиях промышленной биотехнологии марикультуры мидий.

**Макробентос.** Доминирующими по плотности и, соответственно, по биомассе, были двусторчатые моллюски *Mytilus edulis*, *Hiatella arctica* и *Heteranomia squamula*. Мидии в этом сообществе составляют от 30 до 70% (табл.1).

Таблица 1

Видовой состав и количественное распределение макробентоса (экз/м<sup>2</sup>) на капроновых фалах на третий и пятый года выращивания мидий в губе Чупа Белого моря

№	Вид	Горизонты					
		3 года			5 лет		
		0,2	3,2	3,6	0,5	1,0	1,4
1.	<i>Mytilus edulis</i>	3800	3200	2500	3000	3600	3400
2.	<i>Hiatella arctica</i>	35	1150	790	-	220	160
3.	<i>Balanus balanoides</i>	-	70	590	-	11	116
4.	<i>Nereis pelagica</i>	30	470	685	20	38	95
5.	<i>Harmathoe imbricata</i>	-	41	55	-	11	-
6.	<i>Gammarus sp.</i>	-	-	-	28	22	-
Всего:		3865	4931	4620	3048	3902	3771

На всех пластинках обитает и естественный враг мидий – морская звезда *Asterias rubens L.* (Кулаковский, Лезин, 1999).

**Мейобентос.** Эумейобентос был представлен следующими группами: фораминиферами, нематодами, гарпактицидами, остракодами, морскими клещами, тихоходками и турбелляриями. Плотность поселения мейобентоса на 2-3 порядка выше по сравнению с плотностью макробентоса. Доминирующей по плотности поселения являются свободноживущие морские нематоды.

**Фораминиферы.** На капроновой дели выявлено семь видов фораминифер, среди которых доминировали по плотности поселения *Allogromia sp.*, *Pateoris hauerinoides*, *Elphidiella frigida* и *Patellina corrugata*.

**Диатомовые водоросли.** На искусственных субстратах присутствует больше половины видов диатомовых водорослей, определенных для естественных популяций мидий в Кандалакшском заливе Белого моря (Кулаковский, Бондарчук, 1987; Бондарчук, Кулаковский, 1988; Кулаковский, Рычкова, 1985).

**Бактерио- и фитопланктон.** Плотность поселения, биомасса и суточная продукция фито- и бактериопланктона в районах марикультуры мидий превышают аналогичные показатели в контрольных участках акватории Белого моря в 20-40 и в 6-10 раз, соответственно.

### ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ ПОСЕЛЕНИЙ МИДИЙ БЕЛОГО МОРЯ В МАРИКУЛЬТУРЕ

Численность, биомасса и размерно-возрастная структура искусственных поселений мидий играют значительную роль в определении экономических показателей этой хозяйственной деятельности.

Наибольшие показатели значений плотности поселения мидий характерны для краевых участков (морской и кутовой) хозяйства. Биомасса моллюсков прогрессивно уменьшалась по направлению от морской части хозяйства к кутовой.

В таблице 2 приведены годовые значения продукции и Р/В – коэффициента за весь период наблюдений, которые получены суммированием показателей для каждого возрастного класса моллюсков, входящих в состав поселения в конкретный год.

Как видно, максимальные величины продукции приходятся на 4-й год роста, а минимальные – на 2-й.

Значение Р/В – коэффициента для особей быстрорастущей группы мидий максимально в первый год, а затем, по мере увеличения биомассы моллюсков, снижается. Для мидий естественных поселений Белого моря

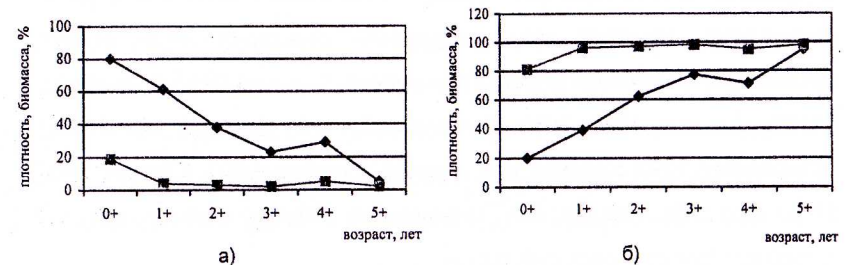
значения этого коэффициента находятся в пределах 0,8 – 7,4 (литоральные моллюски) и 1,2 – 2,9 (сублиторальные) (Максимович, 1978).

**Таблица 2**  
Показатели продукции, элиминированной биомассы и Р/В-коэффициента основной генерации поселения мидий на искусственных субстратах хозяйства

Возраст, лет	Группа мидий	Продукция, г/м <sup>2</sup> год	Элиминированная биомасса, г/м <sup>2</sup> год	Р/В за год
1	Б	4078	2686	3,5
	М	100	111	1,4
2	Б	1353	331	0,5
	М	90	39	1,0
3	Б	4893	595	0,8
	М	114	64	0,7
4	Б	6257	5987	0,8
	М	514	129	1,6
5	Б	3125	2090	0,4
	М	323	552	1,2

Обозначения: Б – быстрорастущие, М – медленно растущие мидии.

Установлено, что с увеличением возраста функционирования мидиевого хозяйства увеличивается на них количество возрастных классов, а также выделяется две группировки, которые мы условно обозначили как «быстрорастущие» и «медленно растущие» (рис. 1).



- ◆ – средняя плотность, % от общей плотности;
- – средняя биомасса, % от общей биомассы.

Рис. 1. Динамика плотности и биомассы «медленно растущих»(а) и «быстрорастущих»(б) мидий в различном возрасте



Следует отметить, что динамика показателей плотности и биомассы мидий в процессе роста обнаруживала существенные различия в зависимости от принадлежности к группировке (рис. 1). У «медленнорастущих» особей до возраста 1+ биомасса возрастала, а плотность уменьшалась. При последующем развитии этой группировки выявлено синхронное уменьшение показателей массы и плотности до возраста 3+ с некоторым увеличением к возрасту 4+ и последующим снижением этих показателей к 5+.

Согласно наших экспериментальных данных сбор урожая в условиях опытно-промышленного хозяйства бухты Круглой Белого моря следует осуществлять после четырех лет существования искусственных субстратов.

#### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РОСТА И НЕКОТОРЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИДИЙ МАРИКУЛЬТУРЫ И ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ БЕЛОГО МОРЯ

Характер и особенности роста мидий в естественных условиях и при культивировании представляют значительный интерес для определения энергетического баланса моллюсков определенного хозяйства и расчета допустимых нагрузок на конкретные акватории при создании промышленной марикультуры (Кулаковский, Сухотин, 1986; Кулаковский, Кунин, Сухотин, 1985; 1986; Кулаковский, 1990; Сухотин, Кулаковский, Максимович, 1992; Кулаковский, Житний, Газдиева, 2003; Житний, 2003). Из данных табл. 3 видно, что величина  $W_t / W_{общ.}$  наиболее высокая у мидий на искусственных субстратах.

Таблица 3

#### Сравнительная характеристика соотношений мягких тканей мидий естественных популяций и марикультуры, % от общей массы тела

Биотоп и время сборов	$W_g / W_{общ.}$	$W_r / W_{общ.}$
Искусственные субстраты		
Июль	6,1	26,6
Ноябрь	4,3	18,8
Поселения мидий на литорали		
Июль	3,6	15,7
Поселения мидий в верхней сублиторали		
Август	4,1	17,9

Рост культивируемых моллюсков описывается отрезком прямой, выходящей из начала координат и имеющей тангенс угла наклона относительно положительного направления оси абсцисс равный 13. Таким образом, уравнение линейного роста культивируемых мидий в период первых пяти лет имеет вид:

$$L_t = 13t$$

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

Это уравнение можно использовать для контроля за состоянием развития мидий на хозяйствах и предварительной ориентировочной оценки предполагаемого выхода товарной продукции с организуемых промышленных хозяйств в акватории губы Чупа. 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).

Для расчета составляющих энергетического баланса использованы данные продукции, определенной по месяцам. Из данных таблицы 4 видно, что большую часть энергии ассимилируют особи быстрорастущей группы мидий.

Таблица 4

**Энергетические показатели основной генерации мидий в поселении на искусственных субстратах**

Возраст, лет	P	R	F	A	C	K <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>
МЕДЛЕННОРАСТУЩИЕ ОСОБИ							
1	21	236	110	257	367	0,08	0,06
2	19	110	55	129	184	0,15	0,10
3	24	166	81	190	271	0,13	0,09
4	108	275	164	383	547	0,28	0,20
5	68	273	146	341	487	0,20	0,14
БЫСТРОРАСТУЩИЕ ОСОБИ							
1	856	1380	958	2236	3194	0,38	0,27
2	284	2212	1070	2496	3566	0,11	0,08
3	1027	4014	2161	5041	7202	0,20	0,14
4	1314	4662	2561	5976	8537	0,22	0,15
5	656	5006	2427	5662	8089	0,12	0,08

Примечание: P – продукция (ккал/м<sup>2</sup> год); R – траты на обмен (ккал/м<sup>2</sup> год); F – энергия, выделенная с фекалиями (ккал/м<sup>2</sup> год); A – ассимилированная энергия (ккал/м<sup>2</sup> год); C – рацион (ккал/м<sup>2</sup> год); K<sub>2</sub> – коэффициент чистой и K<sub>1</sub> – коэффициент валовой эффективной продукции.

Использование значений энергетических показателей дает возможность представить поток энергии, проходящий через все рассматриваемое мидиевое хозяйство за весь цикл культивирования моллюсков. Общие величины биомассы и плотности поселения мидий на всем хозяйстве по годам представлены в таблице 5.

Таблица 5

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

Возраст, лет	Численность, млн экз.		Биомасса общая, т		Биомасса мягких тканей, т	
	Все мидии	Генерация 1983 г.	Все мидии	Генерация 1983 г.	Все мидии	Генерация 1983 г.
1	9000		15		3,3	
2	320	272	87	86	19	18
3	177	140	147	133	32,5	29
4	66	58	228	212,8	50	46,8
5	175	24,5	184	168	40,5	37

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.

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.

Согласно уравнению линейного роста для культивируемых мидий степенная зависимость их массы от возраста в условиях культивирования степенная зависимость будет следующей:

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

Этим уравнением, как и предыдущим, рекомендуется пользоваться при проведении предварительных расчетов выхода товарной продукции с хозяйства.

Кривая, описывающая рост массы мидий в условиях культивирования, представляет собой ветвь параболы, и до возраста моллюсков 5+ не имеет тенденции выхода на плато (рис.2). У мидий из естественных мест обитания абсолютные приросты массы увеличиваются до определенного значения, характерного для каждого отдельного биотопа (рис.3). Перегиб кривой роста массы моллюсков происходит в том возрасте, когда достигается максимальный абсолютный прирост, что, судя по полученным данным, для мидий Белого моря происходит при их массе, составляющей 33-35% от  $W_{\infty}$  к 5 годам. Особи возраста 5+ с искусственных субстратов в 3,5 раза превышают по общей массе сублиторальных мидий того же возраста.

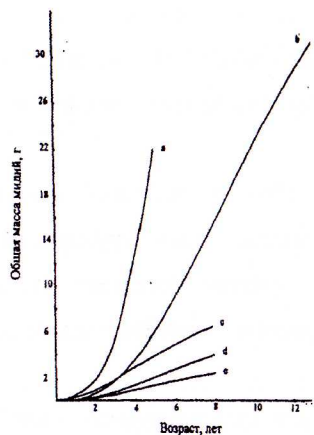


Рис. 2. Рост массы мидий из разных биотопов:  
а – искусственные субстраты,  
б – сублитораль, с, d, e – нижняя, средняя и верхняя литораль, соответственно

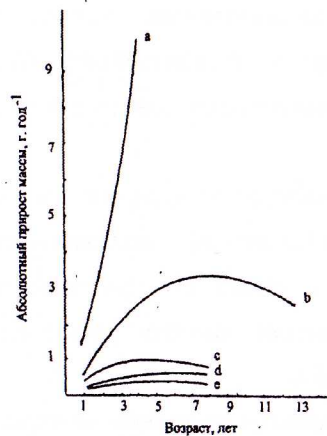


Рис. 3. Абсолютный прирост массы мидий из разных биотопов:  
а – искусственные субстраты,  
б – сублитораль, с, d, e – нижняя, средняя и верхняя литораль соответственно

Таким образом, темп линейного роста и роста массы культивируемых мидий в первые 5 лет значительно превышают аналогичные параметры мидий из естественных поселений.

### ВЛИЯНИЕ МАРИКУЛЬТУРЫ МИДИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Экологическая безопасность окружающей среды является одним из основных условий функционирования промышленной марикультуры.

Как видно из данных таблицы 6 показатели жизнедеятельности мидий в условиях культивирования выше, чем у особей в естественных популяциях.

Таблица 6

Сравнительная характеристика показателей жизнедеятельности мидий марикультуры и естественных популяций на Белом море

Показатели жизнедеятельности мидий	Естественные поселения			Искусственные поселения		
	Возраст моллюсков, год			Возраст моллюсков, год		
	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 PУ, 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

Анализ данных свидетельствует о том, что в исследованных акваториях влияние жизнедеятельности культивируемых мидий не приводит к кардинальным изменениям гидрохимического режима акваторий, что в большей степени относится к верхнему (0 – 10м) слою воды. Это объясняется прежде всего хорошим водообменом акваторий, благодаря постоянно действующим приливо-отливным течениям.

### ПИЩЕВАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ МИДИЙ МАРИКУЛЬТУРЫ И ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ БЕЛОГО МОРЯ, А ТАКЖЕ ПОЛЕЗНАЯ ПРОДУКЦИЯ, ПОЛУЧАЕМАЯ ПРИ ИХ ПЕРЕРАБОТКЕ

В решении вопросов максимального и рационального использования сырья решающую роль определяют данные по размерно-массовому составу, соотношению, выходу, химическому составу и биохимическим свойствам различных частей тела на определенных этапах жизненного цикла животных.

Соотношение частей тела мидий как в естественных условиях, так и марикультуре обнаруживает сезонную изменчивость; наибольший выход

мяса, а также показатели пищевой и биологической ценности выявлены у культивируемых мидий в преднерестовый период.

Биологическая ценность белка мяса мидий определяется присутствием всех незаменимых и заменимых аминокислот, а также доминированием ПНЖК – докозагексаеновая кислоты (22:6), присутствием биогенных макро- и микроэлементы, играющих значительную роль в активации антирадикальной защиты организма (Пилат, Иванов, 2002).

Комплекс биохимических свойств свидетельствует о том, что по показателям пищевой и биологической ценности в соответствии с классификацией Министерства здравоохранения РФ мидии марикультуры Белого моря относятся к сырью для получения пищевых продуктов лечебно-профилактического назначения и субстанций лекарственных препаратов (Лапардин, 1994), что согласуется с результатами предшествующих многочисленных исследований.

#### **РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ МИДИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИЗ НЕЕ ПРОДУКТОВ**

Повышенный интерес к полезным продуктам – биологически активным пищевым добавкам (БАД) обусловлен, с одной стороны загрязнением окружающей среды, с другой – тем, что главным путем воздействия экологических факторов на организм человека является пища (Покровский, 1974; Тутельян, 1996; Княжев, 1999; Кочеткова, 1999; Спиричев, 2000; Пилат, Иванов, 2002).

На основании анализа литературных данных и результатов собственных экспериментальных исследований нами разработаны рекомендации по экологически чистой и комплексной переработке мидий, которые позволяют расширить ассортимент и получить следующие виды продукции: ферментативно-кислотный гидролизат ( в жидком виде);

ферментативно-кислотный гидролизат сухой; концентрат межстворчатой жидкости ( в жидком виде); межстворчатая жидкость сухая; мидийный бульон (концентрат); мидийный бульон (сухой); крупка из створок раковин мидий; мука из створок раковин мидий – субстанция для БАД «Морской кальций».

#### **ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МИДИЙНЫХ ГИДРОЛИЗАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ МИДИЙ МАРИКУЛЬТУРЫ БЕЛОГО МОРЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ КИСЛОТНОГО И ФЕРМЕНТАТИВНО-КИСЛОТНОГО ГИДРОЛИЗА**

Проблема оздоровления, снижения риска развития многих заболеваний, их профилактики и лечения вызвали необходимость создания пищевых продуктов нового поколения – биологически активных пищевых добавок, к которым относятся мидийные гидролизаты.

Сравнительный анализ некоторых физико-химических и биохимических свойств мидийных гидролизатов, полученных в результате ферментативно-кислотного и кислотного гидролиза, а также оценка их вирусингибирующей активности не выявила существенных различий по всем показателям.

#### **МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗАТОРА ИЗ КУЛЬТИВИРУЕМЫХ В БЕЛОМ МОРЕ МИДИЙ**

При определении направлений применения новых пищевых добавок из природного сырья и изготовленных по новейшим технологиям решающая роль отводится медико-биологическим исследования (Левинтон, 1990; Левинтон и др., 1992). др., 1997; Новикова, 2003; Асатрян, 2003).

Общее состояние мышей и крыс при скормливании животным ферментативного гидролизата (ФГ) не отличалось от контрольных животных.

Добавка ФГ к рациону (250г на 1 тонну комбикорма или 0,025%) способствовала более интенсивному росту цыплят по сравнению с контролем.

В начальный период применения ФГ (на 5-е сутки) отмечалась тенденция к уменьшению концентрации продуктов перекисного окисления липидов (ППОЛ) в сыворотке крови, что свидетельствует о его антиокислительной способности и отсутствии развития у животных реакции «тревоги», которая, как правило, сопровождается интенсификацией перекисидации биоллипидов и накоплением ППОЛ (Владимиров, Арчаков, 1972).

### ВЫВОДЫ

1. Научно обоснованы и разработаны некоторые методы биологических основ культивирования мидий на Белом море, а также рекомендации по экологически чистой технологии для получения полезной из них продукции.

2. Формирование биоценоза обрастания искусственных субстратов мидиевых хозяйств в условиях Белого моря имеет сходный характер для обрастаний самых различных искусственных субстратов в приповерхностных слоях воды. В период становления биоценоза (от первого к четвертому году) количество массовых видов выше, чем в некоторых естественных мидиевых поселениях и возрастает от 19 до 24, с доминирующим представительством мидий (*Mytilus edulis*), моллюсков (*Hiatella arctica*), полихет (*Nereis pelagica* и *Harmathoe imbricata*), и ракообразных (*Balanus crenatus*).

3. В каждый последующий сезон после установки субстратов помимо особой основной генерации появляются представители других естественных генераций. С течением времени существования искусственных субстратов происходит снижение численности моллюсков при увеличении их биомассы и количества возрастных классов моллюсков.

4. Темп линейного роста и увеличение массы культивируемых мидий первые 5 лет значительно превышает таковой у мидий из

естественных популяций. За 4-х летний цикл выращивания из 100% потребленной всеми мидиями энергии 38% возвращается в окружающую среду и только 6% трансформируется в конечную продукцию.

5. Марикультура мидий преобразует условия обитания сопутствующих организмов-консортов и изменяет пространственную характеристику сообщества. С видом-детерминантом (мидии) трофически связаны все детритофаги макро- и мейофауны. Мидии марикультуры, выделяя в окружающую среду метаболиты в форме РОВ на порядок (в 6-20 раз) повышают их содержание по сравнению с контрольными участками, а также увеличивают биомассу фитопланктона (в 20-40 раз) и бактериопланктона (в 5-10 раз).

6. Культивируемые мидии отличаются от мидий естественных поселений большей калорийностью (114,8 против 80,1 ккал/г) и выходом мягких тканей (25-35 против 14-21%), меньшим – створок (25-30 против 35-38%). Наибольшую пищевую и биологическую ценность мясо мидий Белого моря имеет в преднерестовый период, характеризуется содержанием всех незаменимых и заменимых аминокислот, таурина, β-каротина, витаминов группы В и С, липидов с высоким уровнем эссенциальных жирных кислот, жирорастворимых витаминов Е, Д, а также макро-, микроэлементов. Перечисленные свойства свидетельствуют об уникальности этого сырья как для пищевых целей, так и для получения лечебно-профилактических продуктов, субстанций лекарственных препаратов и кормовых продуктов.

7. Научно-обоснованы и разработаны рекомендации по экологически чистой технологии переработки мидий марикультуры Белого моря, заключающиеся в использовании мидий (размер более 50 мм) для приготовления вареномороженной и деликатесной консервированной продукции, менее этого размера – для ферментативного или ферментативно-кислотного гидролиза живых или сыромороженных мидий.

Кроме того, показано использование побочных продуктов переработки мидий – межстворчатой жидкости для получения концентрата таурина, створок – в качестве основы для БАД «Морской кальций», мидийной крупки, негидролизованного плотного остатка – для кормовых БАД.

8. Биохимический состав и биологическая активность мидийных гидролизатов, полученных из мидий марикультуры Белого моря кислотным и ферментативно-кислотным гидролизом, не обнаруживают отличий. Это свидетельствует об экономической целесообразности получения мидийного гидролизата ферментативно-кислотным способом.

9. Медико-биологические исследования ферментативного гидролизата из мидий показали целесообразность его использования в качестве микродобавки (0,025%) к стандартному рациону цыплят для ускорения роста в начальный период их выращивания.

#### Основные работы, опубликованные по теме диссертации:

##### Монография:

1. Кулаковский Э.Е., Житний Б.Г., Газдиева С.В. Культивирование мидий на Карельском побережье Белого моря. Петрозаводск. 2003. 160 с.

##### Статьи и тезисы докладов:

2. Житний Б.Г., Газдиева С.В. Мидии Белого моря // Рыбное хоз-во-№3.- 2003.-С.50-51.
3. Кобзева Е.А., Газдиева С.В. Организация отраслевой системы оценки качества рыбной продукции в республике Карелия // Тезисы докладов 11 научно-практической конференции «Развитие рыбоперерабатывающего комплекса Северо-Запада России» 15апреля 2003 г., С-Петербург, 2003.-С. 14.
4. Газдиева С.В. Влияние условий выращивания на пищевую ценность мидий *Mutilus edulis* L. // Междун. Научно-техн.конф.»Наука и образование – 2004». Мурманск. 2004а.-С. 32-35

5. Газдиева С.В. Биоценоз мидий на искусственных субстратах в условиях Белого моря // Междун. Научно-техн.конф.»Наука и образование – 2004». Мурманск. 2004б. -С.23-25
6. Газдиева С.В., Бойков Ю.А., Мужленов А.Г., Елагин В.Н., Лебская Т.К. Сравнительная характеристика мидийных гидролизатов, полученных ферментативно-кислотным и кислотным гидролизом // Экспресс-информация ВНИЭРХ. 2004.-С.16-20

Подп. в

экз. Заказ 40

17