На правах рукописи

Жарников Вячеслав Сергеевич

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ И КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ТИХООКЕАНСКОЙ МИДИИ *MYTILUS TROSSULUS* (BIVALVIA: MYTILIDAE) В ТАУЙСКОЙ ГУБЕ ОХОТСКОГО МОРЯ

Специальность 03.02.08 – экология (биологические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени

кандидата биологических наук

22 АПР 2015

005567555

Петропавловск-Камчатский

2015

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт биологических проблем Севера Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИБПС ДВО РАН)

Научный руководитель: **Халаман Вячеслав Вячеславович,** доктор биологических наук, ФГБУН Зоологический институт РАН, ведущий научный сотрудник

Официальные оппоненты: **Спиридонов Василий Альбертович,** доктор биологических наук, ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, ведущий научный сотрудник

Архипова Елена Анатольевна, кандидат биологических наук, ФГБНУ «Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «КамчатНИРО»), ведущий научный сотрудник

Ведущая организация: ФГБНУ «Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «СахНИРО»)

Защита состоится 21.05.2015 г., в 10.00 часов, на заседании диссертационного совета Д 307.008.01 при Камчатском государственном техническом университете (ФГБОУ ВПО «КамчатГТУ») по адресу: 683003, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Вилюйская, д. 56.

Факс, электронный адрес: (4152)42-05-01, E-mail: kamchatgtu@kamchatgtu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Камчатского государственного технического университета http:/www.kamchatgtu.ru.

Автореферат разослан «02» 04 2015 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук Ступникова Н.А. Ступникова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Тихоокеанская мидия *Mytilus trossulus* Gould, 1850 – один из наиболее массовых и широко распространенных видов двустворчатых моллюсков. Встречается повсеместно в дальневосточных морях России от Анадырского залива до зал. Посьета и на Тихоокеанском побережье Америки от Аляски до северной Калифорнии (Коэн, Пудовкин, 1988; Мак-Дональд и др., 1990; Gosling, 1992; Toro et al., 2004; Vainola, Strelkov, 2011; Brooks, Farmen, 2013). В Атлантическом и Северном Ледовитом океанах *M. trossulus* обитает совместно с близкой по морфологии и экологии *Mytilus edulis* L., 1758 (Vainola, Strelkov, 2011).

В настоящее время биология тихоокеанской мидии исследована на акватории Японского моря, у северных Курильских островов и океанического побережья Камчатки (Резниченко, Солдатова, 1974; Ошурков, Буяновский, 1986; Селин, 1986, 1990, 1991; Буяновский, 1987а, 1987б, 1990, 1994; Кусакин, 1956, 1961, 1989). Тауйская губа – наиболее прогреваемый участок в северной части Охотского моря (Чернявский, Радченко, 1994), с мелководными бухтами, высокой амплитудой приливов (5,1 м) и обширными площадями литорали с поселениями тихоокеанской мидии. Следует отметить недостаточную изученность этого вида в Тауйской губе. Имеются лишь краткие сведения о районах локализации мидий (Галанин, 1997; Регель, 2005) и о темпе ее роста на одном из участков литоральной зоны бух. Нагаева (Савилов, 1954).

В связи с повышенным спросом на мидий в качестве объекта питания возрастает актуальность поиска новых способов их культивирования (Полякова, 2002). В мировой практике известны три основных способа выращивания мидий: на грунте, на свайных сооружениях и в толще воды, при котором моллюсков содержат на подвешенных коллекторах, не имеющих контакта с грунтом (Садыхова, 1979). Сроки культивирования мидий до товарного размера зависят от применяемой технологии и составляют от двух до четырёх лет (Лавровская, 1979; Федоров, 1983; Газдиева, 2004; Шепель, 1988; Афейчук, Мокрецова, 2000).

Тихоокеанская мидия – перспективный объект культивирования в прибрежной зоне Тауйской губы. Однако без детального исследования размерной и возрастной структуры поселений, выяснения особенностей размножения, роста, пространственного распределения в естественных условиях и оценки состояния запасов мидий невозможно разработать технологию культивирования этого вида в северной части Охотского моря.

Степень разработанности. Несмотря на длительную историю исследований *M. trossulus* в дальневосточных морях, целостное представление об особенностях размножения, пространственного распределения, размерной и возрастной структуре поселений мидии на литорали Тауйской губы отсутствует. Весьма ограничены сведения о характере роста в прибрежных экосистемах. Экспериментальные работы по культивированию тихоокеанской мидии не проводились. Всё это определило цель и задачи настоящей работы.

Цель и задачи исследования. Цель настоящей работы – выявить аспекты структурно-функциональной организации поселений тихоокеанской мидии, обитающей на литорали Тауйской губы, и на их основе разработать технологию культивирования в условиях севера Охотского моря.

В соответствии с поставленной целью необходимо решить следующие задачи:

– определить обилие, продолжительность развития и сроки пребывания в планктоне пелагических личинок тихоокеанской мидии в исследуемом районе;

– выявить особенности заселения молодью тихоокеанской мидии искусственных субстратов, установленных в толще воды, и естественных, находящихся на литорали;

– исследовать динамику размерно-возрастной структуры литоральных поселений мидии;

– исследовать пространственное распределение тихоокеанской мидии на литорали в различных районах;

– провести сравнительный анализ линейного роста мидий, обитающих на литорали и на искусственных субстратах в толще воды;

– оценить запасы литоральных поселений мидии и разработать рекомендации рационального их использования для культивирования в Тауйской губе.

Научная новизна. Впервые определены сроки личиночной стадии мидий в Тауйской губе в зависимости от её температурного режима. Выяснена динамика размерно-возрастной структуры поселений мидии на литорали. Выявлены особенности роста тихоокеанской мидии на различных участках литорали и в подвесной культуре. Впервые оценены запасы и разработаны рекомендации рационального их использования для культивирования тихоокеанской мидии в Тауйской губе.

Теоретическая и практическая значимость работы. Данные о пространственном распределении, росте, пополнении молодью и размерно-возрастной структуре поселений мидии на естественных субстратах использованы для оценки запасов и выбора акватории, наиболее благоприятной для культивирования моллюсков. Они могут использоваться для организации рационального промысла, планирования мероприятий по сохранению ресурсов и мониторинга прибрежных экосистем.

Внедрение разработанной и апробированной технологии культивирования мидий в Тауйской губе, основанной на использовании естественных литоральных поселений моллюсков, позволяет получить продукцию при непродолжительных сроках выращивания (Патент № 2456789, 127585).

Проведенные исследования являются основой для составления рекомендаций по устойчивой эксплуатации запаса тихоокеанской мидии. Кроме того, результаты исследований могут быть включены в курс лекций и практических занятий по специальностям экология, гидробиология в вузах.

Методология и методы исследования. Изучение тихоокеанской мидии было проведено методом сбора, наблюдений и экспериментов с использованием современных датчиков и оригинальных плавучих установок. Особое внимание уделено воздействию экологических условий на размножение, пространственное распределение, числен-

ность и рост популяции тихоокеанской мидии. В работе использованы стандартные методы полевых и камеральных исследований, позволяющие изучить влияние комплекса факторов природной среды на популяцию мидий и установить общую картину современного состояния и межгодовых изменений в поселениях.

Положения, выносимые на защиту:

– В Тауйской губе Охотского моря динамика численности, продолжительность личиночного развития в планктоне и оседания на субстрат зависят от гидрологических условий года и срока прогрева воды до оптимального уровня. Оседание личинок мидий более активно происходит на коллекторы, чем на естественный субстрат.

– Скорость роста, биомасса, плотность, размерно-возрастная структура популяции мидий зависят от глубины обитания и гидрологических особенностей конкретных акваторий.

– Запасы мидий в бухтах Тауйской губы и гидрологические условия данной акватории позволяют проводить культивирование моллюсков методом сбора и дальнейшего подращивания подвесным способом. Объемы производства могут быть определены с помощью разработанного автором метода расчёта.

Степень достоверности и апробация результатов. Основные положения диссертации были представлены на научных, всероссийских, межрегиональных конференциях и совещаниях, в том числе Всероссийской научной конференции Института биологических проблем Севера ДВО РАН «Чтения памяти академика А.П. Васьковского и К.В. Симакова» (Магадан, 2006, 2011); I научно-практической конференции «Проблемы формирования инновационной экономики региона» (Магадан, 2010); III и IV Межрегиональной конференции «Научная молодежь – Северо-Востоку России» (Магадан, 2010, 2012); II и III Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных ФГУП «ВНИРО» «Современные проблемы и перспективы рыбохозяйственного комплекса» (Москва, 2011, 2013).

Личный вклад автора заключается в непосредственном участии в сборе и обработке материала, в экспериментальных исследованиях, анализе результатов и их теоретическом обосновании; в разработке рекомендаций по культивированию тихоокеанской мидии; в написании научных статей и докладов конференций.

Объём и структура диссертации. Диссертация изложена на 166 страницах и состоит из введения, 6 глав, заключения, выводов и списка цитируемой литературы, включающего 292 источника, в том числе 84 на иностранном языке. Текст иллюстрирован 52 рисунками и 25 таблицами.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 работ, в том числе 4 – в рецензируемых журналах из списка ВАК РФ, 6 – в материалах конференций и зарегистрированы 2 патента РФ.

Благодарности. Автор выражает огромную благодарность научному руководителю В.В. Халаману за ценные консультации, рекомендации, конструктивные замечания и постоянную помощь в работе, а также глубокую признательность администрации ИБПС ДВО РАН и сотрудникам: С.П. Пустовойту, А.В. Шестакову, К.В. Регель.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов ДВО РАН № 11-III-B-06-001, 06-I-П11-036; конкурса молодёжных инновационных проектов молодых учёных и исследователей Магаданской области и Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе «УМНИК».

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Характеристика объекта исследования

Приведены краткие сведения о систематическом положении, ареале, морфологии раковины, размножении и онтогенезе мидии. Рассматриваются экологические и биологические особенности *M. trossulus* как доминирующего представителя литоральных сообществ. Анализируются различные классификации типов поселений моллюсков. Рассматривается география мидиевой марикультуры. Приведены преимущества и недостатки существующих методов культивирования. Особое внимание уделяется основным критериям оценки пригодности конкретной среды обитания для выращивания мидий.

Глава 2. Физико-географическая характеристика Тауйской губы

Рассматриваются климатические, геоморфологические и гидрохимические особенности Тауйской губы. Приводятся данные о ледовом и температурном режимах, характеристике динамики вод, амплитуды приливов, схеме вертикальной зональности литорали. Особое внимание уделяется физико-географическим характеристикам и гидрологическим особенностям районов исследования: бухты Нагаева, Весёлая и у м. Нюкля.

Глава 3. Материалы и методы исследований

3.1. Исследование динамики численности и размерного состава личинок мидий в меропланктоне в различных районах Тауйской губы

Сборы планктонных проб проводились с июня по октябрь (в 2009 г. в бух. Весёлая, Нагаева и в районе м. Нюкля; в 2011 г. в бух. Весёлая Тауйской губы) (рисунок 1).

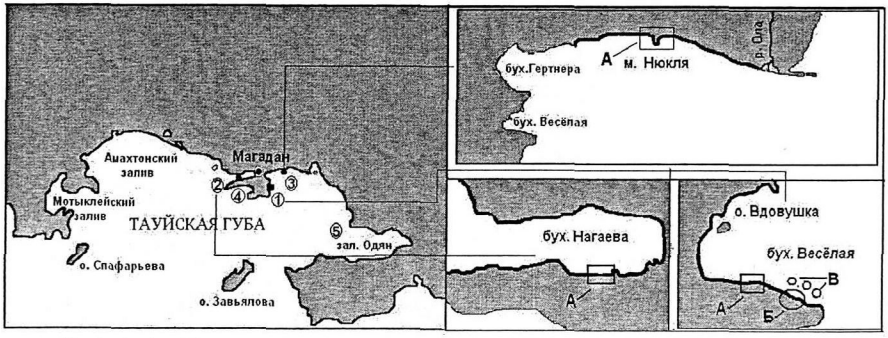

Рисунок 1 – Карта-схема районов исследования: 1 – бух. Весёлая; 2 – бух. Нагаева; 3 – м. Нюкля; 4 – бух. Светлая; 5 – зал. Одян; А – место сбора материала на литорали; Б – место установки садков на литорали; В – расположение плавучих конструкций

Пробы отбирались сетью Джеди (площадь входного отверстия 0,1 $м^2$, ячея фильтрующего конуса 0,168 $мм^2$) в слое 0–10 м на трех станциях в каждом районе с пятидневной дискретностью, в 2009 г. – 207 и в 2011 г. – 48 проб. Пробы обрабатывались сразу после отлова по методике В.А. Куликовой и Н.К. Колотухиной (1989). После идентификации личинок *M. trossulus* по признакам, описанным Л.С. Де-Бойд и Б.Я. Кевин (DeBoyd, Kevin, 1996), в камере Богорова подсчитывали их количество. Измерения проводили под микроскопом МСП-2 с точностью до 25 мкм. При этом различали три стадии развития: ранний велигер – 75–150 мкм, великонх – 150–250 мкм и педивелигер (великонх с ярко выраженной ногой) более 250 мкм. Впоследствии количество личинок пересчитывали на 1 $м^3$ средней численности личинок в планктоне за декаду.

3.2. Исследование пополнения молодью поселений мидий на коллекторах и на литорали бух. Весёлая

Интенсивность оседания молоди мидий на искусственные субстраты, размещенные в толще воды, исследовали в бух. Весёлая в 2011 г. Для этой цели две установки «длинная линия» с 12 сетными коллекторами экспонировали с 20 июня до 15 октября. Пробы молоди мидий отбирали через каждые 15 дней с 10 августа по 10 октября, вырезая по три участка дели (10×10 см) в верхнем (0,5–1 м) и нижнем (2–2,5 м) частях коллектора. Молодь счищали и в камере Богорова подсчитывали её количество. Плотность спата пересчитывали на 1 $м^2$ искусственного субстрата. Всего собрано и обработано 30 проб.

Параллельно на модельном участке в бух. Весёлая исследовали оседание молоди мидий на литорали. Сбор молоди мидий осуществляли рамкой площадью 0,036 $м^2$ с нижнего горизонта литорали – по 7 проб каждые 15 дней с августа по октябрь 2011 г. Всего отобрано 35 проб. Плотность мидий пересчитывалась на 1 $м^2$ грунта (рисунок 1 А). Для получения размерной структуры поселения молоди мидий в пробе измеряли длину раковины особей под микроскопом МСП-2. В случае когда в пробе было более 200 экз. молоди, для промеров отбирали только 200 экз. случайным образом.

3.3. Исследование размерной и возрастной структуры поселений мидий на литорали Тауйской губы

В бух. Весёлая, Нагаева и у м. Нюкля были выбраны участки литорали площадью 250 $м^2$ каждый, где в течение четырёх лет (2010–2013 гг.) вели наблюдения за состоянием поселений мидии (рисунок 1 А). В июле и в сентябре с помощью рамки площадью 0,036 $м^2$ производили отбор проб с верхнего и нижнего этажей среднего горизонта и с верхнего этажа нижнего горизонта литорали. Верхний этаж нижнего горизонта (от нуля глубин до 1,2–2 м) условно считали нижним участком, нижний этаж среднего горизонта (2–2,85 м) – средним, а верхний этаж среднего горизонта (2,8–3,9 м) – верхним. Границы этажей горизонтов на литорали определяли по принципу вертикальной зональности П.В. Ушакова (1951). Всего за весь период собрана 441 проба и обработано 76941 экз. мидий.

В каждой пробе определяли численность, массу, возраст мидий по годовым кольцам нарастания согласно методике И.А. Садыховой (1972) и длину раковины особей штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Биомассу и плотность поселения моллюсков пересчитывали на 1 м^2 литорали. Для характеристики размерной и возрастной структуры поселений мидий применили классификацию типов поселений Луканина, Наумова и Федякова (1986).

Для сравнения скорости роста мидий, обитающих на различных горизонтах и этажах литорали, с каждого участка отбирали по 100 моллюсков в возрасте 5–7 лет (всего 900 экз.). Индивидуальный рост мидий реконструировали путём измерения расстояний между макушкой раковины и кольцами зимней остановки роста («размеры колец»). На основании измерений для каждой мидии графическим способом оценивали величину углового коэффициента уравнения прямой линии, описывающей рост мидии и являющейся линеаризированной формой модели Берталанфи (Максимович, Погребов, 1986):

$L_t = L_\infty(1 - e^{-kt - t0})$, где L_t – длина раковины моллюска в возрасте t;

L_∞ – «физиологически возможная» предельная длина раковины, мм;

k – коэффициент, характеризующий скорость замедления процесса роста;

t_0 – возраст, при котором длина раковины равна нулю.

Угловой коэффициент b (тангенс угла наклона) модели Берталанфи, приведенной к виду прямой линии ($y = a + bx$), связан с коэффициентом k зависимостью:

$k = -\ln b$ (Максимович, Погребов, 1986).

3.4. Методы проведения экспериментальных работ

Изучение роста мидий при изменении условий обитания (эксперимент 1)

Работа проведена с 16 июня по 20 сентября 2011 г. в бух. Весёлая (рисунок 1 Б, В). Исходным материалом послужили мидии, собранные с подвесных коллекторов и на литорали. Литоральных мидий разделили на три группы: особи возрастом 2 года (длина раковины 10–20 мм); 3-летние особи (20–30 мм) и 3-4-летние мидии (30–40 мм). Мидии, собранные с коллекторов, также разделили на три группы: особи возрастом 1 год (длина раковины 10–20 мм); в возрасте 2 лет (20–30 мм) и в возрасте 2–3 лет (30–40 мм). По 40 экз. предварительно измеренных и маркированных мидий каждой из указанных выше групп поместили в две серии садков. Одна серия была выставлена на нижнем горизонте литорали, а другая подвешена в толще воды на глубине 1 м. По окончании экспозиции оценивали приросты мидий.

Зависимость роста мидий от плотности постановки коллекторов на установках радиального типа (эксперимент 2)

Для проведения эксперимента на акватории бух. Весёлая в июне 2009 г. выставили три конструкции радиального типа с диаметром 1, 2 и 3 м. На этих установках коллекторы крепились таким образом, чтобы один располагался в центре, а остальные по периферии круга. Расстояние между центральным и периферическими коллекторами составляло соответственно 0,5, 1 и 1,5 м. Все коллекторы не имели контакта с грунтом. Мидии, собранные с нижнего горизонта литорали в бух. Нагаева (720 экз.), были изме-

рены, пронумерованы и разделены на 4 размерные группы (10–20 мм, 20–30 мм, 30–40 мм и 40–50 мм). Мидии поместили в коллекторы, которые представляли собой рукав длиной 2,5 м, изготовленный из капронового сита № 7, перетянутый линем через каждые 30 см таким образом, чтобы получалась последовательность из 8 отсеков. Промеренные и помеченные особи по 30 экз. из каждой размерной группы помещали в первый и последний отсеки центральных коллекторов. Коллекторы были заглублены на 0,5 м от поверхности воды, поэтому отсеки с экспериментальными мидиями располагались соответственно на глубинах 1 и 3 м. В остальные отсеки центральных и периферических коллекторов помещали мидий таких же размерных групп, что и промеренные особи. Во всех отсеках коллекторов общая масса мидий была одинаковой. По окончании экспозиции коллекторов у всех промаркированных мидий повторно определялась длина раковины.

Влияние плотности посадки и возраста на рост мидий в садках (эксперименты 3 и 4)

Для проведения экспериментов 3 и 4 были собраны мидии на нижнем горизонте литорали в бух. Весёлая в июне 2011 г.

Эксперимент 3. Предварительно измеренные и индивидуально промаркированные мидии в возрасте 4 лет, с длиной раковины 30–40 мм, поместили по 40 экз. в 12 садков размерами (40×25×20 см) с площадью дна 0,1 м². Садки разделили на четыре группы. В первой – общая масса мидий составляла 1 кг, во второй – 2 кг, в третьей – 3 кг и в четвертой – 4 кг. Увеличение массы достигалось подсадкой дополнительных мидий, имеющих размеры промаркированных особей. Таким образом были организованы четыре группы садков с плотностью посадки (10, 20, 30 и 40 кг/м^2) по три садка в каждой группе. Всего было измерено и промаркировано 480 экз. мидий.

Эксперимент 4. Мидий, собранных на литорали, разделили на четыре группы: особи, имеющие длину раковины 12–23 мм и возраст 2 года; особи размерами 23–30 мм в возрасте 3 лет; мидии размерами 30–38 мм в возрасте 4 лет и 38–62 мм моллюски в возрасте 5–7 лет. Мидии каждой размерно-возрастной группы были рассажены в отдельные садки (по три садка на группу). В каждый садок поместили по 40 предварительно промеренных и промаркированных особей, как в эксперименте 3, но без подсадки дополнительных мидий. Всего было измерено и промаркировано 480 экз. мидий.

Все садки, участвующие в экспериментах 3 и 4, закрепили на расстоянии 1,5 м друг от друга к установкам «длинная линия» и подвесили в толще воды на глубине 1 м. В конце сентября садки, задействованные в экспериментах, были изъяты, все промаркированные мидии измерены, рассчитаны абсолютные и относительные приросты. В каждом садке оценили смертность мидий (%).

3.5. Оценка запаса мидий на литорали Тауйской губы

С помощью спутниковой карты Google измерены границы исследуемых бухт, заливов и районов побережья. Далее путем умножения средней биомассы мидий в 1 м^2 на площадь литорали оценивали запасы в каждом районе Тауйской губы (рисунок 1).

3.6. Мониторинг абиотических условий

Температура воды регистрировалась термохронами (DS1921G-F5) с точностью 0,1°С с частотой 4 часа с последующим определением среднесуточной температуры. Для построения розы ветров и расчёта ветро-волновой нагрузки в районах, выраженной в коэффициентах Эйди, использовали данные ближайших гидрометеорологических пунктов (г. Магадан и п. Ола).

3.7. Статистический анализ результатов исследований

Проверку достоверности влияния фактора (времени и участка литорали) на плотность поселения и биомассу мидий осуществляли с помощью дисперсионного анализа. Для оценки достоверности различий средних использовали LSD-тест Фишера. Влияние фактора места обитания мидий (участок литорали) на скорость их роста проверяли с помощью однофакторного дисперсионного анализа с последующим пост-хок сравнением средних LSD-тестом Фишера. В качестве показателя скорости роста служил коэффициент k модели Берталанфи.

В эксперименте 1 для оценки достоверности различий приростов использовали критерий Стьюдента в варианте LSD-теста Фишера с поправкой на множественность сравнений. В экспериментах 2, 3 и 4 использовали критерий Стьюдента для оценки достоверности различий средних приростов. Проверку достоверности влияния различных факторов осуществляли с помощью дисперсионного анализа. Доли смертности предварительно подвергали φ преобразованию Фишера (Лакин, 1990). В работе в качестве размаха варьирования значений указана ошибка среднего. Статистическую обработку данных выполняли с помощью стандартных компьютерных программ. Дисперсионный анализ проводили с помощью программы Statistica 6,0, а расчет коэффициентов уравнения Берталанфи с помощью программного пакета GraphPadPrism 5,0.

Глава 4. Динамика численности и размерного состава личинок *Mytilus trossulus* в планктоне, молоди мидий на коллекторах и на литорали Тауйской губы

4.1. Сезонная динамика численности и размерного состава личинок мидий в меропланктоне в различных районах Тауйской губы

В 2009 г. первые личинки мидий в планктоне были обнаружены 26 июня при температуре поверхностного слоя воды 13,0–14,0°С (в зависимости от района) в количестве 5–8 экз./м^3 с длиной раковины 75–100 мкм. Однако массовый нерест мидий проходил с 25 июля по 5 августа при прогреве воды выше 16°С. В бух. Весёлая и Нагаева максимальная численность личинок мидии соответствовала 1960 и 2120 экз./м^3, причем в планктоне присутствовали личинки различных размеров и стадий развития. В бух. Весёлая отмечались ранние велигеры (75–150 мкм) – 49% (960 экз./м^3), великонхи с длиной раковины 150–200 мкм – 24% (470 экз./м^3) и 200–250 мкм – 21% (412 экз./м^3) и педивелигеры, готовые к оседанию – 6% (118 экз./м^3).

В районе м. Нюкля температура воды в начале августа не превышала 15,6°С, численность личинок в планктоне была значительно ниже – 1350 экз./м^3. Из них доля ранних

велигеров составила 68%, а остальная масса личинок была представлена двумя размерными группами: 150–200 мкм – 310 экз./м^3 (23%) и 200–250 мкм – 122 экз./м^3 (9%).

Полученные данные свидетельствуют, что массовое появление личинок мидий приурочено к моменту наибольшего прогрева воды. Индивидуальная продолжительность личиночного развития у тихоокеанской мидии от появления ранних велигеров до образования педивелигеров, готовых к оседанию, составляет в Тауйской губе 35–40 суток, несмотря на то, что личинки в планктоне исследуемых районов регистрировались в течение трёх месяцев (рисунок 2).

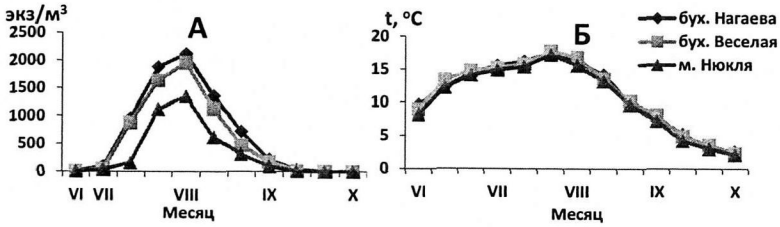

Рисунок 2 – Сезонные изменения численности личинок мидии (А) и температуры воды (Б) в 2009 г.

4.2. Динамика численности и размерного состава планктонных личинок, оседания молоди мидий на подвесные коллекторы и на литораль в бух. Весёлая

Сравниваются сроки появления и пребывания в планктоне в бух. Весёлая личинок тихоокеанской мидии, изменения их численности и размерного состава в холодном 2011 г. по сравнению с теплым 2009 г. Оценены численность, размерный состав молоди мидий на коллекторах и на литорали в период оседания и после его завершения. Результаты планктонных съемок, проведенных в 2009 и 2011 гг., продемонстрировали реакцию мидий на затяжную весну и поздний прогрев водной толщи в 2011 г. Сроки появления первых личинок мидий в планктоне в 2011 г. были сдвинуты на 10 дней позднее по сравнению с более теплым 2009 г. Динамика численности личинок в планктоне характеризовалась наличием одного максимума, регистрируемого в первой декаде августа в теплом 2009 г. и во второй половине месяца – в более холодном 2011 г. При поздней весне максимальная численность личинок в планктоне была ниже (1320 экз./м^3) (рисунок 3).

Оседание педивелигеров на субстраты началось при достижении размеров более 275 мкм. Первый спат на коллекторах и на литорали был зарегистрирован через 35 суток (10 августа) после появления личинок в планктоне. Максимальная плотность молоди на естественных и искусственных субстратах отмечалась через месяц после начала оседания личинок на субстрат. Плотность осевшей молоди на коллекторах (271679±18421 экз./м^2) в несколько раз превышала таковую на нижнем горизонте литорали (3628±231 экз./м^2). Длина раковины молоди варьировала от 0,35 до 8 мм. В начальный период (до 10 сентября) численность спата определялась в основном поступле-

нием личинок из планктона (первичное оседание), что способствовало увеличению плотности поселения мидий. В первой декаде октября элиминация молоди на коллекторах и на литорали привела к более чем двукратному снижению плотности спата. В это время личинки в планктоне не встречались. Процесс оседания личинок регистрировался в течение двух месяцев.

Проведённые исследования в бух. Весёлая позволяют утверждать, что подвесные коллекторы эффективнее заселяются молодью мидий, чем литораль. Мидии, осевшие на коллекторы, находятся в благоприятных условиях и лучше растут.

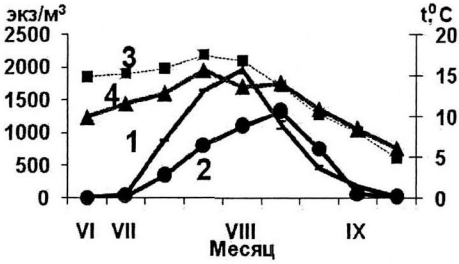

Рисунок 3 – Сезонные изменения численности личинок M. trossulus в бух. Весёлая: 1 – численность в 2009 г.; 2 – численность в 2011 г.; 3 – температура в 2009 г.; 4 – температура в 2011 г.

Глава 5. Пространственно-временные изменения структуры поселений и рост тихоокеанской мидии на литорали различных районов Тауйской губы

5.1. Размерный и возрастной состав поселений мидии

Рассматриваются сезонные и межгодовые изменения размерной и возрастной структуры поселений с 2010 по 2013 гг. на участках литорали в различных районах Тауйской губы. В бух. Весёлая поселение верхнего участка образовано моллюсками размерами 1,5–43,0 мм, возрастом 0+ – 7 лет. На среднем – возраст крупных особей в поселении достигал 9 лет при длине раковине 50 мм. Наиболее широкий диапазон размерного (1,5–51,9 мм) и возрастного составов мидий (от 0+ до 10 лет) отмечен на нижнем участке литорали. В бух. Нагаева максимальный размер (49,9 мм) обнаружен у мидий возрастом 8 лет на нижнем участке литорали. Максимальный возраст моллюсков, встреченных у м. Нюкля, составлял 6-7 лет (таблица 1).

Таблица 1 – Размерный и возрастной состав поселений мидии в Тауйской губе

Участок литорали	бух. Весёлая		бух. Нагаева		м. Нюкля	
	Длина, мм	Возраст, лет	Длина, мм	Возраст, лет	Длина, мм	Возраст, лет
Верхний	1,5–43,0	0+–7	1,7–44,5	0+–7	1,7–43,5	0+–6
Средний	1,7–50,0	0+–9	1,7–48,0	0+–7	1,7–44,5	0+–6
Нижний	1,7–51,9	0+–10	1,7–49,9	0+–8	1,7–50,0	0+–7

Размерно-возрастная структура поселений мидий в различных районах Тауйской губы претерпевала значительные как межгодовые, так и сезонные изменения. Массовое пополнение молодью в бух. Весёлая происходило в 2011, 2012 и 2013 гг., в то вре-

мя как в 2010 г. оно было незначительным. В бух. Нагаева отсутствие однолетних особей в поселении в июле 2010 г. указывает, что пополнение молодью в 2009 г. практически отсутствовало. Размерно-возрастная структура поселений мидии у м. Нюкля свидетельствует о ежегодном пополнении литорали молодью моллюсков.

5.2. Изменение типов поселений мидии на литорали

Каждая совокупность полученных картин размерной и возрастной структуры распределений мидий была отнесена к одному из четырех типов поселений, постулируемых классификацией, предложенной В.В. Луканиным с соавторами (1986): в I типе доминируют мидии возрастом от 0+ до 1 года, размерами до 10 мм; во II – в возрасте 1-2 лет, размерами 10–20 мм; в III – преобладают особи в возрасте от 2 до 5 лет, размерами 15–40 мм; в IV – присутствуют моллюски (более 5 лет), размерами более 30 мм и в возрасте 1-2 лет, размерами 10–20 мм.

Исследования структуры размерного и возрастного состава мидий в районах Тауйской губы выявили сходство по типу поселений на верхних участках, где происходила ежегодная периодическая смена структуры поселений с I на II тип, и различия на средних и нижних участках литорали (таблица 2). Чередование поселений I и II типов характерно для мест обитаний, подверженных негативным воздействиям внешней среды (Луканин и др., 1986).

Таблица 2 – Изменение типов поселений мидии на участках литорали в районах Тауйской губы в июле – сентябре 2010–2013 гг.

Район	Участок литорали	07.2010	07.2011	09.2011	07.2012	09.2012	07.2013	09.2013
бух. Весёлая	Верхний	II	II	I	II	I	II	I
	Средний	II	III	IV	IV	IV	IV	IV
	Нижний	III	III	IV	IV	IV	IV	IV
бух. Нагаева	Верхний	II	II	I	II	I	II	I
	Средний	III	II	I	II	I	II	I
	Нижний	III	IV	IV	II	I	II	I
м. Нюкля	Верхний	II	II	I	II	I	II	II
	Средний	II	II	II	II	IV	III	IV
	Нижний	IV	III	III	II	II	III	IV

На среднем участке *бух. Весёлая* в июле 2010 г. структура поселения соответствовала II типу, вероятно, пополнение молодью было незначительным, и, как следствие, структура поселения в июле 2011 г. перешла в III тип. Оседание молоди в летний период способствовало в сентябре этого года переходу в IV тип поселения. С 2012 по 2013 гг. наблюдался только IV тип. На нижнем участке литорали в июле 2010 и 2011 гг. структура поселения соответствовала III типу, но после появления молоди в поселении размерно-возрастная структура мидий перешла в IV тип.

В *бух. Нагаева* в июле 2010 г. на среднем участке структура поселения мидий соответствовала III типу. В результате элиминации мидий старших возрастов произошло освобождение субстрата, и в июле 2011 г. поселение перешло во II, а в сентябре в I тип. Чередование поселений с II на I тип происходило регулярно с 2011 г. На нижнем участке в июле 2010 г. структура поселения мидий соответствовала III типу, а в июле 2011 г. поселение перешло в IV тип. Тяжелый ледовый режим, сложившийся весной 2012 г. в бух. Нагаева, возможно, негативно отразился на поселении мидий нижнего участка литорали. В результате размерная и возрастная структура поселения с IV в июле 2012 г. перешла во II тип, а сентябре этого года в I, что свидетельствует о доминировании в поселении особей младших возрастных групп.

У *м. Нюкля* структура поселения на среднем участке с 2010 по июль 2012 гг. соответствовала II типу. В сентябре после появления сеголеток поселение приобретает структуру IV типа. На нижнем участке происходило чередование II, III и IV типов поселения, что объясняется пополнением молодью (таблица 2).

Исследования литорали Тауйской губы выявили сезонные и межгодовые изменения размерной и возрастной структуры поселений мидии.

5.3. Межгодовая изменчивость плотности и биомассы мидий на литорали

Исследования литорали в различных районах Тауйской губы с 2010 по 2013 гг. выявили межгодовую флуктуацию плотности поселения и биомассы мидий. Так, в *бух. Весёлая* в 2010 г. средняя плотность поселения этих моллюсков на литорали составила 5799±323 экз./м^2, а в 2011 г. она снизилась до 3994±430 экз./м^2 (p = 0,001). В 2012 г. произошло заметное возрастание плотности мидий (6393±596 экз./м^2), что выше (p = 0,001) показателей 2011 г. В 2013 г. плотность мидий в поселении была максимальной 7800±573 экз./м^2 (рисунок 4). Время достоверно влияло на плотность (p < 0,001) и биомассу (p < 0,001) мидий. Однако, несмотря на общую тенденцию увеличения плотности поселения мидий в исследуемый период, значительное возрастание биомассы отмечалось в 2013 г. и достоверно отличалось (p < 0,001) от 2011 и 2012 гг. (рисунок 4).

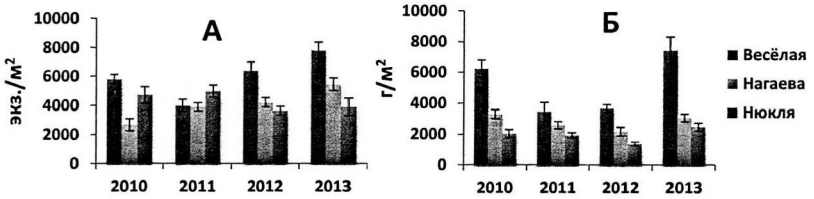

Рисунок 4 – Плотность (А) и биомасса (Б) мидий на литорали разных районов

В *бух. Нагаева* время достоверно (p < 0,001) влияет на плотность моллюсков в поселении. Однако аналогичный анализ показал, что время не оказывает достоверного воздействия на биомассу мидий (p = 0,200). Полученные данные свидетельствуют о воз-

растании плотности поселения мидий на литорали бух. Нагаева в течение всего периода исследования, тем не менее их биомасса изменялась мало, за исключением некоторого снижения в 2012 г.

На *м. Нюкля* анализ данных не выявил межгодовую изменчивость плотности (p = 0,240) и биомассы (p = 0,090) поселений мидий. Однако снижение плотности и биомассы в 2012 г., вероятно, было вызвано уменьшением количества особей старших возрастных групп в поселениях. Флуктуации плотности и биомассы моллюсков в наблюдаемых районах обусловлены периодическим пополнением, элиминацией и их ростом, что в целом имеет вид межгодовой динамики, свойственной всем поселениям мидий.

5.4. Изменчивость пространственного распределения мидий на литорали

Исследования вертикального распределения поселений тихоокеанской мидии в районах Тауйской губы обнаружили, что этот вид населяет верхний, средний и нижний участки литорали. На нижнем этаже нижнего горизонта и в сублиторали мидии встречались единично. Массовые поселения мидий приурочены к верхним участкам литорали, однако биомасса здесь невелика. Высокие значения биомассы мидий характерны для среднего и нижнего участков литорали (рисунок 5). Крупные мидии населяют нижний участок литорали, для которого характерен короткий период осушения, что обеспечивает моллюскам благоприятные условия питания.

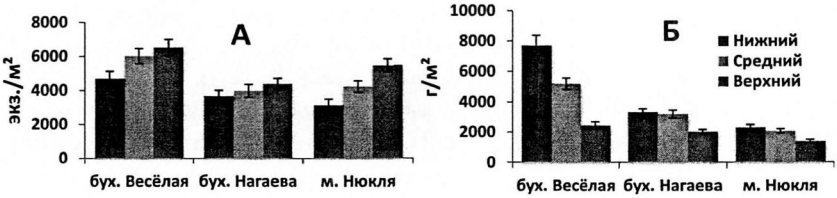

Рисунок 5 – Плотность (А) и биомасса (Б) поселений мидии на различных участках литорали в Тауйской губе

Распределение и численность мидий на различных биотопах зависят от множества факторов, из которых определяющую роль играет совокупность таких, как горизонт литорали, температура, соленость, характер грунта, волновое воздействие, наличие субстрата и соответствующей пищи (Сухотин и др., 1992).

Наиболее массовые поселения мидий встречаются в бух. Весёлая, что объясняется закрытостью района (коэффициент Эйди составил 705), повышенной температурой воды (1,5–2°С) и наличием подходящих грунтов (валуны, глыбы). Все эти факторы, возможно, оказывают положительное влияние на рост, плотность и биомассу моллюсков.

Бух. Нагаева является менее защищенной акваторией (коэффициент Эйди составил 799). Наличие «местных ветров» создает дополнительно повышенную волновую активность. Сбросы бытовых и сточных вод от прибрежных источников и активное судоходство способствуют загрязнению акватории, а частые местные туманы над бухтой

понижают прогрев воды. По нашему мнению, возможно, именно эти факторы негативно отражаются на общей биомассе мидий в этом районе.

Район м. Нюкля за счёт открытости (коэффициент Эйди составил 905) подвержен высокой степени прибойности, а речной сток р. Ола способствует понижению температуры воды на 1,5–2°С и негативно отражается на плотности и биомассе поселений мидий.

В Тауйской губе наблюдается тенденция снижения биомассы мидий в ряду: бух. Весёлая – бух. Нагаева – м. Нюкля. Наиболее высокая плотность поселения мидий отмечалась в бух. Весёлая. В бух. Нагаева на нижнем и среднем участках литорали плотность поселения была на уровне м. Нюкля. Однако на верхнем участке м. Нюкля эти показатели были достоверно выше (p = 0,030). По нашему мнению, вертикальное распределение мидий определяется действием комплекса факторов в конкретном районе.

5.5. Гетерогенность линейного роста мидий на литорали

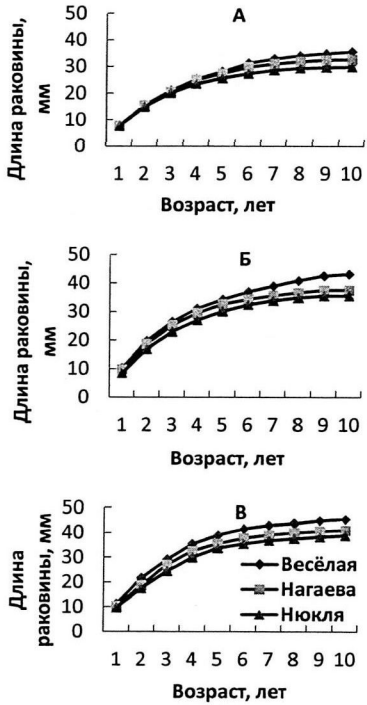

Рисунок 6 – Эмпирические данные линейного роста мидий на верхнем (А), среднем (Б) и нижнем (В) участках литорали

Показатели роста мидий имеют существенные отличия на различных участках литорали в исследуемых районах. В бух. Весёлая характеристики линейного роста мидий на верхнем, среднем и нижнем участках достоверно превышали таковые в других районах. Рост мидий на верхнем участке литорали бух. Нагаева выше, чем у особей, обитающих на м. Нюкля (p < 0,001). Однако на среднем (p = 0,920) и нижнем участках (p = 0,151) литорали в этих районах скорость роста мидий достоверно не отличалась.

В исследуемых районах рост мидий был аппроксимирован уравнением Берталанфи (рисунок 6; таблица 3). Коэффициент k, характеризующий возрастное снижение, скорости роста длины раковины мидии, рассчитанный для средних участков, изменялся от 0,27±0,001 в бух. Весёлая до 0,35±0,005 у м. Нюкля. По соотношению коэффициентов L_∞ и k (от верхних к нижним участкам литорали) происходит постепенное увеличение L_∞ и уменьшение k. Более высокие предельные размеры мидий характерны для нижнего участка литорали. Такая закономерность отмечена многими авторами для мидий в естественных поселениях (Савилов, 1953; Seed, 1973; Кулаковский, 2000).

Рост мидий – важнейший интегральный показатель, по характеру которого можно судить о степени благоприятности окружающей среды для данного вида в конкретном местообитании (Мина, Клевезаль, 1976).

Таблица 3 – Линейный рост мидий на разных участках литорали, аппроксимированный уравнением Берталанфи

Участки литорали	бух. Весёлая			бух. Нагаева			м. Нюкля		
	$L_\infty \pm SE$	$k \pm SE$	$t_0 \pm SE$	$L_\infty \pm SE$	$k \pm SE$	$t_0 \pm SE$	$L_\infty \pm SE$	$k \pm SE$	$t_0 \pm SE$
Верхний	38,01± 1,16	0,29± 0,001	0,07± 0,002	35,96± 2,26	0,36± 0,003	0,11± 0,002	30,80± 0,92	0,39± 0,002	0,18± 0,02
Средний	46,20± 1,40	0,27± 0,001	0,03± 0,002	39,21± 0,76	0,35± 0,004	0,10± 0,003	37,12± 0,78	0,35± 0,005	0,09± 0,02
Нижний	52,50± 2,09	0,26± 0,006	0,04± 0,001	42,70± 2,11	0,35± 0,005	0,14± 0,003	40,05± 0,67	0,35± 0,009	0,05± 0,02

Примечание: *SE* – ошибка среднего.

Приведённые средние значения длины раковины тихоокеанской мидии в зависимости от возраста из различных районов обитания показывают, что рост моллюсков в Тауйской губе несколько превышает таковой в бух. Набиль. На литорали Курильских островов (о. Атласова) и в бух. Русская (Охотское море) мидии растут интенсивнее, чем на акватории бухт Тауйской губы (таблица 4).

Таблица 4 – Средняя длина раковины (мм) мидий в зависимости от возраста из различных районов обитания

Район	Биотоп	Возраст, лет					
		1	2	3	4	5	Данные
бух. Весёлая	Л	11,5±2,5	20,8±3,6	28,1±3,1	33,6±2,6	38,0±2,4	1
бух. Нагаева	Л	11,3±3,2	20,8±3,4	27,4±3,3	32,0±3,5	35,2±5,0	2
бух. Нагаева	Л	2,8	5,4	11,9	22,2	31,0	3
м. Нюкля	Л	11,3±2,5	19,8±2,9	25,7±3,1	30,0±3,1	33,±5,5	4
о-в Атласова	Сбл	7,0±0,9	20,1±2,5	36,2±4,3	47,1±4,4	54,0±4,5	5
бух. Набиль	Л	2,8±0,9	5,4±1,8	11,9±3,8	22,2±6,2	31,0±7,6	6
бух. Русская	Л	3,9±1,2	21,4±1,2	31,6±2,9	39,2±1,8	43,7±2,4	7

Примечание: Сбл – сублитораль, Л – литораль. По данным: 1, 2, 4 – автора; 5 – Селин и др., 2006 (Курильские о-ва); 3, 6 – Савилов, 1954 (Охотское море); 7 – Буяновский, 1990 (западная Камчатка). В источниках 1, 2 и 4–7 приведено стандартное отклонение.

Сравнительные исследования, проведенные в различных бухтах, показали, что максимальные значения плотности, биомассы, скорости роста поселений мидии наблюдались в бух. Весёлая. Вероятно, это вызвано повышенной температурой воды и слабой ветро-волновой активностью в этом районе.

Глава 6. Биологические основы культивирования тихоокеанской мидии в Тауйской губе

Результаты исследований биологии тихоокеанской мидии, обитающей на литорали Тауйской губы, послужили основанием для постановки экспериментальных работ, направленных на определение эффективности культивирования этого объекта в суровых условиях Охотского моря. При применении испанского метода культивирования или его беломорской модификации выращивание мидий более 35 мм займет не менее 3-4 сезонов роста (Жарников, 2010 в). С целью сокращения сроков (до 1-2 сезонов роста) получения мидий промыслового размера была предложена иная технология культивирования моллюсков, основанная на сборе мидий на литорали с последующей пересадкой в подвесные садки или коллекторы для выращивания.

6.1. Рост мидий при изменении условий обитания

Экспериментальным путем выявлены изменения приростов длины раковины мидий при перемещении из одних условий обитания в другие. Наиболее интенсивный рост наблюдался у мидий, собранных в подвесной культуре и помещенных в такие же условия (К-К). Среди них наиболее высокие приросты отмечены у мелких особей (10–20 мм) – 15,5±0,46 мм, которые в два раза превышали эти показатели у мидий размерами 30–40 мм – 7,0±0,61 мм (рисунок 7). У моллюсков, взятых с литорали и подвешенных в толще воды (Л-К), отчётливо прослеживается явление компенсаторного роста, ранее описанное А.А. Сухотиным (1992). Особи размерами 10–20 и 20–30 мм за летний период удваивают начальные показатели (13,2±0,95 и 10,0±0,36 мм соответственно), однако отстают от темпа роста моллюсков в подвесной культуре (К-К). Мелкие мидии при переносе с литорали в подвесную культуру наиболее резко реагируют на изменения условий обитания (рисунок 7).

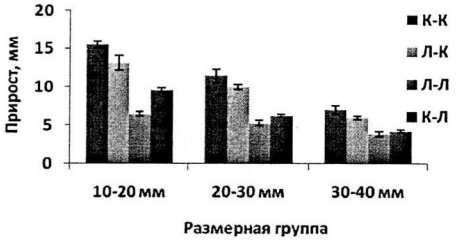

Рисунок 7 – Прирост длины раковины мидий различных размерных групп за сезон роста: К-К – мидии из подвесной культуры (коллекторы), пересаженные в подвесную культуру (садки); Л-К – литоральные моллюски, пересаженные в подвесную культуру (садки); Л-Л – мидии с литорали, пересаженные в садки на литораль; К-Л – мидии из коллекторов, пересаженные в садки на литораль

В группе моллюсков, собранных на литорали и оставленных там же (Л-Л), наблюдался наиболее низкий прирост. В условиях литорали прирост в среднем в 2 раза ниже, чем у культивируемых особей (К-К). Мидии, пересаженные с подвесных коллекторов на литораль (К-Л), сохраняют в среднем более высокие приросты по сравнению с литоральными моллюсками (Л-Л) таких же размеров. Данные о ежемесячных приростах мидий в подвесной куль-

туре (К-К) и моллюсков, пересаженных с литорали в подвешенные садки (Л-К), свидетельствуют о том, что условия существования моллюсков в толще воды являются более благоприятными, чем на литорали. Результаты эксперимента подтверждают перспективность культивирования мидий в толще воды.

6.2. Рост мидий в зависимости от плотности постановки коллекторов

В результате проведенного эксперимента выявлено, что темп линейного роста культивируемых мидий зависит от расстояния между коллекторами, температуры на глубине погружения и размера подращиваемых мидий. Воздействие анализируемых нами факторов наилучшим образом проявляется на небольших моллюсках (10–20, 20–30 мм) и обусловливается интенсивностью их роста (рисунок 8). Отсутствие достоверного влияния глубины и плотности посадки коллекторов на более крупные мидии (30–40, 40–50 мм), возможно, объясняется меньшей чувствительностью их к этим факторам.

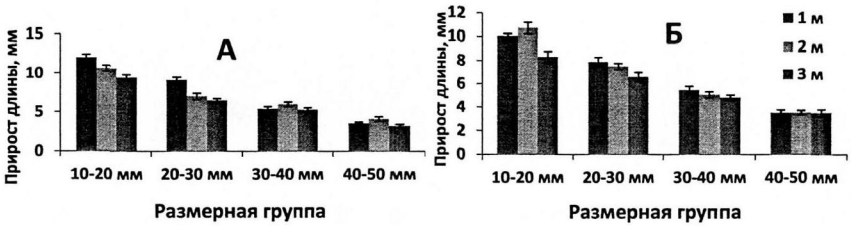

Рисунок 8 – Приросты длины раковины на радиальных установках: А – на глубине 1 м, Б – на глубине 3 м

6.3. Влияние плотности посадки на рост мидий в садках

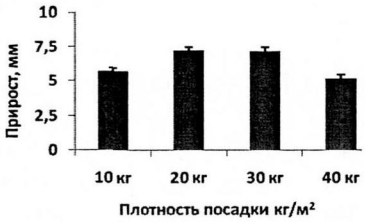

Рисунок 9 – Абсолютные приросты длины раковины мидий (мм) с различной плотностью в садках

В ходе эксперимента наиболее высокий темп роста мидий отмечен в садках с биомассой 20 и 30 кг/м², что, по-видимому, свидетельствует об оптимальной плотности посадки моллюсков (рисунок 9). Вероятно, преимущество агрегированного образа жизни мидий превалирует над негативными сторонами внутривидовой конкуренции. Более низкая биомасса (10 кг/м^2) не могла обеспечить таких преимуществ, тогда как при высокой плотности посадки (40 кг/м^2) проявляется повышенная внутривидовая конкуренция. К концу эксперимента наибольшая смертность мидий была отмечена в садках с минимальной и максимальной плотностью посадки. Так, в садках с плотностью посадки 10 кг/м^2 смертность составила 14,2%, 20 кг/м^2 – 10%, 30 кг/м^2 – 12,5%, 40 кг/м^2 – 17,5%.

Таким образом, данная зависимость полностью согласуется с результатами приростов мидий, которые свидетельствуют, что плотность посадки мидий 20–30 кг/м^2 является оптимальной.

6.4. Влияние возраста на рост мидий в садках

Проведенный эксперимент свидетельствует, что наиболее высокие приросты отмечены у мидий в возрасте 2 и 3 лет. Средний абсолютный прирост длины раковины составил соответственно 11,06±0,18 мм и 10,12±0,22 мм. С увеличением возраста моллюсков приросты снижались. Так, у 4-летних мидий он составил 6,04±0,15 мм, а у моллюсков возрастом 5–7 лет – 3,36±0,12 мм. Двухлетние мидии имели высокие относительные приросты. За сезон длина их раковины увеличилась на 67,27±1,61%, а отдельные особи выросли в 2 раза. В то же время мидии 5–7-летнего возраста увеличились в среднем на 7,59±0,30% (рисунок 10).

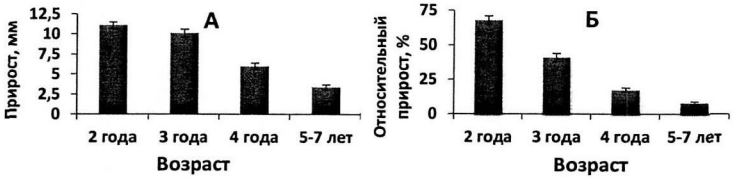

Рисунок 10 – Абсолютные (А, мм) и относительные (Б, %) значения приростов длины раковины возрастных групп мидий

Возраст мидий достоверно влияет на смертность ($F = 6{,}66$; $p = 0{,}01$). В садках с мидиями в возрасте 2 лет погибло 10,8% особей. Смертность 3- и 4-летних мидий была равна 11,6%. Наибольшая смертность наблюдалась у старых особей (5–7 лет) – 16,6% (рисунок 10). Полученные данные свидетельствуют, что 2-3-летние мидии являются более перспективными для подращивания их в садках.

6.5. Рекомендации для организации марикультуры мидии в бух. Весёлая

При культивировании мидий в подвесных садках в бух. Весёлая имеется возможность комбинировать два метода: подращивать собранных с литорали мидий и выращивать моллюсков из спата, осевшего на коллекторы. При достижении литоральными мидиями определенного размера их можно изымать из садков, оставляя осевшую молодь мидий. Однако для выращивания мидий из спата до моллюсков промыслового размера (более 35 мм) (Приказ Государственного комитета РФ по рыболовству от 01.04.2008, № 277) потребуется как минимум три-четыре сезона роста (таблица 5). При культивировании более одного сезона все установки «длинная линия» в конце октября подтапливаются на зиму с помощью дополнительных грузов, таким образом, чтобы садки могли находиться в зимнее время на глубине 3-4 м и не имели контакта с грун-

том. В конце мая – начале июня (в зависимости от ледовой обстановки) установку с мидиями необходимо поднять на поверхность моря для дальнейшего экспонирования.

Таблица 5 – Прогноз роста мидий (мм) в подвесных садках в первый, второй и третий сезоны роста в бух. Весёлая

Время экспонирования / Размерная группа, мм	Размер мидий в 1 сезон роста (4-5 месяцев)	Размер мидий во 2 сезон роста (16-17 месяцев)	Размер мидий в 3 сезон роста (28-29 месяцев)
Спат мидий	1–8	18–25	26–38
10–20	20–35	30–45	36–51
20–30	30–40	36–46	41–51
30–40	36–46	41–51	45–55

Рекомендуем применять конструкцию «длинная линия» с подвесными вертикально соединенными 4-5 садками, закрепленными через каждые 1,5 м на носителе (канате) с плотностью посадки мидий 20–30 кг/м².

Для получения моллюсков промыслового размера за один-два сезона роста рекомендуем пересадить в подвесные садки литоральных мидий с длиной раковины более 10 мм.

В бух. Весёлая, Нагаева, Светлая, у м. Нюкля и зал. Одян ресурсы тихоокеанской мидии на литорали составляют 21796 т. При ежегодном изъятии до 10% запаса можно производить сбор моллюсков в объёме до 2179 т для дальнейшего культивирования литоральных мидий, не подрывая их ресурсы.

Бухта Весёлая из всех исследованных районов соответствует требованиям для организации марикультуры мидии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённые исследования выявили особенности размножения, пространственного распределения, структуры поселений мидии и позволили оценить их требования к своеобразным условиям обитания. Полученные результаты показали возможность культивирования тихоокеанской мидии по разработанной технологии выращивания. Представленные в диссертации данные могут служить основой для рационального использования биологических ресурсов для развития марикультуры мидий в Тауйской губе Охотского моря. Все поставленные задачи по теме диссертации решены, и приводятся **выводы.**

1. Результаты планктонных съемок, проведенных в 2009 и 2011 гг., продемонстрировали реакцию мидий на затяжную весну и поздний прогрев водной толщи в 2011 г. Сроки появления первых личинок мидий в планктоне в бух. Весёлая в 2011 г. были сдвинуты на 10 дней позднее, чем в тёплом 2009 г. Динамика численности личинок в планктоне характеризовалась наличием одного максимума, регистрируемого в первой декаде августа в тёплый 2009 г. и во второй половине месяца – в более холодный

2011 г. Продолжительность личиночного развития в планктоне составила 35–40 суток. Личинки в планктоне присутствовали в течение трёх месяцев.

2. Плотность осевшей молоди на коллекторах была значительно выше (271679±1842 тыс. экз./м^2), чем на литорали (3628±231 экз./м^2). Максимальная плотность мидий отмечается спустя один месяц после начала оседания на субстрат. Процесс оседания личинок происходит в течение двух месяцев.

3. В Тауйской губе размерно-возрастная структура поселений мидий имеет сходство на верхних и различия на средних и нижних участках литорали. Смену структуры поселения мидий определяют как абиотические факторы, так и демографические процессы, обусловленные биологическими особенностями мидий.

4. Максимальная плотность мидий отмечена на верхних участках, а высокая их биомасса характерна для среднего и нижнего участков литорали. В более прогреваемой акватории бух. Весёлая скорость роста и максимальные размеры мидий выше, чем в других исследованных районах Тауйской губы.

5. Темп роста культивируемых мидий зависит от расстояния между коллекторами, плотности посадки мидий в садках и возраста моллюсков. Прирост длины раковины мидий в подвесных садках в два раза превышает таковой на литорали. Для получения мидий промыслового размера наиболее эффективнее культивировать моллюсков размерами более 10 мм в возрасте 2-3 лет с плотностью посадки в подвесных садках 20–30 кг/м^2.

6. Выявленные аспекты структурно-функциональной организации поселений тихоокеанской мидии, обитающей на литорали Тауйской губы, позволили определить запасы, рассчитать необходимый объём изъятия и разработать технологию культивирования.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в научных журналах, рекомендованных ВАК:

1. Жарников, В.С. Рост мидии *Mytilus trossulus* (Bivalvia: Mytilidae) в садках и на плавучих «коллекторах» в Тауйской губе Охотского моря / В.С. Жарников // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2010. – № 2. – С. 70–74.

2. Жарников, В.С. Динамика численности и размерного состава личинок мидий *Mytilus trossulus* (Bivalvia: Mytilidae) в Тауйской губе Охотского моря / В.С. Жарников // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2011. – № 4. – С. 101–104.

3. Жарников, В.С. Особенности сезонного роста мидии *Mytilus trossulus* (Bivalvia: Mytilidae) при её культивировании в бухте Весёлая Тауйской губы / В.С. Жарников, В.В. Халаман // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2012. – № 3. – С. 63–68.

4. Жарников, В.С. Динамика численности личинок мидии *Mytilus trossulus* (Bivalvia: Mytilidae) в меропланктоне и их оседание на коллекторы и на литораль в бух. Весёлая Тауйской губы Охотского моря / В.С. Жарников // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2014. – № 1. – С. 55–62.

Публикации в других изданиях:

5. Жарников, В.С. Размерно-возрастная и количественная характеристика мидии тихоокеанской *Mytilus trossulus* Gold, 1850 на литорали бух. Нагаева Тауйской губы / В.С. Жарников // Геология, география и биологическое разнообразие Северо-Востока России : материалы Дальневост. регион. конф., посвящ. памяти А.П. Васьковского и в честь его 95-летия. – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2006. – С. 343–347.

6. Жарников, В.С. Научное обоснование культивирования мидии тихоокеанской *Mytilus trossulus* в Тауйской губе Охотского моря / В.С. Жарников // Проблемы формирования инновационной экономики региона : материалы I науч.-практ. конф. – Магадан : Изд-во «Новая полиграфия», 2010. – С. 193–195.

7. Жарников, В.С. Рост мидии (*Mytilus trossulus* Gold, 1850) на плавучих экспериментальных установках радиального типа в бух. Весёлая Тауйской губы / В.С. Жарников // Геология, география и биологическое разнообразие Северо-Востока России : материалы Дальневост. регион. конф., посвящ. памяти А.П. Васьковского и в честь его 100-летия. – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2011. – С.127–128.

8. Жарников, В.С. Линейный рост мидии тихоокеанской в различных условиях обитания / В.С. Жарников // Современные проблемы и перспективы рыбохозяйственного комплекса : материалы II науч.-практ. конф. молодых учёных ФГУП «ВНИРО». – М. : Изд-во ВНИРО, 2011. – С. 18–21.

9. Пат. № 2456798 Р.Ф. МПК А01К 61/00. Способ задержки нереста у культивируемой тихоокеанской мидии / В.С. Жарников. Заявитель и патентообладатель Институт биологических проблем Севера ДВО РАН. № 2010135505/10; заявл. 24.08.2010; опубл. 27.07.2012. Бюл. № 21. – 3 с.

10. Жарников, В.С. Особенности нереста тихоокеанской мидии (*Mytilus trossulus* Gould, 1850) в бух. Весёлая Тауйской губы / В.С. Жарников // Научная молодёжь – Северо-Востоку России : материалы IV Межрегион. конф. молодых учёных, приуроченной к 35-летнему юбилею Музея естественной истории СВКНИИ ДВО РАН (Магадан, 24-25 мая 2012 г.). – Магадан : ООО «Новая полиграфия». 2012. – С. 122–126.

11. Жарников, В.С. Динамика поселений мидии тихоокеанской на литорали в бухтах Весёлая и Нагаева Тауйской губы Охотского моря / В.С. Жарников // Современные проблемы и перспективы рыбохозяйственного комплекса : материалы III науч.-практ. конф. молодых учёных ФГУП «ВНИРО». – М. : Изд-во ВНИРО, 2013. – С. 71–75.

12. Пат. № 127585 Р.Ф. МПК А01К 61/00. Установка по выращиванию литоральной тихоокеанской мидии / В.С. Жарников. Заявитель и патентообладатель Жарников В.С. № 2012100157/13; заявл. 10.01.2012; опубл. 10.05.2013. Бюл. № 13. – 3 с.

Жарников Вячеслав Сергеевич

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ И КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ТИХООКЕАНСКОЙ МИДИИ *MYTILUS TROSSULUS* (BIVALVIA: MYTILIDAE) В ТАУЙСКОЙ ГУБЕ ОХОТСКОГО МОРЯ

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

В авторской редакции
Набор текста В.С. Жарников
Верстка, оригинал-макет Е.Е. Бабух

Подписано в печать 20.03.2015 г.
Формат 60*84/16. Печать цифровая. Гарнитура Times New Roman
Авт. л. 1,48. Уч.-изд. л. 1,7. Усл. печ. л. 1,39
Тираж 100 экз. Заказ № 72

Издательство
Камчатского государственного технического университета

Отпечатано участком оперативной полиграфии издательства КамчатГТУ
683003, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35