

На правах рукописи



Гаврилова Галина Сергеевна

**ПРИЕМНАЯ ЕМКОСТЬ АКВАКУЛЬТУРНОЙ ЗОНЫ
ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

03.02.14 – биологические ресурсы (биологические науки)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Владивосток - 2012

Работа выполнена в лаборатории комплексных исследований ресурсов рыб Японского моря (сектор экосистемных исследований биоресурсов прибрежных вод) Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра (ФГУП «ТИНРО-Центр»)

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Шунтов Вячеслав Петрович,
ФГУП «ТИНРО-Центр,
главный научный сотрудник

доктор биологических наук, профессор
Христофорова Надежда Константиновна,
Дальневосточный федеральный университет,
зав. кафедрой ЮНЕСКО по морской экологии

доктор биологических наук,
старший научный сотрудник
Силкин Владимир Арсентьевич,
Южное отделение Института
океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
главный научный сотрудник

Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский
институт рыбного хозяйства и океанографии
(ВНИРО)

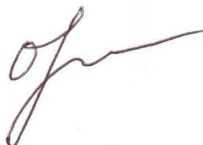
Защита состоится 25 октября 2012 г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 307.012.01 при Тихоокеанском научно-исследовательском рыбохозяйственном центре (ФГУП «ТИНРО-Центр») по адресу: 690091, Владивосток, пер. Шевченко, 4. E-mail: dissovet@tinro.ru, факс: (423) 2300751.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра (ФГУП «ТИНРО-Центр»)

Автореферат разослан « » _____ 2012 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,

доктор биологических наук



Лукьянова Ольга Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Большинство современных аквакультурных зон расположено в прибрежных районах, ресурсы которых регламентированы и ограничены, так как в береговой полосе шириной менее 100 км проживает 60 % населения Земли и производится около 61 % мировой валовой продукции (МА, 2005; Goberville et al., 2010). Экономическая значимость прибрежных районов определяется многообразием производимых здесь товаров и услуг, а их устойчивое функционирование – рациональным управлением, зависящим от современного уровня знаний и своевременного анализа взаимосвязи экологических и социально-экономических проблем.

Определение емкости аквакультурных районов формировалось в рамках концепции Комплексного управления прибрежной зоной (ICZM) – одного из наиболее известных и широко применяемых в мире подходов к управлению (Smaal et al., 1998; Olsen, 2003; McKindsey et al., 2006; Newell, 2007; Ferreira et al., 2008; Cranford et al., 2009; Forst, 2009). В настоящее время ее оценка входит в региональные программы развития побережья. Концепция ICZM учитывает экономические и экологические аспекты для обеспечения длительного использования, развития и защиты прибрежных районов; ее ключевые положения – это повышение уровня знаний о функционировании прибрежных экосистем и разработка механизмов взаимодействия исследователей и управленцев. Необходимость такого взаимодействия по целому ряду проблем обуславливается многообразием процессов, происходящих в прибрежных экосистемах, и сложностью управления ими.

Для Приморья и всего Дальнего Востока России программные документы с анализом современного состояния, целей и задач марикультуры разрабатывались в разные периоды развития страны (Концепция развития рыбного хозяйства ..., 1996, 2002; Развитие прибрежного рыболовства и марикультуры ..., 2000). На начальном этапе приоритетной задачей аквакультуры считалось восстановление подорванных промыслом биоресурсов, в прошедшем десятилетии – формирование устойчивого источника высококачественного сырья, по объему альтернативного количеству добываемых естественных ресурсов (Концепция развития рыбного хозяйства ..., 2002). В программах последнего десятилетия, помимо прочего, рассматривается и экономическая эффективность культивирования гидробионтов. Однако ее оценка, а также оценка объемов потенциальной продукции возможны только с учетом данных о приемной емкости акваторий, что, в свою очередь, признается одной из главных научных проблем аквакультуры (Карпевич, 1985; Newell, 2007; Cranford et al., 2009).

На Дальнем Востоке России основные научно-исследовательские работы по марикультуре до настоящего времени велись в области создания биотехник разведения гидробионтов для зал. Петра Великого. Инструкции и руководства, созданные и адаптированные к современным условиям, стали нормативной базой, на основе которой работают в настоящее время предприятия марикультуры края (Справочник ..., 2002; Временная

инструкция..., 2003; Инструкция..., 2011а–в). Экологические исследования в аквакультуре ограничены данными о сезонном и пространственном распределении органического вещества в бухтах зал. Посъета, где расположены плантации моллюсков (Кучерявенко, 2002), и качественными оценками экологической обстановки в районах хозяйств марикультуры (Масленников и др., 1994; Габаев и др., 1998; Морозова и др., 2002; Морозова, Орлова, 2005).

С увеличением объемов производства морская аквакультура становится существенным компонентом прибрежных экосистем. В настоящее время в Приморье насчитывается более 30 разномасштабных хозяйств. С 2008 г. они производят 2–3 тыс. т товарной продукции ежегодно, что сопоставимо с общим допустимым уловом всех беспозвоночных (3,1 тыс. т) в зал. Петра Великого в последние годы (Состояние промысловых ресурсов ..., 2009). В общем объеме товарной продукции марикультуры основная доля приходится на приморского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis*) (49–70 %) и сахарину японскую (*Saccharina japonica*) (19–42 %). Наибольшее число хозяйств расположено в заливах Посъета (9) и Уссурийском (7). В Приморском крае работают три предприятия, производящие молодь дальневосточного трепанга (*Apostichopus japonicus*). Расселение и выращивание на донных плантациях мальков, полученных в заводских условиях, позволило с 2008 г. получать товарную продукцию трепанга, ежегодные объемы которой за это время возросли с 1,6 до 23,0 т.

Необходимость развития промышленной аквакультуры у побережья Приморья обсуждается с конца 1980-х гг., но до настоящего времени выполнялись лишь экспертные оценки потенциальной продукции. Возможность создания управляемой аквакультурной зоны и емкость залива с учетом разных ее категорий не оценивались. Обоснование и расчет приемной емкости зал. Петра Великого для культивирования наиболее востребованных объектов – двустворчатых моллюсков и дальневосточного трепанга – необходимы для дальнейшего развития марикультуры в регионе и в качестве информационной базы для создания региональной программы комплексного управления прибрежной зоной.

Целью исследования являются биологическое обоснование и расчет приемной емкости аквакультурной зоны зал. Петра Великого для двустворчатых моллюсков (приморского гребешка, тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus*) и дальневосточного трепанга. Для ее достижения необходимо было рассмотреть экологические условия залива, характеристики природных поселений и промысла некоторых видов беспозвоночных, пригодных для искусственного разведения, а также продуктивность плантаций марикультуры и соответственно решить следующие **задачи**:

1. Оценить физическую емкость залива для развития марикультуры (площади акватории для донного и подвешного культивирования) и полноту реализации биопродукционных свойств у видов разной зоогеографической принадлежности на основе результатов анализа экологических условий.

2. Провести ретроспективный анализ состояния поселений и промысла ценных в коммерческом отношении видов беспозвоночных, оценить их долю в общей биомассе бентоса залива.

3. Оценить продуктивность плантаций двустворчатых моллюсков и трепанга зал. Петра Великого.

4. Проанализировать и обобщить имеющиеся данные о приемной емкости и экосистемном подходе в аквакультуре; сравнить методы оценки разных категорий емкости акваторий.

5. Оценить трофические ресурсы бухт для культивирования моллюсков разными методами: по содержанию взвешенного органического вещества (ВОВ) и биохимических составляющих растворенного органического вещества (РОВ) и ВОВ. Рассчитать допустимые размеры плантаций и объемы продукции двустворчатых моллюсков в бухтах залива с учетом трофических ресурсов.

6. Оценить возможные объемы культивирования двустворчатых моллюсков и трепанга в зал. Петра Великого.

Научная новизна. Полученные в работе основные результаты являются новыми и важными для развития представлений о приемной емкости в аквакультуре. Они позволяют обосновать и рассчитать физическую, продукционную и экологическую емкости акваторий разного масштаба при создании в них искусственных поселений гидробионтов с высокой плотностью. Впервые:

– обоснованы и оценены площади плантаций (физическая емкость) для культивирования моллюсков и трепанга в зал. Петра Великого с учетом экологических условий и современных технологий разведения гидробионтов;

– при оценке физической емкости для культивирования моллюсков учитывалась интенсивность водообмена бухт, что позволило оценить и сравнить допустимые площади плантаций и объемы культивирования моллюсков в бухтах с разным уровнем водообмена без уточнения местоположения плантаций;

– определена продолжительность периодов с оптимальными значениями температуры воды для гидробионтов разного зоогеографического происхождения в зал. Петра Великого;

– рассчитана продукция плантаций приморского гребешка, тихоокеанской мидии и дальневосточного трепанга для разных районов зал. Петра Великого;

– оценены трофические ресурсы для культивирования двустворчатых моллюсков по содержанию ВОВ в бухте Суходол (Уссурийский залив) и по биохимическим показателям РОВ и ВОВ в бухтах Рейд Паллада и Миносок (зал. Посьета);

– обоснованы физическая и продукционная категории приемной емкости для собирающего детритофага – дальневосточного трепанга;

– показано, что объемы культивирования моллюсков в бухтах залива ограничиваются экологической емкостью, т.е. способностью экосистем к переработке поступающего дополнительного ВОВ;

– рассчитаны объемы культивирования двустворчатых моллюсков и трепанга в зал. Петра Великого с учетом продукционной емкости и социальных факторов (сложившейся хозяйственной деятельности и рекреационного назначения акваторий).

Теоретическая и практическая значимость работы. Выполненные оценки продуцирования и трансформации органического вещества на плантациях вносят вклад в развитие представлений о закономерностях функционирования прибрежных экосистем с элементами марикультуры, а также в развитие экосистемного подхода в аквакультуре.

Практическая значимость работы заключается в том, что на основании проведенных исследований были разработаны:

– «Временная инструкция по биотехнологии заводского способа получения и выращивания молоди дальневосточного трепанга» (2003), апробация и производственная проверка которой выполнялась на базе научно-производственного центра марикультуры «Заповедное». В результате получена заводская молодь трепанга, расселенная в бухтах Киевка и Суходол;

– «Методика выращивания и схемы расчета коэффициентов изъятия товарной продукции трепанга на плантациях марикультуры» (Гаврилова, Кучерявенко, 2010), рассмотренная Ученым советом ФГУП «ТИНРО-Центр» и используемая региональными контролирующими органами для учета и изъятия товарной продукции трепанга в действующих хозяйствах марикультуры.

Данные по распределению и оценке запасов приморского гребешка, мидии Грея (*Crenomytilus grayanus*), черного и серого морских ежей (*Strongylocentrotus intermedius*, *S. nudus*) и дальневосточного трепанга использованы при составлении прогнозов вылова и оценке общих допустимых уловов гидробионтов в зал. Петра Великого (1995–1999 гг.).

Полученные оценки приемной емкости зал. Петра Великого для двустворчатых моллюсков и трепанга включены в обоснование перспектив развития аквакультуры, разработанное для администрации Приморского края.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на научных, научно-практических, международных, общесоюзных и общероссийских конференциях и совещаниях, в том числе: III Всесоюзной конференции «Проблемы рационального использования промысловых беспозвоночных» (Калининград, 1982); IV Всесоюзном совещании по научно-техническим проблемам марикультуры (Владивосток, 1983); Всесоюзном совещании «Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северных морей» (Владивосток, 1985); Всесоюзной конференции по рациональному использованию биоресурсов Тихого океана (Владивосток, 1991); Всероссийском совещании «Состояние и перспективы научно-практических разработок в области марикультуры» (Ростов-на-Дону, 1996); Международной конференции «Биологические ресурсы окраинных и внутренних морей России и их рациональное использование (запасы, многовидовые модели, сбалансированное рыболовство, экологическая ситуация)» (Ростов-на-Дону, 2000);

Международной научно-практической конференции «Прибрежное рыболовство – XXI век» (Южно-Сахалинск, 2002); Международной конференции «Рациональное природопользование и управление морскими биоресурсами: экосистемный подход» (Владивосток, 2003); Международной научной конференции «Инновации в науке и образовании – 2004» (Калининград, 2004); Международной конференции «Современное состояние популяций крабов Баренцева моря и их взаимодействие с донными биоценозами» (Мурманск, 2006); научной конференции, посвященной 70-летию С.М. Коновалова «Современное состояние водных биоресурсов» (Владивосток, 2008); Международной конференции «Уссурийский залив: современное экологическое состояние, ресурсы и перспективы природопользования» (Владивосток, 2008); научно-практической конференции в рамках Международной выставки «Интерфиш–2009» «Рыбное хозяйство, его роль в современной экономике, факторы роста, риски, проблемы и перспективы развития» (Москва, 2009); IV Международной конференции «Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки» (Южно-Сахалинск, 2011); конференциях Международной организации по морским наукам Северной Пацифики (PICES) (Циндао, 1996; Пусан, 1997; Владивосток, 2005; Иокогама, 2006; Чеджу, 2009; Портленд, 2010).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, выводов и списка цитируемой литературы. Работа изложена на 357 страницах, иллюстрирована 42 рисунками и 92 таблицами. Список литературы включает 450 источников, из которых 136 принадлежат иностранным авторам.

Публикации. Результаты исследований опубликованы в 53 печатных работах: монографии (в соавторстве), 3 авторских свидетельствах и патентах, 49 научных статьях и материалах конференций, в том числе в 19 статьях в журналах, рекомендованных ВАК.

Положения, выносимые на защиту:

1. Приемная емкость аквакультурной зоны зал. Петра Великого позволяет обеспечить товарное выращивание двустворчатых моллюсков и трепанга в объеме, превышающем их допустимое изъятие из природных популяций более чем на порядок.

2. Масштабы культивирования моллюсков ограничиваются: в бухтах залива прежде всего экологической емкостью; во всем заливе – социальной емкостью. Потенциальный объем плантационного культивирования двустворчатых моллюсков составляет ~ 100 тыс. т в год.

3. Величина товарной продукции дальневосточного трепанга определяется объемами производства его молоди. Для получения ~ 1000 т его продукции (что сравнимо с максимально допустимым уловом из природных поселений) необходимо ежегодно товарное выращивание ~ 40 млн экз. молоди.

Благодарности. Выражаю искреннюю признательность всем коллегам по ТИПРО-Центру, которые рассмотрели материалы работы и высказали свои

замечании. Благодарю коллег лаборатории марикультуры и сектора экосистемных исследований биоресурсов прибрежных вод ТИНРО-Центра за помощь в обработке материалов, всестороннюю поддержку и конструктивные замечания. Отдельно благодарю А.В. Кучерявенко и М.Г. Бирюлину за поддержку и помощь в совместных многолетних исследованиях.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Современное состояние аквакультуры, тенденции и особенности ее развития в разных регионах. Технологии, емкость среды и методы оценки продукции аквакультуры (литературный обзор)

За последние полвека аквакультура получила существенное развитие во всем мире, но прежде всего в странах Юго-Восточной Азии, и признается экспертами одним из наиболее быстрорастущих секторов мировой экономики для обеспечения рыбной продукцией целого ряда стран. Современное состояние аквакультуры в разных странах показывает, что успешность развития этого направления определяется не только экономическими возможностями, но и приоритетами государственной политики, национальными традициями, пищевыми предпочтениями и потребностями.

В России до настоящего времени аквакультура развивалась неоправданно медленно. Дальнему Востоку всегда отводилась особая роль в развитии марикультуры, так как в регионе существуют благоприятные условия и реальный задел для промышленного культивирования морских беспозвоночных, водорослей и лососей. В последнее десятилетие ускоренное развитие марикультуры связывают с управленческими решениями, принятыми на федеральном и региональных уровнях, и со сложившимися объективными условиями. На Дальнем Востоке появились специалисты, имеющие навыки работы в этой области, и инвесторы, готовые вкладывать собственные средства в развитие предприятий. В регионе существуют научно-исследовательские и образовательные учреждения, занимающиеся проблемами аквакультуры и подготовкой кадров. Выросла покупательная способность у части населения России, и дорогостоящая продукция марикультуры раскупается на внутреннем рынке, чему способствует смена приоритетов в питании людей.

В настоящее время в разных странах разработаны современные технологии разведения гидробионтов для нескольких категорий коммерческой аквакультуры и искусственного воспроизводства. Оценки экспертов показывают, что дальнейшее увеличение объемов аквакультурной продукции невозможно без развития разных направлений научных исследований в этом секторе экономики. Одной из главных проблем устойчивого развития аквакультуры признается ее взаимодействие с окружающей средой и поиски компромисса между экологической безопасностью и экономической выгодой.

Для Дальневосточного региона такие актуальные проблемы, как продуктивность плантаций разных групп гидробионтов, ее зависимость от факторов среды, техника управления марифермами, а также приемная емкость аквакультурных зон и бухт остаются малоизученными, требующими значительных усилий и дальнейшего изучения.

Глава 2. Материал и методы исследований

Материал для настоящего исследования собран в 1995–2010 гг. на акватории зал. Петра Великого и бухт южного Приморья (Японское море).

Гидробиологические учетные съемки велись на научно-исследовательских судах БИФ ТИНРО-Центра, имеющих стационарное водолазное оборудование. Количественный учет макробентоса проводили водолажным гидробиологическим методом, используя его модификации. Для биологических анализов гидробионтов разных видов отбирали на каждом водолажном разрезе или иной мерной площадке; всего промерено и взвешено 34908 гидробионтов (табл. 1).

Таблица 1. Объем собранного и обработанного материала при количественном учете донных беспозвоночных, экз.

| <i>Год</i> | <i>Кол-во разрезов</i> | <i>Серый еж</i> | <i>Черный еж</i> | <i>Трепанг</i> | <i>Мидия Грея</i> | <i>Приморский гребешок</i> |
|--------------|------------------------|-----------------|------------------|----------------|-------------------|----------------------------|
| 1995 | 425 | 876 | 2886 | 818 | 77 | 18 |
| 1996 | 487 | 2141 | 4203 | 1387 | 442 | 64 |
| 1997 | 785 | 3997 | 4309 | 1573 | – | 771 |
| 1998 | 397 | 2040 | 2531 | 886 | 1351 | 843 |
| 1999 | 505 | – | – | 1492 | 1483 | 720 |
| <i>Итого</i> | <i>2599</i> | <i>9054</i> | <i>13929</i> | <i>6156</i> | <i>3353</i> | <i>2416</i> |

Биотехнику сбора спата двустворчатых моллюсков апробировали на полигонах ФГУП «ТИНРО-Центр» (бухты Воевода и Киевка) и в других бухтах зал. Петра Великого.

Заводской способ получения и выращивания молоди дальневосточного трепанга разрабатывался в 2001–2003 гг. на экспериментальной базе лаборатории марикультуры ФГУП «ТИНРО-Центр», в 2003–2005 гг. – на базе научно-производственного центра марикультуры ФГУП «ТИНРО-Центр» «Заповедное» (бухта Киевка).

Методические приемы товарного выращивания трепанга отрабатывали в хозяйствах марикультуры в бухтах Суходол (Уссурийский залив) и Северная (Славянский залив) на основе научных договоров с использованием производственных мощностей марикультурного хозяйства ООО «Марикультура» и Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета (ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз»).

Размерно-массовые характеристики разновозрастных моллюсков на плантациях марикультуры, а также состав и продукцию их поселений определяли для разных районов зал. Петра Великого и восточного побережья

Приморья. Моллюсков отбирали с подвесных и донных плантаций марихозяйств. Всего с 2001 по 2009 г. промерено и взвешено более 2,5 тыс. экз. моллюсков из 21 хозяйства (табл. 2).

Таблица 2. Объем собранного и обработанного материала по двустворчатым моллюскам на плантациях марикультуры, экз.

| <i>Акватория</i> | <i>Годы</i> | <i>Количество определений</i> | |
|-------------------------------------|------------------------|--|------------------------------------|
| | | <i>Высота раковины, общая масса тела</i> | <i>Масса мягких тканей</i> |
| <i>Зал. Посьета</i> | | | |
| Бухта Миносок | 2002–2003 | 110 | 25 |
| Бухта Рейд Паллада | 2003, 2005 | 126 | 25 |
| Бухта Троицы | 2004, 2006 | 340 | 0 |
| Бухта Клыккова | 2002 | 33 | 0 |
| <i>Амурский залив</i> | | | |
| Бухта Воевода | 2002, 2003 | 357 | 44 |
| Бухта Нарва | 2002, 2005 | 60 | 35 |
| О-ва Рикорда- Пахтусова | 2003 | 67 | 32 |
| Бухта Северная | 2006 | 30 | 30 |
| Бухта Новик | 2009 | 73 | 73 |
| <i>Уссурийский залив</i> | | | |
| Бухта Теляковского | 2001 | 36 | 0 |
| Бухта Суходол | 2002–2003, 2005–2007 | 240 | 56 |
| Бухта Ильмовая | 2008 | 40 | 35 |
| Бухта Подъяпольского | 2006 | 90 | 0 |
| Бухта Парис | 2006 | 25 | 25 |
| <i>Зал. Стрелок</i> | | | |
| Бухта Гинтера | 2003 | 14 | 14 |
| Бухта Назимова | 2006 | 35 | 0 |
| Бухта Рифовая | 2001–2002 | 130 | 0 |
| Зал. Восток | 2001, 2003, 2004, 2005 | 332 | 60 |
| Бухта Подосенова | 2002 | 33 | 33 |
| Бухта Прогулочная | 2003–2004 | 56 | 56 |
| <i>Зал. Находка</i> | | | |
| Бухта Мусатова | 2002, 2004 | 56 | 56 |
| <i>Восточное побережье Приморья</i> | | | |
| Зал. Ольги | 2002 | 24 | 24 |
| Зал. Владимира | 2002 | 25 | 25 |
| Бухта Соколовская | 2003–2006 | 229 | 75 |
| Бухта Киевка | | | |
| Бухта Моряк-Рыболов | 2006–2008 | 95 | 25 |
| Итого | | | |
| Зал. Петра Великого | | 2283 | 599 |
| Восточное побережье Приморья | | 373 | 149 |

Продукция моллюсков на марикультурных участках рассчитывалась как количество живой биомассы, производимой совокупностью особей за единицу времени, на единице площади подвешной или донной плантации. Соматическая продукция (Голиков, 1970; Дулепов, 1995; Дулепов и др., 2002) представлена как сумма приростов массы тела в каждой возрастной группе: $P = N_0 (W_1 - W_0) + N_1 (W_2 - W_1) \dots + N_n (W_{n+1} - W_n)$, где P – соматическая продукция; N_0, W_0 – соответственно начальная численность возрастной группы и средняя масса особей; N_1, W_1 – те же показатели через год.

Для оценки эффективности коллекторного сбора молоди трепанга проанализированы результаты работ пяти действующих хозяйств марикультуры в разных районах зал. Петра Великого в период с 2000 по 2009 г.

Методику товарного выращивания трепанга разрабатывали для полузакрытых бухт (Суходол, Северная) зал. Петра Великого. В результате получены данные о выживаемости и скорости роста молоди трепанга, выращенной как на заводах (в бухтах Киевка и Северная), так и на коллекторах (в бухте Суходол) (табл. 3).

Таблица 3. Объем материала к методике товарного выращивания трепанга, экз.

| <i>Этап исследований</i> | <i>Объем материала</i> |
|--|------------------------|
| Садковое и рифовое подращивание | |
| Определение выживаемости сеголеток: количество молоди | 24 500 |
| Определение выживаемости молоди возраста 2+: количество мальков | 1500 |
| Выращивание на донных плантациях | |
| Количество водолазных станций | 41 |
| Определений общей массы и массы кожно- мускульного мешка трепанга, количество животных | 1607 |

Продукцию на донных плантациях трепанга рассчитывали по данным о среднегодовой биомассе трепанга и величинах годовой (или суточной) удельной продукции (Алимов, 1989), а также с использованием модели расчета вторичной продукции популяций морских беспозвоночных животных (Tumbiolo, Downing, 1994).

Глава 3. Экологические условия и физическая емкость зал. Петра Великого для развития марикультуры

Зал. Петра Великого – самый обширный на северо-западном побережье Японского моря, представляет собой мелководный, глубоко расчлененный шельф, с максимальными глубинами у бровки материкового склона 120–150 м. Его площадь превышает 9000 км², объем воды – 445 км³.

Физическая емкость аквакультурной зоны залива – это часть его акватории, соответствующая требованиям технологий культивирования

определенного типа для конкретных видов гидробионтов. Физическая емкость акватории зависит от совпадения гидрологических, гидрохимических и других ее характеристик (глубина, гидродинамика, типы субстратов) с потребностями культивируемых видов. Для оценки площадей и длительности периодов выращивания гидробионтов были проанализированы многолетние данные о параметрах среды. Кроме того, использованы известные типизации акватории зал. Петра Великого по характеру осадочного процесса (Дударев и др., 2002), распределению токсичных элементов в осадках (Аникеев и др., 2000), распределению фаций (Структура и фации .., 1983).

Сезонные колебания температуры воды позволяют существовать в заливе и бореальным, и субтропическим видам, так как их обитание возможно при реализации всего 25 % потенциального роста. Для аквакультуры подходят водоемы, где реализуется около 50 % видовой потенции роста гидробионтов (Карпевич, 1998). Полнота реализации потенциальных свойств беспозвоночных зависит от продолжительности воздействия благоприятных и оптимальных факторов среды, за пределами оптимумов происходят потери качества или объемов продукции.

Сравнение температурных оптимумов обитания разных биогеографических групп беспозвоночных (Голиков, Скарлато, 1972) и средних многолетних значений температуры воды показало, что в зал. Петра Великого наибольший успех может быть достигнут при культивировании низкобореальных видов, для которых период с оптимальными и благоприятными температурами воды наиболее продолжителен. Разведение субтропических, субтропическо-низкобореальных видов предпочтительно в западных районах (заливы Посьета, Амурский, Уссурийский), где теплый период продолжительнее и в это время наблюдаются более высокие значения температуры воды. Успешность экстенсивной марикультуры субтропических видов в заливе, как и пополнение их поселений, зависит от межгодовой изменчивости абиотических факторов, прежде всего температуры и солености.

При современном уровне технологического и технического обеспечения марикультуры площади для организации донных и подвесных плантаций по нашим оценкам составляют ~ 541 км² (табл. 4).

Таблица 4. Параметры для расчета физической емкости зал. Петра Великого

| <i>Параметр</i> | <i>Площадь, км²</i> |
|--|--------------------------------|
| Площадь акватории до изобаты 20 м | 1550 |
| Площадь между изобатами 10 и 20 м | 715 |
| Площадь между изобатами 5 и 20 м | 1046 |
| Площади скопления закапывающихся моллюсков | 295 |
| Площадь полей анфельции | 30 |
| Природоохранные акватории | 64 |
| Площади, занятые хозяйственной деятельностью | 116 |
| Потенциальная площадь для создания плантаций | 541 |

Расчеты выполнены с учетом того, что разведение гидробионтов в зал. Петра Великого осуществляется в диапазоне глубин 5–20 м (по-видимому, такая направленность сохранится в ближайшие десятилетия). Донные плантации создаются во всем указанном диапазоне, подвесные установки – на глубинах 10–20 м, что обусловлено техникой культивирования, способом добычи гидробионтов и ледовыми условиями мелководных акваторий. Организация плантаций марикультуры запрещена в пределах природоохранных акваторий, поселений закапывающихся моллюсков, полей анфельции, портовых и других хозяйственных сооружений. Площади перечисленных объектов в зал. Петра Великого в общей сложности составляют до 460 км².

На глубинах до 20 м физическая емкость залива может быть увеличена: путем подбора и реконструкции донных природных ландшафтов – для донного культивирования беспозвоночных; за счет создания искусственных установок (биотопов) в толще воды – для садкового культивирования. Наиболее значительное увеличение физической емкости возможно при развитии глубоководных технологий. Это позволит (при необходимости) создавать плантации в толще воды над глубинами до 50 м.

Физическая емкость для субтропических видов ограничена мелководными районами залива (табл. 5), где среднегодовая температура превышает 8 °С. Наиболее широко может быть развито культивирование низкбореальных и бореальных видов, так как будет использоваться не только часть мелководных районов, но и потенциально – глубоководная часть залива.

Таблица 5. Скорость роста и потенциальные площади плантаций для разных видов в зал. Петра Великого

| <i>Биогеографическая принадлежность вида</i> | <i>Реализация скорости роста, %</i> | <i>Площади залива для размещения плантаций, км²</i> | |
|--|-------------------------------------|--|---------------------------|
| | | <i>До глубины 20 м</i> | <i>Глубины свыше 20 м</i> |
| Бореальные | < 100 | ~ 1200 | ~ 2000 |
| Низкбореальные | 100 | | |
| Субтропическо-низкбореальные | ~65 | <1000 | – |
| Субтропические | ~35 | | |

Анализ существующей гидрологической, метеорологической и литологической информации для зал. Петра Великого позволяет оценить условия культивирования и набор видов для разведения, однако современный уровень организации экологического мониторинга в прибрежной зоне недостаточен для развертывания широкомасштабных работ по марикультуре, что в дальнейшем может сдерживать ее развитие.

Глава 4. Характеристика природных поселений некоторых видов беспозвоночных в зал. Петра Великого

Экологические условия зал. Петра Великого обеспечивают видовое разнообразие беспозвоночных животных, среди которых много ценных промысловых видов. Большое влияние на их численность оказал промысел, начавшийся в заливе в 19-м и усилившийся в 20-м веке.

Ретроспективный анализ промысла и результатов гидробиологических исследований 6 видов беспозвоночных (дальневосточный трепанг, приморский гребешок, тихоокеанская мидия и мидия Грея, черный и серый морские ежи) показал, что после начала эксплуатации их поселений в популяциях произошли существенные изменения. Только часть из них к настоящему времени относится к числу промысловых, для быстрого восстановления других уже необходимо применять методы искусственного разведения.

В заливе ведется ограниченный промысел мидии Грея и морских ежей. Учитывая существующие тенденции в поселениях этих видов, можно предположить, что объемы их изъятия вряд ли будут увеличиваться. Рекомендованный ОДУ для мидии Грея (100 т), по сути, является охранной мерой, так как составляет менее 1 % промыслового запаса. Для поддержания численности серого ежа, принимая во внимание ее динамику, а также размерную структуру поселений и частоту встречаемости питомников, в восточной части залива необходимо пополнять поселения молодью. С учетом коммерческой значимости серого ежа это направление марикультуры следует признать одним из приоритетных. Добыча черного ежа может быть увеличена в том случае, если будут улучшены его товарные качества – наполнение и цветность гонад. Для этого может быть произведена мелиорация промысловых участков с созданием на них водорослевых плантаций.

Численность и биомасса природных поселений трепанга и приморского гребешка находятся на низком уровне. В сложившихся условиях их быстрое восстановление невозможно без вселения дополнительных многочисленных генераций молоди в течение длительного времени. Для гребешка эффективным методом получения молоди в настоящее время является коллекторный сбор (Гаврилова и др., 2005а). За период с 1972 по 2002 г. в заливе было отсажено на грунт ~ 130 млн экз. молоди гребешка (Вышкварцев и др., 2005), что и обеспечило его товарное выращивание в современных объемах. Однако восстановление общей численности произошло только в одном заливе – Посьета. На остальной акватории высокие концентрации моллюсков наблюдаются только в районах донных плантаций.

Состояние естественного воспроизводства трепанга не позволяет восстановить численность популяции и производить товарную продукцию только за счет коллекторного способа получения молоди. С одного гектара плантаций в последние десять лет собиралось в среднем ~ 140 тыс. экз. мальков. Заводской способ получения молоди в данном случае является наиболее эффективным. Продукция двух небольших экспериментальных предприятий за период с 2000 по 2009 г. оказалась больше объемов

коллекторного сбора в эти годы – соответственно 8 и 5 млн экз. (Гаврилова, в печати).

Рассмотренные виды промысловых беспозвоночных имели и имеют в зал. Петра Великого относительно невысокую численность и биомассу. В разные годы их максимальная биомасса составляла ~ 34–83 тыс. т (табл. 6). Это только 2–5 % биомассы непромыслового бентоса, учтенного в зал. Петра Великого в последние годы (Надточий и др., 2005, 2011). Современная общая биомасса 6 видов не превышает 25 тыс. т (18 приходится на мидию Грея), что составляет 24,0 % биомассы учтенных промысловых беспозвоночных и 1,5 % биомассы непромыслового бентоса. В местах концентраций черного и серого ежей, закапывающихся моллюсков, друз мидий биомасса промысловых видов макробентоса может составлять большую или равную часть с другими видами (табл. 7).

Таблица 6. Максимальные оценки величины биомассы промысловых беспозвоночных в зал. Петра Великого за период исследований, тыс. т

| <i>Вид</i> | <i>Биомасса</i> | <i>Источник данных</i> |
|-------------------------|-----------------|--|
| Дальневосточный трепанг | (22)*; 6 | Бирюлина, 1972 |
| Приморский гребешок | 4 | Разин, 1934 |
| Гигантская мидия | (51); 18 | Бирюлина, 1972 |
| Черный морской еж | 5,7 | Состояние промысловых ресурсов ..., 2009 |
| Серый морской еж | 1 | Гаврилова, 2002 |

* В скобках приведены данные, полученные Л.В. Микулич в 1959 г. и представленные в работе М.Г. Бирюлиной (1972).

Таблица 7. Средняя удельная биомасса промысловых беспозвоночных в зал. Петра Великого в разные годы, г·м⁻²

| <i>Вид</i> | <i>1970–1990 гг.</i> | <i>2005–2010 гг.</i> |
|-----------------------|----------------------|----------------------|
| <i>A. japonicus</i> | 150* | 1** |
| <i>M. yessoensis</i> | 169* | 10** |
| <i>C. grayanus</i> | 740* | 433** |
| <i>S. intermedius</i> | 82* | 24** |
| <i>S. nudus</i> | 213* | 100** |

* М.Г. Бирюлина (1975).

** Состояние промысловых ресурсов ... (2009).

Невелики и перспективы современного промысла беспозвоночных из природных поселений, ОДУ которых в настоящее время составляет около 3 тыс. т (Состояние промысловых ресурсов ..., 2009). Потенциально возможные объемы добычи беспозвоночных в заливе можно оценить, суммируя известные максимальные величины вылова промысловых в прошлом видов (трепанга, приморского гребешка, камчатского краба), допустив, что произошло их восстановление, и ОДУ современных объектов промысла. В этом случае общий объем достигает 10–11 тыс. т.

Следовательно, ресурсы рассмотренных промысловых видов беспозвоночных недостаточны для ведения масштабного устойчивого промысла в заливе. Увеличение объемов промышленного изъятия коммерчески ценных видов должно связываться с искусственным разведением. Для определения дополнительных объемов товарной продукции беспозвоночных оцениваются разные категории приемной емкости аквакультурных зон. Размеры физической емкости залива для культивирования беспозвоночных обсуждались выше. С увеличением биомассы увеличиваются и пищевые потребности, которые не должны превышать производственную емкость акватории, оценки которых выполняются прежде всего на уровне марикультурных ферм.

Глава 5. Продуктивность плантаций марикультуры в зал. Петра Великого

Плантационное культивирование двустворчатых моллюсков – это основное направление работ в большинстве существующих хозяйств марикультуры Приморья. Доминирующий объект культивирования – приморский гребешок, плантации которого расположены от зал. Посьета до зал. Владимира (восточное побережье Приморья). Значительно меньше распространено культивирование тихоокеанской мидии, которым занимаются лишь четыре хозяйства в заливах Посьета, Уссурийский, а также в бухте Соколовской, расположенной на северо-востоке от мыса Поворотного. Слабо развито разведение гигантской устрицы, урожай которой в последние годы составлял несколько сотен килограммов в зал. Посьета и в бухтах о. Русского.

В настоящее время коллекторный сбор молоди приморского гребешка обеспечивает потребности хозяйств в посадочном материале. Интенсивность оседания спата на коллекторы в среднем составляет 6,5 млн экз. на 1 га (табл. 8). За весь период существования марихозяйств в Приморье (до 2010 г.) собрано около 0,45 млрд экз. спата этого вида. В разных районах залива размерно-массовые характеристики одновозрастных моллюсков схожи между собой; товарных размеров приморский гребешок достигает за три года культивирования. При этом наиболее значимы межгодовые изменения размеров одновозрастных гребешков; в разных районах они происходят несинхронно.

Численность и биомасса приморского гребешка заметно увеличились в местах его культивирования. По нашим оценкам в зал. Посьета в 2005 г. биомасса искусственных поселений составляла 1890 т, а численность превышала 145 млн экз., из которых 7 млн экз. – товарные моллюски (Гаврилова, Кучерявенко, 2011). В зал. Посьета на донных плантациях производится до $260 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$ живой биомассы этих моллюсков в возрасте 2+ и до $900 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$ – при садковом выращивании. Для сравнения продукция гребешка в природных популяциях зал. Посьета в 1960-е гг. составляла до $130 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$ (Golikov, Scarlato, 1970).

Производство плантаций гребешка рассчитывали для бухты Воевода, заливов Китовый и Владимира. В расчетах использовали фактические

значения общей массы тела разновозрастных моллюсков в этих районах и эмпирически полученные коэффициенты выживаемости. По результатам расчетов годовой продукции оценена продуктивность 1 га плантации за трехгодичный цикл выращивания гребешка в разных районах (табл. 9).

Таблица 8. Интенсивность оседания спата приморского гребешка на различных акваториях (по: Гаврилова, Кучерявенко, 2011), млн экз.·га⁻¹

| <i>Район</i> | <i>Интенсивность оседания спата гребешка</i> |
|-------------------------------|--|
| Зал. Посьета | 12,6 |
| Амурский залив | 4,12 |
| Уссурийский залив | 3,09 |
| Зал. Восток – зал. Находка | 8,11 |
| Зал. Петра Великого | 6,5 |
| Мыс Поворотный – бухта Киевка | 3,88 |
| Зал. Владимира | 2,64 |

Таблица 9. Продукция плантаций гребешка при садковом и донном выращивании в трехгодичном цикле, т·га⁻¹·цикл⁻¹

| <i>Способ выращивания</i> | <i>Бухта Воевода</i> | <i>Зал. Китовый</i> | <i>Зал. Владимира</i> |
|---------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|
| Садковый | 42,88 | 43,24 | 32,18 |
| Донный | 56,24 | 57,75 | 16,14 |

Продукция тихоокеанской мидии в современных хозяйствах достигает 5–9 кг·м⁻²·год⁻¹ для моллюсков второго года жизни. За последнее десятилетие наиболее высокий урожай был зафиксирован в зал. Восток. Величины биомассы мидии, получаемой на одном гектаре плантаций, близки для заливов Амурский, Уссурийский и Посьета. В Уссурийском заливе наибольшая биомасса мидии на установках отмечена при одногодичном цикле выращивания (табл. 10).

Таблица 10. Численность и биомасса разновозрастных мидий на плантациях марикультуры в разных районах

| <i>Акватория</i> | <i>Численность, тыс. экз./коллектор</i> | | | <i>Численность, млн экз./га</i> | | | <i>Биомасса, кг/коллектор</i> | | | <i>Биомасса, т/га</i> | | |
|-------------------|---|----------------|----------------|---------------------------------|----------------|----------------|-------------------------------|----------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------|
| | 0 ⁺ | 1 ⁻ | 2 ⁻ | 0 ⁺ | 1 ⁻ | 2 ⁻ | 0 ⁺ | 1 ⁻ | 2 ⁻ | 0 ⁺ | 1 ⁻ | 2 ⁻ |
| Зал. Посьета | 17,3 | 1,3 | 0,8 | 72,6 | 5,5 | 3,3 | 13 | 16,9 | 17,1 | 54,6 | 71,0 | 71,8 |
| Амурский залив | 4,8 | 2,1 | 2,5 | 20,1 | 8,7 | 10,5 | | 13,4 | 19,1 | | 56,3 | 80,2 |
| Уссурийский залив | 1,9– 9,3 | 2,2– 8,9 | 3,2 | 28,6 | 41,6 | 13,2 | 7,76– 25,2 | 8,0– 26,8 | 15,3 | 83,6 | 87,8 | 64,3 |
| Зал. Восток | | | 3,4 | | | 14,2 | | | 30,5 | | | 128,1 |

В Уссурийском заливе в 2006–2007 гг. продукция на плантациях мидий оценивалась для бухт Суходол и Подъяпольского. Ее величины оказались достаточно близкими. Но размерно-массовые характеристики одновозрастных моллюсков и плотность мидий на коллекторах различались более чем в два раза, т.е. товарные качества моллюсков в одном районе могут заметно различаться.

Значимым объектом для марикультуры Приморья является дальневосточный трепанг, техника разведения которого изначально осваивалась по двум направлениям – коллекторный сбор и заводское разведение молоди (Способ культивирования..., 1980; Мокрецова, 1987). В последние годы, с началом производства промышленных партий молоди на заводах, стало развиваться направление товарного выращивания трепанга (Гаврилова и др., 2005б, 2010; Гаврилова, Кучерявенко, 2010).

Экстенсивное культивирование дальневосточного трепанга не получило такого развития, как у двустворчатых моллюсков. В настоящее время в нескольких хозяйствах получают сеголеток трепанга в качестве сопутствующей продукции при коллекторном сборе спата приморского гребешка. Специфичные установки для сбора мальков трепанга создаются не во всех хозяйствах, так как коллекторный способ получения его молоди считается нерентабельным. Тем не менее марикультурные мероприятия (увеличение числа производителей в бухтах, установка дополнительных субстратов) и охрана плантаций способствуют увеличению концентраций молоди и пополнению донных плантаций трепанга. Это показано на примере четырех хозяйств, в которых общая численность учтенной на коллекторах молоди трепанга в 2003–2009 гг. превысила 1,650 млн экз. С учетом данных о выживаемости мальков на коллекторах, более 800 тыс. особей дополнили донные поселения в этих районах. Во всем зал. Петра Великого ежегодное пополнение на плантациях в 2000–2010 гг. составило примерно 500 тыс. мальков, а за десять лет – почти 5 млн сеголеток трепанга (учитывались площади и средняя урожайность плантаций с коллекторными установками).

С 2002 по 2010 г. более 9 млн мальков трепанга получено на двух заводах и выпущено для товарного выращивания. Заводское разведение проходит этап становления, и в Приморье все еще не существует крупномасштабного производства товарной молоди трепанга. Полученные результаты соответствуют нормативам для таких заводов по количеству молоди в 1 м³ бассейнов (от 5–10 до 20 тыс. экз. · м⁻³) (Liu et al., 2004), но качество продукции (размеры мальков) пока не отвечает международным стандартам товарной молоди. Межгодовые изменения численности заводской молоди вызваны несколькими причинами, из которых наиболее часто повторяющиеся – это гибель личинок и мальков в результате болезней. Предупреждение эпизоотий и методы борьбы с ними являются до настоящего времени исследовательской проблемой не только в России на заводах Приморья, но и на заводах других стран. Развитие заводского производства сдерживается и социально-экономическими условиями. Создание заводов для производства молоди трепанга, как и других теплолюбивых видов,

целесообразно в западном или центральном районах зал. Петра Великого. Однако два из трех предприятий построены у восточного побережья Приморья. Организация работы заводов за пределами зал. Петра Великого намного сложнее в силу существующих там гидрологических условий и, как следствие, особенностей размножения и роста дальневосточного трепанга, а также социальных факторов – удаленности и малонаселенности этих районов.

Восстановление численности трепанга наблюдается в бухтах, где проводилось товарное выращивание собранной на коллекторах или полученной на заводах молоди. В бухте Северной (Славянский залив) значительное пополнение поселений трепанга за последние 10 лет произошло за счет вселения 5 млн заводских сеголеток. Современная общая численность трепанга в бухте составляет ~ 3 млн экз. (Пространственное распределение ..., 2008). Общая численность трепанга в бухте Киевка оценивается в 200 тыс. экз., количество вселенной заводской молоди, как минимум, вдвое превышает эту величину. В последние годы подрастает 2–3 поколения молоди трепанга, полученной в искусственных условиях (Гаврилова, Сухин, 2011). Заводская молодь трепанга пополнила скопления в бухтах заливов Уссурийский и Посьета.

Товарное выращивание трепанга в бухтах зал. Петра Великого наиболее успешно при условии применения комбинированной системы: садкового подращивания сеголеток и пастбищного содержания рекрутов старше 1,5–2,0 года. Промежуточное подращивание в садках сеголеток трепанга как заводского, так и коллекторного происхождения позволяет получить выживаемость у этой возрастной группы на уровне 35–85 % (табл. 11). Размеры сеголеток на приморских заводах в среднем достигают только 1 см, большая часть мальков имеет меньшую длину тела. Садковое подращивание позволяет повысить выживаемость мелкоразмерных особей до значений, характерных для жизнестойких животных, и тем самым увеличить численность мальков для пастбищного выращивания.

Таблица 11. Выживаемость сеголеток трепанга в разных районах при промежуточном подращивании

| Период содержания в садках | Район исследований | Масса тела сеголеток, мг | Выживаемость, % (разброс величин, среднее значение) | Источник данных |
|----------------------------|--------------------|--------------------------|---|------------------------------|
| 11.2005–06.2006 | Бухта Суходол | 3–10 | (2–30), 9* | Гаврилова, Кучерявенко, 2010 |
| 10.2006–06.2007 | Бухта Суходол | 3–10 | (13–54), 35 | То же |
| 10.2007–07.2008 | Бухта Суходол | 590 | 82 | « |
| 10.2007–06.2008 | Бухта Северная | 8 | (43–49), 45 | Гаврилова и др., 2010 |
| 10.2008–07.2009 | Бухта Северная | 23 | (74–92), 83 | То же |
| – | Желтое море | 288; 50; 8 | (47; 38; 8), 31 | Технология..., 2001 |

* Нарушена целостность садков.

В первые годы жизни у трепанга наблюдаются значительные индивидуальные различия в скорости роста (табл. 12). Численность быстрорастущих мальков в разных генерациях составляет от 3 до 34 %. Создание благоприятных условий для роста мальков (строительство укрытий, подкормка за счет дополнительного накопления взвеси в укрытиях) сокращает сроки получения товарной продукции, так как до 15–20 % животных раньше (за 3–4 года) достигают промысловых размеров. В то же время, очевидно, что в условиях зал. Петра Великого реализуется только часть (~ 65 %) потенциально возможной для этого вида скорости роста.

Таблица 12. Масса тела разновозрастной молодежи трепанга в бухтах зал. Петра Великого, г

| Возраст | Бухта Суходол* | | | Бухта Северная** | | | Зал. Посыета*** | |
|--|--------------------|--------------|-----------|-----------------------|-------------------|--------------------|-----------------|------------|
| | Разброс | Средняя | Мода | Разброс | Средняя | Мода | Разброс | Средняя |
| <i>Сеголетки</i> заводские коллект-е | 0,010 0,1–1,6 | 0,005 0,6 | – 0,15 | 0,001–0,02 – | 0,008; 0,022 – | – – | – 0,03–0,79 | – 0,183 |
| <i>1 год,</i> заводские коллект-е | 0,1–6,6 0,9–4,2 | 1,3 1,4 | 0,4 – | 0,04–9,82 – | 1,04 – | 0,5 – | – 0,02–2,67 | – 0,368 |
| <i>2 года,</i> заводские коллект-е | 1,9–49,3 – | 12,7 – | 5 – | 2,2–24,0 0,99–38,1 | 10,3 11,3**** | 4–8,12– 16 – | – 3,4–23,2 | – 9,0 |

* Гаврилова, Кучерявенко, 2010.** Гаврилова и др., 2010.*** Раков, 1982.

**** Возраст мальков 1 год 9 мес.

Современная продуктивность природных поселений трепанга в бухтах зал. Петра Великого чрезвычайно низка. Рост биомассы и продукции наблюдается на донных плантациях, которые пополняют производителями и молодь. В бухте Суходол (Уссурийский залив) период, в течение которого биомасса и продукция донной плантации увеличились до уровня, при котором могло быть рекомендовано изъятие, составил 7 лет. В настоящее время продуктивность плантаций в бухте сопоставима с продуктивностью поселений трепанга в период высокой численности популяции в заливе. При изъятии товарной продукции в объеме 6–7 % от промысловой биомассы на плантации отмечается рост биомассы до $0,3 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ в год.

Заводское культивирование позволило получать товарную продукцию трепанга, изъятие которой легализовано, что немаловажно, так как стимулирует дальнейшее развитие таких производств. Пополнение популяции трепанга за счет марикультурных мероприятий начиная с 2000 г. составило не менее 14 млн экз. и в два-три раза превысило численность донных скоплений (4–7 млн экз.) в заливе в 2001 г. (Лебедев, 2006).

Глава 6. Приемная емкость бухт и зал. Петра Великого для культивирования двустворчатых моллюсков и дальневосточного трепанга

Одна из основных задач успешного развития промышленной аквакультуры состоит в оптимизации ее масштабов, что позволяет прежде всего ограничить ее негативное социальное воздействие и влияние на окружающую среду. Соответственно целью управления в аквакультуре является разработка приемлемых методов определения емкости того пространства, в котором культивирование видов может поддерживаться продолжительное время (Brugere, Nishamunda, 2008).

Представления о приемной емкости в аквакультуре формируются довольно давно: еще в 1970-х гг. было предложено различать несколько категорий емкости аквакультурных полигонов (Карпевич, 1975, 1987; Душкина, 1998). В дальнейшем эти проблемы обсуждались весьма активно, и к началу 2000-х гг. были сформулированы представления о категориях приемной емкости для культивирования двустворчатых моллюсков (Inglis et al., 2000; McKindsey et. al., 2006). Эти категории можно считать универсальными и использовать для других групп организмов, применяя другие методы расчетов.

Теоретические положения, обуславливающие ограничение емкости аквакультурных районов разного масштаба, широко обсуждаются и в настоящее время. Среди них наиболее известны концепции экосистемного подхода и приемной емкости. Экосистемный подход предполагает, что аквакультура должна быть интегрирована в общую хозяйственную деятельность внутри крупных экосистем, ее рост и расширение не должны препятствовать сбалансированному развитию взаимосвязанных социальных и экологических систем (Soto et al., 2008). В рамках экосистемного подхода развивалась концепция приемной емкости, которая предусматривает определение, с одной стороны, верхних пределов продукции аквакультуры, с другой – ее социальную приемлемость и возможности экосистем. Соответственно оцениваются разные ее категории – физическая, производственная, экологическая и социальная. Оценка приемной емкости – это обоснование не только размеров мариферм, но и устойчивости тех экосистем, в которых осуществляется аквакультурная деятельность (Cranford et al., 2009a; Byron, Costa-Pierce, 2010).

На современном этапе разработки перечисленные концепции полезны для анализа состояния и развития аквакультуры. Основные их положения используются при выработке управленческих решений на разных уровнях руководства этой сферой деятельности. Однако современный уровень изученности и оценки энергетических потоков в экосистемах, где расположены хозяйства, недостаточен для создания универсальных схем, моделей и расчетов продукции аквакультуры (Welch et al., 2010). Вместе с тем именно оценка энергетических потоков и их изменений составляют суть экосистемного подхода. Для получения в экосистеме оптимальной товарной продукции гидробионтов методами аквакультуры должно быть определено

наиболее благоприятное соотношение общей биомассы и концентрации биомассы видов-аквакультурантов в пределах плантаций в данных эколого-экономических условиях. Кроме того, должна быть описана связь биомассы и продукции разных групп организмов с показателями водообмена водоемов. Оценка именно таких соотношений важна для развития экосистемного подхода.

При культивировании двустворчатых моллюсков современные методики расчета допустимых нагрузок на акватории основаны на оценке в первую очередь физической и продукционной емкости. Выбор оптимальных районов для расположения плантаций (определение физической емкости) – это первый и важный шаг в аквакультурной деятельности. Физическая емкость определяется с учетом биофизических баз данных (температура морской воды, концентрация хлорофилла, концентрация взвешенных частиц и глубины) и инфраструктурного статуса акватории (расстояние до города, портовые сооружения, наземные постройки) (Radiarta et al., 2008b, 2011; Silva et al., 2011).

Продукционная категория емкости на уровне аквакультурных хозяйств определяется для той части водоема, где возможно расположение плантаций моллюсков, с учетом концентраций культивируемых организмов. Определение доступного количества трофических ресурсов для моллюсков-фильтраторов или, в конечном итоге, объема воды, достаточного для их роста, невозможно без принятия определенных допущений. Среди известных ограничений для определения этих характеристик наиболее приемлемыми представляются: устойчивость и сбалансированность экосистем бухт и неизменность основной массы органического вещества в водоеме (Холодов и др., 1991; Кучерявенко, 2002). Такие ограничения означают, что для роста культивируемых моллюсков задействуется только органическое вещество, содержащееся в объеме воды, дополнительно поступающем в бухты в течение суток, что вполне оправданно для акваторий с небольшим водообменом (смена 5–10 % общего объема в сутки). В этом случае объем культивируемых организмов (основная антропогенная нагрузка на экосистемы) определяется через органическое вещество, привносимое извне в бухты, где и происходит его дальнейшая трансформация.

Однако если сравнить принятые ограничения и определения категорий емкости среды, то очевидно, что в данном случае оценивается уже не продукционная, а экологическая емкость водоемов, в контексте которой значителен, что поддержание продукции аквакультуры в системе не должно вызывать значительных изменений в экологических процессах, приводящих к смене видов, популяций или сообществ.

Экологическая емкость может быть значительно меньше продукционной, о чем свидетельствуют и модельные оценки. Например, в модели для морских экосистем, рассматривающей масштабное культивирование мидий, потенциальные объемы продукции моллюсков, рассчитанные с учетом экологической емкости, были меньше в пять раз и более (Jiang, Gibbs, 2005).

С учетом принятых допущений, очевидно, что объемы культивируемых моллюсков зависят от условий водообмена бухт – степени «открытости» акватории, которая может быть определена индексом условного водообмена (Хайлов, 1985): $\alpha = \Delta V \cdot V^{-1}$, где ΔV – объем воды, поступающий в водоем за единицу времени и несущий с собой органическое вещество; V – объем всего водоема. В водоемах с близкими значениями индекса относительная площадь установок для каждого вида моллюсков также будет близка по своим величинам.

С иных позиций можно подойти и к определению физической емкости водоемов для культивирования моллюсков. Допустимая площадь для размещения плантаций в бухтах может быть определена через объем водной массы, ежедневно сменяющийся в водоеме, и заданные концентрации моллюсков на установках. Без уточнения местоположения плантаций рассчитывается относительная площадь и суточный объем потребляемых кормовых ресурсов, что важно для определения и сравнения оптимальных объемов культивирования моллюсков в бухтах. Данный показатель (объем сменяемой воды) может быть использован для предварительной оценки и сравнения масштабов хозяйств в бухтах (рис. 1).

Объемы трофических ресурсов для моллюсков на плантациях определяются разными методами: по концентрации фитопланктона, по содержанию взвешенного органического вещества в водоемах или по биохимическим показателям (концентрациям в воде углеводов и белков) (Кучерявенко, 2002; Newell, 2004, 2007; Агатова и др., 2007).

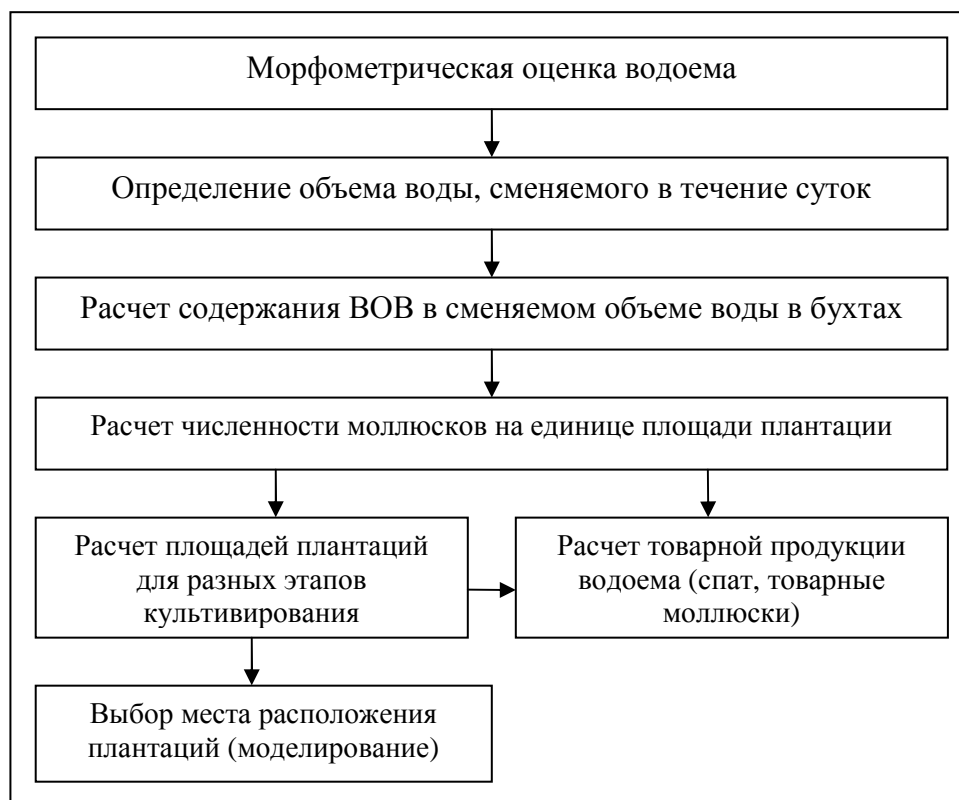


Рис. 1. Схема оценки приемной емкости водоема на уровне аквакультурных ферм

Оценка трофических ресурсов для моллюсков с учетом содержания органического вещества во взвеси представляется наиболее объективной. В данном случае учитываются не только разные размерные группы фитопланктона, но и такие составляющие, как зоо-, бактериопланктон, детрит, которые и представляют собой взвешенное органическое вещество.

Для бухт зал. Петра Великого оценивалась физическая и продукционная (~ экологическая) емкости и соответственно допустимые нагрузки при культивировании моллюсков с учетом ВОВ в сменяемом объеме воды (рис. 1). Численность моллюсков и потребления ВОВ (табл. 13) рассчитывали для стандартных плантаций (Справочник ..., 2002).

Таблица 13. Численность моллюсков и потребление ВОВ на плантациях

| Характеристика | Ми́дия | | Гребешок | | |
|---|--------|----------|----------|--------|----------|
| | Спат | Товарная | Спат | Донный | Садковый |
| Численность моллюсков на плантации, млн экз.·га ⁻¹ | 4,2 | 2,99 | 6,5 | 0,15 | 0,265 |
| Потребление ВОВ на 1 га плантации, кг С·сут ⁻¹ | 13,86 | 30,8 | 6,5 | 7,5 | 13,2 |

Расчеты показывают, что допустимые площади плантаций в бухтах не должны превышать 14 % площади водоемов при садковом выращивании гребешка и товарном культивировании мидии. Донное выращивание гребешка может быть организовано на гораздо большей площади (до 25 % площади бухты) (табл. 14).

Перспективным представляется и биохимический метод оценки трофических ресурсов для культивирования моллюсков (Агатова и др., 2007). Он учитывает биомассу гетеротрофного и микрофитопланктона. В бухтах зал. Посыета трофические ресурсы для марикультуры двустворчатых моллюсков, оцененные биохимическим методом, в 15 раз превышали таковые, полученные с учетом только взвешенного органического вещества (табл. 15).

Таблица 14. Допустимые площади плантаций двустворчатых моллюсков в бухтах зал. Петра Великого

| Бухта | Сменяемый объем воды, 10 ⁶ м ³ ·сут ⁻¹ | Содержание ВОВ, кг С·сут ⁻¹ | Площадь плантаций, га (%) | | | | |
|--------------|---|--|---------------------------|----------|-----------|----------|----------|
| | | | Ми́дия | | Гребешок | | |
| | | | Спат | Товарная | Спат | Донный | Садковый |
| Суходол | 19,3 | 5407 | 390(13) | 175 (6) | 832(29) | 720(25) | 409 (14) |
| Северная | 7,22 | 939 | 68 (5) | 30 (2) | 144 (11) | 125 (9) | 71 (5) |
| Рейд Паллада | 49,4 | 6422 | 463 (7) | 208 (3) | 988 (15) | 856 (13) | 486 (7) |
| Ми́ноносок | 0,62 | 80,6 | 6 (<1) | 2,6 (<1) | 12,4 (1) | 11 (1) | 6 (<1) |
| Новгородская | 18 | 2700 | 194 (6) | 87 (3) | 415 (13) | 360 (12) | 204 (6) |
| Экспедиции | 47,2 | 7080 | 510 (6) | 230 (3) | 1089 (13) | 944 (11) | 536 (6) |

Таблица 15. Характеристики для расчета физической емкости и величины ОВ в бухтах зал. Посыета при культивировании двустворчатых моллюсков

| <i>Характеристика</i> | <i>Величина</i> | <i>Источник данных</i> |
|--|-------------------------|------------------------------------|
| Физическая емкость | | |
| Бухта Рейд Паллада | | |
| Площадь водного зеркала, м ² | 65,6 · 10 ⁶ | Вышкварцев, 1979 |
| Объем воды в бухте, м ³ | 987,9 · 10 ⁶ | |
| Средняя глубина, м | 12 | |
| Ср. амплитуда приливо-отливных колебаний уровня, м | 0,3 | |
| Объем воды, сменяемый приливо-отливными течениями, м ³ ·сут ⁻¹ | 49,4 · 10 ⁶ | |
| Бухта Миноносок | | |
| Площадь водного зеркала, м ² | 9,4 · 10 ⁵ | Кучерявенко, 2002 |
| Объем воды в бухте, м ³ | 6,2 · 10 ⁶ | |
| Средняя глубина, м | 6 | |
| Ср. амплитуда приливо-отливных колебаний уровня, м | 0,3 | |
| Объем воды, сменяемый приливо-отливными течениями, м ³ ·сут ⁻¹ | 0,62 · 10 ⁶ | |
| Водообмен между бухтами Экспедиции, Новгородская и Рейд Паллада, Миноносок, м ³ ·сут ⁻¹ | 117 · 10 ⁶ | Гаврилова, Кучерявенко, 2011 |
| Биохимические показатели | | |
| Средние концентрации в бухтах Рейд Паллада и Миноносок: | | Agatova et al., 1986 |
| Углерод ВОВ, мг/л | 0,28 | |
| Белок ВОВ, мг/л | 0,2 | |
| Углеводы ВОВ, мг/л | 0,11 | |
| Белок РОВ, мг/л | 0,74 | |
| Углеводы РОВ, мг/л | 1,75 | |
| Содержание ВОВ в сменяемом объеме воды в бухтах Рейд Паллада и Миноносок, при среднем Св = 0,13 мг/л, кг С ВОВ, кг | 15210 30420 | Кучерявенко, 2002 |
| Содержание ВОВ в сменяемом объеме воды в бухтах Рейд Паллада и Миноносок, при средн. Св = 0,28 мг/л, кг С | 32760 | Agatova et al., 1986 |
| Содержание ОВ в сменяемом объеме воды в бухтах Рейд Паллада и Миноносок, кг, В т.ч. ВОВ | 65520 | Гаврилова, Кучерявенко, 2011 |
| Фитопланктон | 718380 | |
| Бактериопланктон | 219960 | |
| Общее количество ОВ кормовой базы моллюсков, кг | 1003860 | |
| Общее количество органического углерода, кг С | 501930 | |

Известно, что при питании в условиях повышенной плотности, двустворки могут переключаться с предпочитаемых видов фитопланктона и размеров пищевых частиц на иные виды пищевых ресурсов, прежде всего виды фитопланктона с меньшими размерами клеток (Cranford et al., 2007; Newell, 2007; Grant et al., 2008). Это означает, что обеспеченность пищей

моллюсков на плантациях в бухтах залива достаточно высокая и продукционная емкость, определенная только с учетом трофических ресурсов и концентрации моллюсков, будет значительно превышать экологическую. Как показывают дальнейшие оценки, основные ограничения при культивировании моллюсков связаны со способностью бухт к самоочищению. Лимитировать объемы культивирования будут плотность моллюсков, доступность кормовых ресурсов и накопление биоотложений в бухтах, иными словами, регуляторные возможности бухт, способность их к самоочищению, т.е. экологическая емкость.

Объемы биоотложений в бухтах с плантациями моллюсков весьма значительны: с 1 га плантаций мидий поступает до 0,46 т натурально-влажного вещества биоотложений в сутки. Непосредственно под плантациями моллюсков аккумулируется от 23 до 38 % вещества биоотложений, а 62–77 % распределяется на окружающей акватории. Под установками с культивируемыми моллюсками толщина осадка достигает 13 мм в год. В зал. Петра Великого темпы естественного накопления осадков варьируют в пределах 0–3 мм в год (Состояние морских экосистем ..., 2005). И только в придонном слое эстуариев залива скорости седиментации соизмеримы с таковыми в районах плантационного выращивания моллюсков – 2–11 мм в год (Дударев, 1997).

Оценка потенциальной продукции двустворчатых моллюсков аквакультурной зоны зал. Петра Великого проводилась с учетом биологических и социальных аспектов, т.е. продукционной и социальной емкости, так как акватория залива имеет многофункциональное назначение, значительная его часть используется в хозяйственных и рекреационных целях (рис. 2).

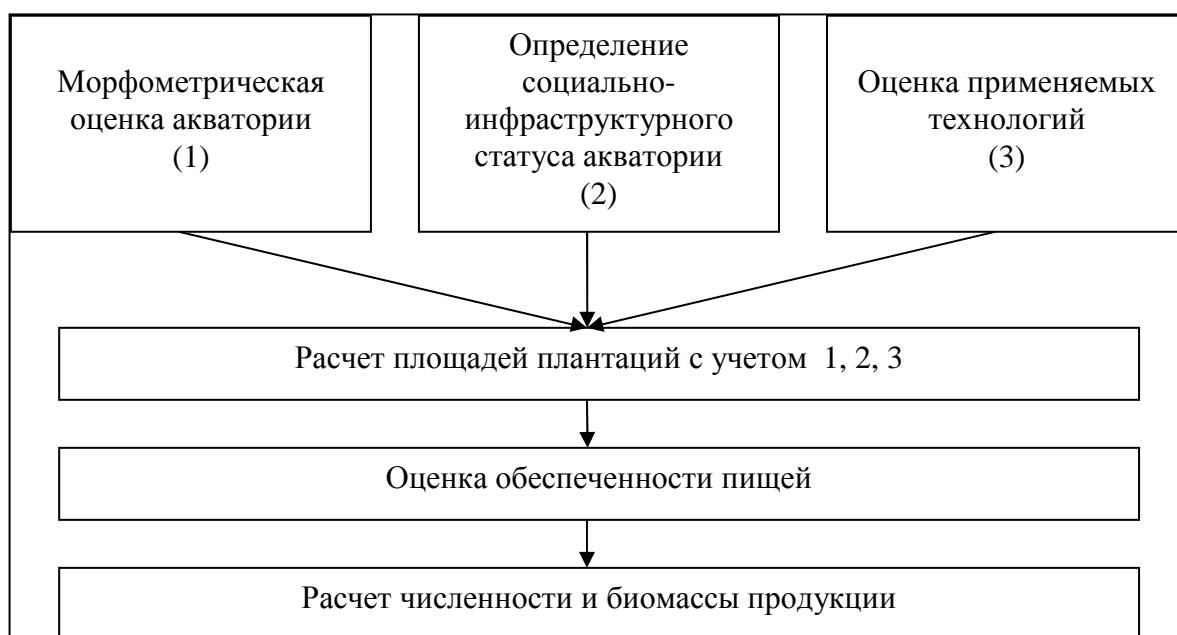


Рис. 2. Схема оценки приемной емкости аквакультурной зоны зал. Петра Великого для культивирования двустворчатых моллюсков

В современных условиях ежегодно товарная продукция гребешка может быть получена на донных плантациях площадью $\sim 160 \text{ км}^2$ и садковых установках – от 20 до 60 км^2 , а ее объемы составят до 100 тыс. т.

При таких объемах культивирования сохраняется обеспеченность моллюсков пищей, суточное потребление составит 70–75 т органического углерода (7 % запаса ВОВ в объеме воды в районах с плантациями моллюсков). Можно предполагать, что такая дополнительная нагрузка на экосистему залива (изъятие из системы органического вещества) не окажется критической, так как теоретически только за счет приливо-отливных течений в районах с плантациями обновляется около 4 % объема воды в сутки.

Для определения оптимальной численности природных поселений и возможных объемов культивирования дальневосточного трепанга анализировались распределение, структура его популяции и формирование трофических ресурсов для этого вида в заливе. Кроме того, принималось во внимание существующее мнение о том, что распределение потребителей детрита (в данном случае трепанга) реально отражает распределение потоков органического вещества соответствующего качества в прибрежной зоне, а максимальная численность популяции – величину таких потоков (Бек, 1990; Бурковский, 2006). Для расчетов были приняты следующие допущения: 1) физическая емкость залива для трепанга соответствует площадям фаций, в которых он распределен; 2) известная максимальная численность и соответствующие ей плотности распределения являются верхним пределом емкости таких фаций для трепанга; 3) при концентрациях трепанга в поселениях, не превышающих $1 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-2}$, его трофические потребности удовлетворяются за счет естественного седиментационного процесса в заливе.

С учетом принятых ограничений оценена возможная промысловая численность трепанга в природных поселениях зал. Петра Великого, которая может быть от 60 до 98 млн экз. ($\sim 9\text{--}15$ тыс. т промысловой биомассы). При высокой численности популяции и коэффициентах изъятия, не превышающих консервативную охранную меру (Woodby et al., 1993), добыча трепанга возможна в количестве 500–960 т в год.

Дальнейший рост численности популяции залива регулируется несколькими факторами, в том числе и физической емкостью. Увеличение значений средних концентраций трепанга в поселениях до $1 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-2}$ возможно при мелиорации части донных ландшафтов. При достижении такой плотности распределения на участке в 1 га за год трепангом будет перерабатываться до 120 т детрита. При этом утилизируется до 6 т органического углерода. Оценки показывают, что при существующих скоростях осадконакопления в заливе пищевые потребности трепанга будут удовлетворяться в случае повторного перераспределения органического вещества за счет гидродинамических процессов, т.е. вследствие повторного использования одного и того же минерального субстрата после его реколонизации микроорганизмами.

На донных плантациях, где концентрации трепанга увеличиваются в 2–3 раза, необходимы дополнительные источники корма, например поступление биоотложений с плантаций двустворчатых моллюсков. Расчеты показали, что при выращивании 1 млн экз. товарного трепанга (биомасса 100–150 т) утилизируется органическое вещество биоотложений с плантации моллюсков площадью ~ 4 га. При этом для расселения молоди трепанга на дне необходимо около 18 га, в том случае если его полезная площадь превосходит проективную примерно в 2 раза.

При выращивании генерации молоди трепанга начальной численностью 1 млн экз. на детрите, поступающем с 1 га плантации моллюсков, пищевые потребности 3–4 летних особей будут удовлетворяться только при многократном использовании минерального субстрата, пищевая ценность которого должна восстановиться в течение месяца, т.е. за это время должна произойти реколонизация минерального субстрата микроорганизмами.

Товарную продукцию трепанга в объеме до 1000 т (что сопоставимо с ОДУ из природных поселений в период высокой численности популяции) можно получать при выращивании ~ 40 млн экз. молоди трепанга в год, произведенной на заводах или собранной на коллекторных установках (~ 800 га при современном уровне естественного воспроизводства вида в заливе). Оба вида производства подвержены значительным рискам. Следовательно, более предпочтительно применение разных техник разведения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современных условиях в зал. Петра Великого формируется комплекс хозяйств аквакультуры, использующих общие ресурсы этого водоема, что позволяет отнести его к категории аквакультурной зоны (Soto et al., 2008). В прибрежных районах созданы марихозяйства с плантационным культивированием беспозвоночных и предприятия, выращивающие в искусственных условиях молодь лососевых рыб и трепанга. Планируется дальнейшее увеличение числа заводов для получения молоди беспозвоночных, один из которых в ближайшее время разместится в центральной части залива (о. Попова).

При планировании устойчивого развития аквакультурных зон и обосновании работ по марикультуре должны оцениваться допустимые объемы культивирования и существующие риски как для такого рода хозяйственной деятельности, так и для экосистемы, где она будет осуществляться (Reantaso et al., 2006).

Расчетами, выполненными в работе, оценена приемная емкость и ее категории для мелководных (до 20 м) районов залива на современном этапе технико-экономического развития региона. Оценивалась емкость всего водоема и нескольких бухт для конкретных видов беспозвоночных, разведение которых существует в настоящее время. Однако полученные данные о потреблении органического вещества моллюсками и трепангом на

плантациях могут быть использованы при создании разноплановых хозяйств марикультуры в большинстве бухт залива. По мере накопления новых данных возможно расширение видового состава культивируемых беспозвоночных, и тогда принятые схемы расчетов и информация о допустимых объемах изъятия органического вещества из экосистем бухт будут востребованы для оценки оптимальных нагрузок на акватории, где планируется создание хозяйств, в том числе и поликультурных.

Наиболее масштабное увеличение приемной емкости залива связано с развитием глубоководных технологий. Современные данные недостаточны для реальной оценки площадей плантации над глубинами до 50 м и более. Но если их величина составит только 10–15 % общей площади в диапазоне глубин 20–50 м, она будет сопоставима с физической емкостью мелководной зоны. Сложность создания таких технологий в современных условиях состоит не только в технических решениях для размещения установок на больших глубинах, но и в недостаточности гидрологической и гидробиологической информации.

Имеющиеся данные об экологических условиях залива позволили оценить условия культивирования, набор видов для разведения и, как результат, современную физическую емкость залива. Вместе с тем в регионе не развито моделирование процессов как для выбора оптимальных мест расположения марикультурных участков, так и для предсказания воздействий марикультуры на функционирование экосистем и оценки существующих рисков.

Процесс анализа рисков представляет собой методологию оценки реальной ситуации и принятия решения по какому-либо направлению хозяйственной деятельности. По сути это план действий, позволяющий последовательно ответить на следующие вопросы:

- что может не получиться;
- какова вероятность неудачи;
- каковы последствия возможных неудач;
- что можно сделать для того, чтобы уменьшить и вероятность, и последствия неудач.

В процессе анализа выделяется 4 главных этапа: выявление опасных и вредных факторов; оценка степени рисков; учет и управление факторами риска; оповещение о потенциальной опасности какой-либо деятельности для окружающей среды (Reantaso et al., 2006).

При разработке программных документов развития марикультуры в Приморье уже делались попытки выявить существующие риски для этого направления рыбохозяйственной деятельности. В частности, возможные риски для хозяйств марикультуры были объединены в следующие группы: климатические, биологические, экологические, экономические (Концепция..., 2002). Выполнено только качественное описание этих групп, необходимое на первом этапе процесса анализа рисков. Дальнейшие количественные оценки возможны, по-видимому, при рассмотрении конкретных хозяйств, условий их становления и развития.

Анализ рисков необходим и для экосистем, в рамках которых осуществляется марикультурная деятельность. Каковы могут быть в современных условиях опасные факторы при создании плантаций беспозвоночных в бухтах зал. Петра Великого? В заливе существует плантационное (подвесное и донное) выращивание двустворчатых моллюсков, заводское, коллекторное получение молоди и плантационное выращивание дальневосточного трепанга, а также заводское получение молоди лососевых рыб. Мы определили уже существующие наиболее значимые факторы риска, связанные только с этими видами деятельности, и рассмотрели возможность проведения оценки рисков в современных условиях (табл. 16).

Таблица 16. Факторы риска для экосистем бухт зал. Петра Великого при создании марикультурных хозяйств

| <i>Факторы риска</i> | <i>Оценка рисков</i> | | |
|---|----------------------|--------------------|---------------------|
| | Уровень риска | Возможность оценки | Существующие оценки |
| Заиление и органическое загрязнение в районах подвесных плантаций: – закрытые, полузакрытые бухты – открытые бухты, побережье | V* H | + + | – – |
| Появление риска развития эпизоотии из-за скученности и высоких плотностей посадки при выращивании беспозвоночных | V | – | – |
| Перенос возбудителей эпизоотий значимых заболеваний с культивируемыми видами из закрытых в природные системы | V | – | – |
| Появление в популяциях особей с ослабленным иммунитетом в результате скрещивания их с животными, полученными в заводских условиях | V | – | – |

* V – высокий; H – низкий.

Перечисленные в табл. 16 факторы риска, которые могут влиять на дальнейшее существование популяций нескольких видов и соответственно на экосистему, в настоящее время не оцениваются. Возможность оценки влияния заиления и органического загрязнения на донные биоценозы залива существует, так как может быть оценено качество морских вод по нескольким, в том числе микробиологическим, показателям в соответствии с правилами и нормами охраны прибрежных вод морей от загрязнения (Перечень рыбохозяйственных нормативов ..., 1999). Для оценки риска развития эпизоотий за счет заводского и плантационного разведения в настоящее время не существует даже методических разработок,

адаптированных к местным условиям. В целом, уровень риска, которому подвергается экосистема зал. Петра Великого с началом разведения беспозвоночных и рыб в промышленных масштабах, не поддается какому-нибудь конкретному определению. Соответственно для дальнейшего развития промышленной аквакультуры необходимы работы, связанные с оценкой ее влияния на экосистему зал. Петра Великого.

В настоящее время существует несколько социально-экономических предпосылок для развития промышленной аквакультуры в зал. Петра Великого. При наличии богатой сырьевой базы рыболовства Дальнего Востока объекты аквакультуры востребованы на внутреннем и международном рынке, так как культивируют и планируют дальнейшее увеличение объемов разведения самых высокоценных гидробионтов, имеющих низкую численность в природных популяциях. Создание марикультурных предприятий – это вклад в развитие малого предпринимательства, позволяющий получить новые рабочие места в рыбохозяйственной отрасли. В некоторых районах Приморского края хозяйства марикультуры – одни из немногих предприятий, предоставляющие работу.

Среди субъектов Дальнего Востока Приморье имеет более развитую инфраструктуру, более выгодное географическое положение, лучше обеспечено трудовыми ресурсами, что делает в итоге выше его экономический потенциал. Такие преимущества легли в основу заключения о необходимости создания на территории края интегрированной структуры рыбопромышленных предприятий (Ворожбит, 2008).

Выполненная оценка допустимых объемов продукции аквакультуры в заливе имеет большую значимость для определения экономической целесообразности этой сферы деятельности. Результаты исследований могут быть востребованы для разработки программ комплексного управления прибрежной зоной залива.

В марикультуре беспозвоночных зал. Петра Великого к настоящему моменту решены многие аутоэкологические задачи. Для масштабного, промышленного развития аквакультуры и решения задач комплексного управления прибрежной зоной необходимы дальнейшие исследования с целью оценки потоков энергии и трансформации органического вещества как в системе плантаций марикультуры, так и через экосистему залива в целом.

ВЫВОДЫ

1. Ресурсы промысловых видов беспозвоночных зал. Петра Великого недостаточны для ведения масштабного устойчивого промысла. Их суммарный вылов может достигать 10–11 тыс. т в год при условии восстановления высокой численности традиционных в прошлом промысловых видов: трепанга, приморского гребешка и др. Получение

дополнительных объемов коммерчески ценных видов должно связываться с искусственным разведением.

2. Приемная емкость аквакультурной зоны зал. Петра Великого позволяет обеспечить широкомасштабное товарное производство моллюсков и трепанга: в современных условиях физическая емкость залива (общая площадь для создания донных и подвесных плантаций) оценена ~ 600 км² (37 % площади акватории на глубинах до 20 м, 6 % всей площади залива). Потенциальное увеличение физической емкости для культивирования моллюсков и трепанга связано с разработкой мелиоративных мероприятий и развитием глубоководных технологий.

3. В зал. Петра Великого наибольший успех достигается при культивировании низкобореальных видов гидробионтов. Для субтропических и субтропическо-низкобореальных видов физическая емкость залива меньше. Из-за продолжительного периода низких температур их биотический потенциал (скорость роста) реализуется только на 35–65 %.

4. На современном уровне развития аквакультуры в регионе товарная продукция двустворчатых моллюсков может составлять ~ 100 тыс. т в год. При этом сохраняется обеспеченность моллюсков пищей и уровень антропогенной нагрузки на экосистему залива (дополнительно изымаемый объем органического вещества) соответствует его экологической емкости.

5. Оптимальная численность и биомасса трепанга в заливе определены с учетом площадей населенных им фаций. Общий допустимый улов в условиях максимальной численности популяции зал. Петра Великого составляет 500–960 т.

6. Получение дополнительной товарной продукции трепанга возможно за счет заводского разведения молоди и ее коллекторного сбора. Объемы производства молоди зависят от уровня развития и применения разных техник разведения. Для ежегодного получения ~ 1000 т товарной продукции трепанга необходимо получение до 40 млн экз. молоди на заводах или создание коллекторных установок на площади ~ 800 га (при современном уровне естественного воспроизводства). Поскольку оба вида производства подвержены значительным рискам, предпочтительно применение разных техник разведения.

7. Плантации гидробионтов существенно влияют на изменение потоков ВОВ в прибрежных районах. На 1 га плантаций двустворчатых моллюсков в толще воды за сутки потребляется от 6 до 30 кг органического углерода (до 14 % содержания ВОВ в приходно-расходной части водного баланса бухт). В то же время возрастает поступление ВОВ в бентосные сообщества: толщина осадка под плантациями может достигать 13 мм в год, что сопоставимо со скоростями седиментации в придонном слое эстуариев залива.

8. На донных плантациях трепанга увеличиваются объемы трансформации поступающего взвешенного органического вещества, в том числе и органического вещества биоотложений культивируемых моллюсков. При получении 100–150 т товарного трепанга утилизируется органическое вещество, поступающее приблизительно с 4 га плантации мидии.

Список основных публикаций по теме диссертации

Монографии:

1. **Гаврилова Г.С., Кучерявенко А.В.** Продуктивность плантаций двустворчатых моллюсков в Приморье. – Владивосток : ТИНРО-Центр, 2011. – 112 с.

Статьи, опубликованные в журналах из списка ВАК:

2. **Гаврилова Г.С., Мокрецова Н.Д.** Влияние солености на развитие личинок и молоди трепанга // **Океанология**. 1983. Т. 23, № 5. С. 873–875.

3. **Гаврилова Г.С.** Температурный диапазон жизнедеятельности дальневосточного трепанга *Stichopus japonicus* в заливе Петра Великого (Японское море) // **Океанология**. 1995. Т. 35, № 3. С. 423–425.

4. **Гаврилова Г.С., Жембровский С.Ю.** Современное распределение мидии гигантской *Crenomytilus grayanus* (Dunker) в заливе Петра Великого // **Изв. ТИНРО**. 2000. Т. 127. С. 342–350.

5. **Гаврилова Г.С., Сухин И.Ю.** Сезонные особенности распределения серых и черных морских ежей в восточных районах залива Петра Великого // **Изв. ТИНРО**. 2000. Т. 127. С. 351–360.

6. Калинина М.В., Гусарова И.С., **Гаврилова Г.С.,** Викторовская Г.И. Влияние экологических факторов на размножение морских ежей в различных биотопах залива Петра Великого // **Изв. ТИНРО**. 2000. Т. 127. С. 490–512.

7. **Гаврилова Г.С., Сухин И.Ю.** Пространственная структура популяции черного ежа *Strongylocentrotus nudus* в заливе Петра Великого (Японское море) // **Вопросы рыболовства**. 2000. № 1. С. 92–94.

8. **Гаврилова Г.С.** Современное распределение морских ежей рода *Strongylocentrotus* в заливе Петра Великого (Японское море) // **Изв. ТИНРО**. 2002. Т. 131. С. 201–207.

9. **Гаврилова Г.С.** Размерная структура популяции мидии гигантской (*Crenomytilus grayanus* Dunker) в зал. Петра Великого (Японское море) // **Изв. ТИНРО**. 2002. Т. 131. С. 300–307.

10. Дударев О.В., Боцул А.И., Чаркин А.Н., Бирюлина М.Г., **Гаврилова Г.С.** Современная геоэкологическая обстановка зал. Петра Великого (Японское море) // **Изв. ТИНРО**. 2002. Т. 131. С. 132–140.

11. **Гаврилова Г.С.** Марикультура беспозвоночных на Дальнем Востоке: этапы, итоги, задачи // **Изв. ТИНРО**. 2005. Т. 141. С. 103–120.

12. **Гаврилова Г.С., Кучерявенко А.В., Ляшенко С.А.** Современное состояние культивирования гребешка *Mizuhopecten yessoensis* в Приморье // **Изв. ТИНРО**. 2005. Т. 140. С. 376–382.

13. **Гаврилова Г.С., Кучерявенко А.В., Одинцов А.М.** Результаты и перспективы культивирования приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis*

в заливе Владимира (Японское море) // **Изв. ТИНРО**. 2006. Т. 147. С. 385–396.

14. Кучерявенко А.В., Гаврилова Г.С., Ляшенко С.А. и др. Перспективы культивирования приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* в заливе Анива (Охотское море) // **Изв. ТИНРО**. 2006. Т. 147. С. 374–384.

15. Гаврилова Г.С., Захарова Е.А., Шатковская О.В. Выживаемость заводских сеголеток дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в бухте Северной (залив Петра Великого) // **Изв. ТИНРО**. 2010. Т. 162. С. 355–361.

16. Гаврилова Г.С., Кучерявенко А.В. Товарное выращивание дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в заливе Петра Великого: методические особенности, результаты работы хозяйства марикультуры в бухте Суходол // **Изв. ТИНРО**. 2010. Т. 162. С. 342–354.

17. Гаврилова Г.С., Кучерявенко А.В., Гостюхина О.Б., Ляшенко С.А. Перспективы культивирования анадары Броутона в заливе Петра Великого (Японское море) экстенсивным методом // **Вопросы рыболовства**. 2011. Т. 12, № 3(47). С. 66–73.

18. Гаврилова Г.С., Сухин И.Ю. Характеристика скоплений трепанга *Apostichopus japonicus* в Японском море (бухта Киевка) // **Океанология**. 2011. Т. 51, № 3. С. 477–484.

19. Gavrilova G.S., Kucheryavenko A.V. Commercial Rearing of the Sea Cucumber *Apostichopus japonicus* in the Peter the Great Bay: Methodical Peculiarities and Result of the Work of a Mariculture Farm in Sukhodol Bight // **Russian Journal of Marine Biology**. 2010. Vol. 36, № 7. P. 539–547.

20. Gavrilova G.S., Sukhin I.Yu. Characteristics of the Japanese Sea Cucumber *Apostichopus japonicus*'s population in the Sea of Japan (Kievka Bay) // **Oceanology**. 2011. Vol. 51, № 3. P. 448–455.

Авторские свидетельства и патенты:

21. Мокрецова Н.Д., Шульгина Л.В., Гаврилова Г.С. Способ приготовления корма для молоди трепанга : Автор. свидетельство № 1083990. Россия. 1982. Бюл. № 13.

22. Мокрецова Н.Д., Шульгина Л.В., Зимина Л.С., Гаврилова Г.С., Власенко С.Ф. Способ приготовления корма для молоди трепанга : Автор. свидетельство № 1296075. Россия. 1985. Бюл. № 10.

23. Гаврилова Г.С., Курганский Г.Н., Бочаров Л.Н., Акулин В.Н. Способ заводского культивирования молоди трепанга и установка для его осуществления : Патент РФ № 2284105. Россия. 2004. Бюл. № 27.

Список статей в других изданиях:

24. Гаврилова Г.С. Трофические потребности молоди трепанга // Марикультура на Дальнем Востоке. Владивосток : ТИНРО, 1985. С. 52–55.

25. **Гаврилова Г.С.** Интенсивность обмена дальневосточного трепанга в условиях культивирования // Марикультура на Дальнем Востоке. Владивосток : ТИНРО, 1986. С. 94–98.

26. Мокрецова Н.Д., **Гаврилова Г.С.** Исследование влияния продуктов метаболизма на дальневосточного трепанга в процессе его культивирования // Марикультура на Дальнем Востоке. Владивосток : ТИНРО, 1986. С. 111–116.

27. **Гаврилова Г.С.** Усвояемость пищи дальневосточным трепангом // Рыбное хозяйство. 1994. № 1. С. 39–41.

28. Справочник по культивированию беспозвоночных в южном Приморье / составители: А.В. Кучерявенко, **Г.С. Гаврилова**, М.Г. Бирюлина. Владивосток : ТИНРО-Центр, 2002. 83 с.

29. Временная инструкция по биотехнологии заводского способа получения и выращивания молоди дальневосточного трепанга / составители: **Г.С. Гаврилова**, Г.Н. Курганский. Владивосток : ТИНРО-Центр, 2003. 49 с.

30. **Гаврилова Г.С.**, Гостюхина О.Б., Захарова Е.А. Заводское культивирование дальневосточного трепанга в Приморье: первый опыт // Рыбное хозяйство. 2005. № 3. С. 47–49.

31. **Гаврилова Г.С.**, Сухин И.Ю., Захарова Е.А., Гостюхина О.Б. Методические рекомендации и уточненные бионормативные данные биотехнологии заводского способа получения молоди дальневосточного трепанга для открытых районов побережья Приморья на примере бухты Киевка. Владивосток : ТИНРО-Центр, 2010. 17 с.

32. Yurieva M., Pavlyuchkov V., **Gavrilova G.** et al. Echinoderm investigation in the Russian Far East // Echinoderm Research. 2001 / Feral & David (eds). 2003. P. 325–329.

Материалы конференций и симпозиумов:

33. **Гаврилова Г.С.** Экспериментальные исследования трофических потребностей молоди трепанга // Материалы III Всесоюзной конференции «Проблемы рационального использования промысловых беспозвоночных». Калининград, 1982. С. 52–55.

34. **Гаврилова Г.С.** Влияние факторов среды на рост и выживаемость молоди трепанга в условиях культивирования // Материалы IV Всесоюзного совещания по научно-техническим проблемам марикультуры. Владивосток, 1983. С. 149–150.

35. Мокрецова Н.Д., **Гаврилова Г.С.** Некоторые пути повышения биопродуктивности донных участков залива Петра Великого // Материалы Всесоюзного совещания «Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северных морей». Владивосток, 1985. С. 96

36. **Гаврилова Г.С.**, Мокрецова Н.Д. Восстановление скоплений промысловых беспозвоночных методами марикультуры // Материалы Всесоюзной конференции «Рациональное использование биоресурсов Тихого океана». Владивосток, 1991. С. 203–204.

37. **Гаврилова Г.С.** Абиотические факторы среды при подращивании молоди трепанга в условиях заводского культивирования // *Материалы Всероссийского совещания «Состояние и перспективы научно-практических разработок в области марикультуры»*. Ростов н/Д, 1996. С. 71–75.

38. **Гаврилова Г.С.** Некоторые направления исследований в области марикультуры беспозвоночных в Приморье // *Материалы Международной научно-практической конференции «Прибрежное рыболовство – 21 век»*. Южно-Сахалинск, 2002. С. 296–300

39. **Гаврилова Г.С.,** Бирюлина М.Г. Взаимодействие искусственных поселений беспозвоночных с окружающей средой на примере бухт южного Приморья // *Материалы Международной конференции «Рациональное природопользование и управление морскими биоресурсами: экосистемный подход»*. Владивосток, 2003. С. 103–104.

40. Бирюлина М.Г., **Гаврилова Г.С.** Влияние стока рек на экосистемы бухт (на примере бухты Киевка, Японское море) // *Материалы Международной конференции «Рациональное природопользование и управление морскими биоресурсами: экосистемный подход»*. Владивосток, 2003. С. 90–91.

41. **Гаврилова Г.С.** Состояние и перспективы культивирования морских беспозвоночных в Приморье // *Материалы Международной научной конференции «Инновации в науке и образовании – 2004»*. Калининград, 2004. С. 38–39.

42. **Гаврилова Г.С.,** Курганский Г.Н. Заводское культивирование трепанга в промышленных масштабах: способ и устройство для его реализации // *Материалы Международной научной конференции «Инновации в науке и образовании – 2004»*. Калининград, 2004. С. 39–40.

43. Бирюлина М.Г., **Гаврилова Г.С.** Некоторые аспекты воспроизводства и марикультуры камчатского краба в заливе Петра Великого // *Материалы Международной конференции «Современное состояние популяции крабов Баренцева моря и их взаимодействие с донными биоценозами»*. Мурманск, 2006. С. 10–13.

44. **Гаврилова Г.С.,** Кучерявенко А.В., Косых М.М. Возможные пути восстановления скоплений дальневосточного трепанга в заливе Петра Великого // *Материалы научной конференции, посвященной 70-летию С.М. Коновалова «Современное состояние водных биоресурсов»*. Владивосток, 2008. С. 717–720.

45. **Гаврилова Г.С.** Восстановление скоплений промысловых беспозвоночных методами марикультуры // *Материалы Международной научно-практической конференции «Уссурийский залив: современное экологическое состояние, ресурсы и перспективы природопользования»*, посвященной 10-летию Международной кафедры ЮНЕСКО «Морская экология» ДВГУ. Владивосток, 2008. С. 58–60.

46. **Гаврилова Г.С.** К вопросу о продуктивности плантаций двустворчатых моллюсков в Приморье // *Материалы научно-практической конференции в рамках международной выставки «Интерфиш–2009» «Рыбное*

хозяйство, его роль в современной экономике, факторы роста, риски, проблемы и перспективы развития». М., 2009. С. 39–40.

47. **Гаврилова Г.С.** Современная продуктивность плантаций марикультуры беспозвоночных залива Петра Великого // Материалы 4-й международной конференции «Морские прибрежные экосистемы». Южно-Сахалинск, 2011. С. 172–173.

48. **Gavrilova G.S.** Some population characteristics of commercial species of Echinoderms in Peter the Great Bay // 9th International Echinoderms conference. San Francisco, USA, 1996. P. 36.

49. **Gavrilova G.S.** Current status of research and problem of invertebrate mariculture in the Russian Far East // 14 PICES Annual Meeting. Vladivostok, Russia, 2005. P. 68

50. **Gavrilova G.S.** Shellfish mariculture in the Russian Far East // 15 PICES Annual Meeting. Yokohama, Japan, 2006. P. 92.

51. **Gavrilova G.S.** Application of the some mariculture methods in *Apostichopus japonicus* population restoration // 17 PICES Annual Meeting. Dalian, China, 2008. P. 62.

52. **Gavrilova S.G.** Some ecological aspects of invertebrate mariculture in semi-closed bights // 18 PICES Annual Meeting. Jeju, Republic of Korea, 2009. P. 262

53. **Gavrilova G.S.** Capture fisheries and mariculture of the marine invertebrates in Peter the Great Bay (Japan Sea) // 19 PICES Annual Meeting. Portland, USA, 2010. P. 75.

ГАВРИЛОВА Галина Сергеевна

**ПРИЕМНАЯ ЕМКОСТЬ АКВАКУЛЬТУРНОЙ ЗОНЫ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО
(ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

Автореферат диссертации

Подписано в печать 16.07.2012 г. Формат 60x84/16. 2 уч.-изд. л.

Тираж 100 экз. Заказ № 11.

Отпечатано в типографии издательского центра ФГУП «ТИНРО-Центр»

г. Владивосток, ул. Западная, 10.