

На правах рукописи
УДК 639.5:639.51.03/06

Ковачева Николаина Петкова

1906
Искусственное воспроизводство и культивирование морских и пресноводных ракообразных отряда Decapoda

Специальность 03.00.18 – гидробиология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Москва - 2006

Работа выполнена в лаборатории воспроизводства ракообразных Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) и Институте пресноводного рыбоводства Болгарии

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Симаков Юрий Георгиевич,
Московский государственный университет
технологии и управления (МГУТУ),
г. Москва

доктор биологических наук,
Буяновский Алексей Ильич, Всероссийский
научно-исследовательский институт рыбного
хозяйства и океанографии (ВНИРО), г.
Москва

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор **Скляр Валентин Яковлевич**,
Краснодарский научно-исследовательский
институт пресноводного рыбного хозяйства
(КрасНИРХ), г. Краснодар

Ведущая организация: Российский Государственный Аграрный
Университет – МСХА им. К.А. Тимирязева,
г. Москва

Защита состоится 15 декабря 2006 г. в 11 часов на заседании
диссертационного совета Д 307.004.01 при Всероссийском научно-
исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)
по адресу: 107140, Москва, ул. Верхняя Красносельская, д.17.
Факс (095) 264-91-87, электронный адрес sedova@vniro.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВНИРО.

Автореферат разослан « 09 » ноября 2006 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук



М.А.Седова

Общая характеристика работы.

Актуальность проблемы. В последние десятилетия становится все более очевидной невозможность обеспечить потребности человечества в рыбопродуктах исключительно за счет рыболовства. На современном этапе в ряде стран (Китай, Чили и другие) продукция аквакультуры по объемам сопоставима с добычей рыб и ракообразных из природной среды. Мировая аквакультура является наиболее динамично развивающимся направлением производства пищевой продукции. Ежегодный прирост объемов производства аквакультуры составляет более 10% в год, в России в последние несколько лет – около 7%. Мировое производство аквакультуры в 2004 г. составило 59,6 млн т или 38,1% всего производства гидробионтов. На долю марикультуры приходится около 17,5% по объему и около 52% по стоимости. Аквакультура ракообразных в течение долгих лет развивается в странах с тропическим и субтропическим климатом, а в умеренных широтах промышленное культивирование гидробионтов занимает скромное место (Владовская и др., 1989; Ackefors, 2000; New, Valenti, 2000; Holdich, 2002; Федорова, 2006). Наиболее популярными объектами культивирования являются креветки и раки. Так, например, в 2003 г. в мире было выращено 688,3 тыс. т пресноводных ракообразных, в том числе 180,2 тыс. т гигантской пресноводной креветки, 100,0 тыс. т восточной пресноводной креветки и 33,4 тыс. т красного болотного рака (Dickson, 2006, Федорова, 2006). Актуальность развития аквакультуры ракообразных в восточной и центральной Европе и в частности в России и Болгарии определяется необходимостью научного обеспечения создания условий для ускоренного социально-экономического развития рыбного хозяйства и экономики в целом и, в особенности в приморских федеральных округах России: Дальневосточном, Южном и Северо-Западном. В последние годы на рыбном рынке России спрос на продукцию марикультуры, судя по возросшему на два порядка за последние 5 лет импорту ракообразных и моллюсков, не

удовлетворяется отечественным рыболовством. Это связано с четкой тенденцией все большего потребления населением наиболее питательной и ценной для здоровья рыбной продукции. Мясо ракообразных относится именно к таким высоко востребованным сегодня продуктам питания. Кроме того, для производства хитина и хитозана в медицинских и технических целях высока потребность в панцирях ракообразных. Развитие хозяйств аквакультуры по производству высокоценной продукции будет способствовать созданию десятков тысяч дополнительных рабочих мест и тем самым формированию благоприятных условий для жизни населения всех регионов России.

Депрессивное состояние запасов многих ракообразных в водоемах России и Болгарии требует принятия срочных мер по их восстановлению методами аквакультуры.

Успех акклиматизации камчатского краба в Баренцевом море показывает, принципиальную возможность формирования высокочисленных природных популяций искусственными методами (Орлов, 1963, 1995, 1998, Камчатский краб..., 2001). Работы по увеличению численности природных популяций за счет выпуска в море личинок и молоди требуют дальнейшего развития и научно-методического обеспечения. Рыбохозяйственный фонд водоемов России и Болгарии определяет значительный потенциал развития астацикультуры. Прибрежная зона морей России включает участки, пригодные для искусственного воспроизводства и выращивания морских беспозвоночных: побережья Баренцева моря, Камчатки, Курильских островов, Сахалина, Приморья, Черного, Азовского и Каспийского морей, в общей сложности около 0,4 млн км². Рыбохозяйственные пресноводные водоемы России с 1 января 2007 г. являются федеральной собственностью и включают 22,5 млн га озер, 4,3 млн га водохранилищ, 0,96 млн га сельскохозяйственных водоемов комплексного назначения, 142,9 тыс. га прудов и 523 тыс. км рек. Изложенное определяет актуальность разработки биотехники искусственного воспроизводства и культивирования морских и пресноводных ракообразных отряда Decapoda.

В России выделяются следующие четыре предпосылки развития аквакультуры ракообразных.

1. Депрессивное состояние природных популяций многочисленных морских видов, являющихся основой крупномасштабного промысла (в первую очередь камчатского краба), требует разработки научно обоснованных методов разведения с целью восстановления их численности и биопродуктивности.

2. Сокращение запасов длиннопалого рака на огромных пространствах Евразии требует восстановления его численности методами аквакультуры в целях развития местного промысла, товарного культивирования, а также любительского лова.

3. Неиспользование энергии теплых сбросных вод ГРЭС, ТЭЦ и т.д. требует интенсификации товарного выращивания гидробионтов в водоемах-охладителях. Продукция в таких водоемах не может быть обильна из-за ограниченности площадей, поэтому их целесообразно использовать для выращивания особо ценных объектов.

4. Огромный не полностью удовлетворенный спрос на деликатесную продукцию из живых ракообразных требует интенсификации их культивирования для устойчивого обеспечения потребностей российского рынка.

Цель и задачи исследований. Цель исследований - на основе данных об особенностях размножения и индивидуального развития ракообразных отряда Decapoda разработать биотехники их культивирования для поддержания численности природных популяций и товарного выращивания; методами аквакультуры выявить и добиться максимальной реализации биопродукционных свойств камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*), гигантской пресноводной креветки (*Macrobrachium rosenbergii*) и длиннопалого рака (*Astacus leptodactylus*).

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи.

1. Изучить биологические основы интенсификации и оптимизации искусственного культивирования ракообразных (камчатского краба, гигантской пресноводной креветки и длиннопалого рака).

2. Разработать и оптимизировать биотехники культивирования камчатского краба, гигантской пресноводной креветки и длиннопалого рака, позволяющие увеличить реализацию биопродукционного потенциала.

3. Разработать методы повышения выживаемости, скорости роста и развития камчатского краба, гигантской пресноводной креветки и длиннопалого рака (в условиях южной Болгарии).

4. Выявить наиболее эффективные стартовые корма, определить суточные рационы и режим кормления для личинок камчатского краба и гигантской пресноводной креветки при выращивании заводским способом.

5. Определить размер самок длиннопалого рака, обладающих оптимальными биопродукционными свойствами при культивировании в условиях южной Болгарии.

6. Разработать биотехнические нормативы искусственного воспроизводства камчатского краба заводским способом, товарного выращивания гигантской пресноводной креветки в условиях бассейнов и длиннопалого рака в прудах южной Болгарии.

7. На основе биотехнических нормативов смоделировать холодноводные и тепловодные установки замкнутого типа, в которых достигается более полная реализация биопродукционных свойств камчатского краба и гигантской пресноводной креветки.

8. Определить потенциал повышения методами аквакультуры степени реализации биопродукционных свойств камчатского краба, гигантской пресноводной креветки и длиннопалого рака.

Основные положения, которые выносятся на защиту.

Установлены биолого–экологические закономерности воспроизводства и роста ракообразных, которые позволяют увеличить степень реализации их биопродукционных свойств путем снижения смертности и создания оптимальных условий развития и роста.

На основе установленных закономерностей разработаны:

- научно обоснованные методы повышения жизнеспособности ракообразных на наиболее уязвимых этапах онтогенеза, при выращивании в искусственных условиях;
- биотехники и их отдельные этапы, эффективные для искусственного воспроизводства с целью пополнения природных популяций и товарного выращивания ракообразных как в пределах нативного ареала, так и в климатических условиях несвойственных виду.

Научная новизна. Усовершенствованы технологии воспроизводства и выращивания камчатского краба, гигантской пресноводной креветки в условиях бассейнов и длиннопалого рака. Впервые разработан метод определения личиночных стадий камчатского краба по щетиночному вооружению экзоподитов максиллипод третьей пары.

При помощи комплексного подхода (особенности поведения, морфологические исследования на органном, тканевом и клеточном уровнях) доказана афагия глаукотоз камчатского краба.

Впервые описана зависимость между весом тела личинок камчатского краба и величиной их суточного рациона.

Впервые исследованы рост, развитие и выживаемость акклиматизированного в Баренцевом море камчатского краба в контролируемых условиях замкнутого цикла водообеспечения от эмбриона до жизнестойкой ювенильной стадии развития.

Впервые определена интенсивность каннибализма у камчатского краба на всех стадиях жизненного цикла при содержании в искусственных условиях.

Впервые получена количественная оценка фототаксиса камчатского краба на ранних стадиях онтогенеза.

Впервые для условий южной Болгарии исследованы биопродукционные показатели самок длиннопалого рака.

Впервые в сравнительном плане с учетом жизненной стратегии вида оценен биопродукционный потенциал камчатского краба, гигантской пресноводной креветки и длиннопалого рака.

Практическая значимость работы. Разработанные и усовершенствованные биотехники культивирования камчатского краба, гигантской пресноводной креветки и длиннопалого рака могут применяться как для восстановления численности природных популяций, так и для получения товарной продукции. Впервые в России был произведен в промышленном количестве (150 тыс. особей) качественный посадочный материал гигантской пресноводной креветки. Осуществленная поставка молоди креветки в Астраханскую область положила там начало товарному выращиванию вида в прудах южных регионов России.

Результаты работы могут служить основой для дальнейшего совершенствования технологий культивирования ракообразных.

Разработаны и защищены шестью патентами Российской Федерации нормативно-методические основы промышленного культивирования камчатского краба и гигантской пресноводной креветки.

Сконструированы оригинальные холодноводные и тепловодные установки с проточной и замкнутой системами водообеспечения для культивирования пресноводных (гигантская пресноводная креветка) и морских (камчатский краб) ракообразных. Отработаны технологические принципы их эксплуатации.

Разработано устройство для инкубации яиц артемии, позволяющее с помощью специального сепаратора эффективно отделять науплиев от пустых оболочек и цист в промышленных объемах.

Впервые в мире в полупроизводственных масштабах успешно осуществлено получение личинок камчатского краба и их выращивание до стадии глаукотэ в контролируемых условиях замкнутого цикла водообеспечения и культивирование камчатского краба до жизнестойкой молоди. Достигнутые при культивировании показатели роста и развития являются наилучшими.

Установленная зависимость между величиной суточного рациона и весом тела личинок камчатского краба на каждой стадии развития позволяет производить расчет потребности в живых кормах при культивировании и может быть использована для оценки роли личинок камчатского краба в трофических сетях природных экосистем.

Апробация. Материалы диссертации представлены на международных конференциях «Аквакультура и рыбоводство – пути к интеграции» (Стара Загора, 1995), «Прибрежное рыболовство XXI век» (Ю. Сахалинск, 2001), «Crabs in cold water regions: biology, management, and economics» (Анкоридж, 2001), «Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки» (Голицино, 2002; Москва, 2005), «Aquaculture Europe 2002: Seafarming – today and tomorrow» (Триест, 2002), «Холодноводная Аквакультура: старт в 21 век» (Санкт-Петербург, 2003), «World-Aquaculture» (Салвадор, 2003), «Aquaculture Europe 2003: Beyond Monoculture» (Тронхейм, 2003), «Рациональное использование биологических ресурсов Мирового океана» (Москва, 2003), «Аквакультура и интегрированные технологии: проблемы и возможности» (Москва, 2005), «Aquaculture Europe» (Флоренция, 2006); на 12-й (Сеул, 2003), 13-й (Гонолулу, 2004) и 14-й (Владивосток, 2005) конференциях Конвенции об организации по морским наукам в северной части Тихого океана (ПИКЕС); международной научно-практической конференции «Человек и животные» (Астрахань, 2004), международном научном семинаре «Проблемы репродукции и раннего онтогенеза морских гидробионтов» (Мурманск, 2004), 5-й конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и

прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 2004); научно-практических конференциях «О приоритетных задачах рыбохозяйственной науки в развитии рыбной отрасли России до 2020 года» (Москва, 2004), «Зоокультура и биологические ресурсы» (Москва, 2004); всероссийской конференции «Эпизоотологический мониторинг в аквакультуре: состояние и перспективы» (Москва, 2005), 2-м международном семинаре «Беспозвоночные в коллекциях зоопарков» (Москва, 2005), 7-й всероссийской конференции по промысловым беспозвоночным (Мурманск, 2006), международном семинаре «Alaskan Crab Stock Enhancement and Rehabilitation» (Кадьяк, 2006), отчетных сессиях ВНИРО (2000 - 2006).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 58 работ, в том числе две коллективные монографии и шесть патентов РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 428 страницах и состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов и списка литературы. Иллюстрирована 111 рисунками и включает 46 таблиц. В списке литературы - 561 наименование, в том числе 276 работ на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Материал и методы исследований

Материал для настоящего исследования собран в 1993-2006 гг. на экспериментальных базах и в аквариальных Болгарии и России:

на 4086483 шт. камчатского краба, в том числе исследованы выживаемость 4085543 шт., развитие и рост 4085510 шт., фототаксис 290 шт., кормление на 12525 шт., морфология 650 шт.;

на 2907018 шт. гигантской пресноводной креветки, в том числе исследованы выживаемость 2906618 шт., развитие и рост 2906588 шт., кормление на 426511 шт., морфология 1780 шт.;

на 231711 шт. длиннопалого рака, в том числе исследованы выживаемость 231711 шт., развитие и рост 231711 шт., кормление на 152061 шт.

Всего в ходе разработки технологий искусственного воспроизводства и культивирования морских и пресноводных ракообразных отряда Decapoda были исследованы 7225212 особей (табл.1).

Науплиев артемии получали в лабораторных условиях из цист, собранных в Алтайском крае, стандартным методом активации и инкубации (Гусев, 1990; Lavens, Sorgeloos, 1996; Пономарев и др., 2002).

Морфологические исследования камчатского краба выполнены по методике S. Sato и S. Tanaka (1949), K. Konishi и R. Quintana (1987), J.R. Factor (1978), F.A. Abrunhosa и J. Kittaka (1997a); гигантской пресноводной креветки по методике и с использованием терминологии Y. Уно и C.S. Kwon (1969).

В ходе экспериментов ежедневно регистрировали концентрацию растворенного кислорода и температуру воды, каждую неделю - концентрацию соединений азота (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), значения pH, концентрации двухвалентных ионов кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}). Концентрацию кислорода в воде измеряли йодометрическим методом Винклера или с помощью электронного оксиметра фирмы YSI – N 85-10 FT (USA). Минеральные формы азота (аммонийный, нитритный и нитратный азот) определяли колориметрированием проб на фотоэлектрическом фотометре КФК-3 методом K. Bendschneider и R.I. Robinson (по: Strickland, Parsons, 1972) и L. Solorzano (1969). Соленость воды определяли портативным рефрактометром - KRUSS-Optronic, Germany.

Эффективность применяемой технологии оценивали по скорости развития, роста и выживаемости.

Экспериментальные работы с камчатским крабом проводили: в лаборатории воспроизводства ракообразных ВНИРО, г. Москва в 2000-2006 гг.; в аквариальном комплексе Всероссийского Выставочного Центра, г.

Москва в 2000-2001 гг. (передержка самок до выклева личинок); на плавучей базе ООО «Северный проект» в Ура-губе Баренцева моря, г. Мурманск в 2005-2006 гг.

Использовали следующие установки с замкнутой системой водоснабжения (2000-2005 гг.): ручной сборки (Степанов, Смирнов, 1999) объемом 1 и 2 м³ – Павильон рыбного хозяйства, ВВЦ; акватроны объемом 200 л (рабочий объем 160 л) и 1м³ (рабочий объем 800 л, рабочая глубина 0,5 – 0,7 м) – ВНИРО.

Таблица 1.

Объем исследованного материала, шт

Виды, стадии	Выживаемость	Развитие и рост	Фототаксис	Кормление	Морфология	Всего
Камчатский краб						
Эмбрионы	3 920 000	3 920 000	-	-	-	3 920 000
Личинки	161 988	161 988	140	11 988	300	162 428
Послеличинки	2 000	2 000	70	-	200	2 270
Мальки, молодь	1 522	1 522	80	504	150	1 752
Производители	33	-	-	33	-	33
Всего	4 085 543	4 085 510	290	12 525	650	4 086 483
Гигантская пресноводная креветка						
Эмбрионы	2 480 000	2 480 000	-	-	-	2 480 000
Личинки	215 400	215 400	-	215 400	200	215 600
Послеличинки, ранняя молодь	200 800	200 800	-	200 800	200	201 000
Старшевозрастная молодь-особи товарного размера	10 341	10 311	-	10 311	1 380	10 341
Производители	77	77	-	-	-	77
Всего	2 906 618	2 906 588	-	426 511	1 780	2 907 018
Длиннопалый рак						
Эмбрионы	79 296	79 296	-	-	-	79 296
Личинки	79 296	79 296	-	79 296	-	79 296
Сеголетки	62 756	62 756	-	62 756	-	62 756
Годовики-особи товарного размера	10 009	10 009	-	10 009	-	10 009
Производители	354	354	-	-	-	354
Всего	231 711	231 711	-	152 061	-	231 711
Итого	7 223 872	7 223 872	290	591 097	2 430	7 225 212

Опытная установка для изучения фототаксиса личинок, глаукохоз и мальков включала галогенный оптоволоконный осветитель мощностью 150

Вт и трубку из прозрачного экструзионного оргстекла (1 м × 46 мм). Через прозрачную пластинку трубка освещалась белым светом интенсивностью $1,1 \times 10^9$; $1,1 \times 10^{10}$; $1,1 \times 10^{13}$ кв см⁻² сек⁻¹, соответствующей диапазону освещенности верхнего горизонта воды (0 – 15 м) в естественной среде обитания камчатского краба на ранних стадиях развития (Shirley & Shirley, 1988).

Суточный рацион (г) личинок камчатского краба рассчитывали по методу Л.М. Сущеня (1975): $r = v(K - K_t)/nt$, где, v -объем воды в экспериментальном контейнере (л); K -начальная концентрация науплиев артемии (шт./л); K_t -концентрация науплиев артемии в момент t (шт./л); n -число личинок в опыте (шт.); t -продолжительность опыта (ч). Графики зависимости величины суточного рациона от концентрации пищи строили с использованием программы MicroCal Origin 6.10. Экспериментальные точки аппроксимировали методом наименьших квадратов, используя модифицированное уравнение Ивлева (уравнение Ивлева-Винберга-Анисимова) (Сущеня, 1975).

Работы по культивированию гигантской пресноводной креветки проводили в 1997-2003 гг. в Москве в бассейново-аквариальном комплексе всероссийского выставочного центра (ВВЦ) с участием Центра современных акватехнологий, а также в аквариальных комплексах лаборатории воспроизводства ракообразных ВНИРО и на базе передержки товарных креветок ООО «ДопТранс». Апробацию отдельных этапов биотехники товарного выращивания креветок проводили на рыбоводном хозяйстве ТЭЦ-22 (г. Москва), в открытых прудах ОАО «Дельта», ООО СХП «Аквакультура» (Астраханская обл.).

Культивирование длиннопалого рака проводили в 1993-1995 гг. на экспериментальных базах «Пловдив» и «Три водици», являющихся собственностью института пресноводного рыбоводства (Болгарии). Для инкубации применяли аппараты типа «ИРИК».

Содержимое желудков изучали при световой микроскопии с использованием бинокуляра МБС-9 с окулярмикрометром и микроскопа Биолам Д1 с бинокулярной насадкой АУ-12.

В качестве живого корма для молоди раков использовали дафний. При их культивировании емкости заселяли партеногенетическими самками с яйцами в количестве 10-15 г/м³. Дафний кормили фитопланктоном и бактериальным кормом. Суточная продукция 2 – 3 дневных личинок *Daphnia magna* размером 0,5 – 0,7 мм составляла 76 г/м³. После достижения дафниями плотности 85-100 г/л, 25 – 40% из них отбирали для кормления.

В прудах в июне – июле каждые 15 дней, а в августе-сентябре – один раз в месяц определяли таксономический состав, численность и биомассу фито- и зоопланктона. Сбор проб осуществляли малой планктонной сетью Джеди, газ №25. Весной пруды для выращивания длиннопалого рака удобряли органическими и минеральными добавками по методике М. Димитрова (1983).

Глава 2. Камчатский краб *Paralithodes camtschaticus*

2.1. Биология камчатского краба

Камчатский краб является наиболее изученным из всех промысловых крабов, его биология подробно изложена в работах Л.Г. Виноградова (1941, 1946, 1947, 1968, 1969, 1970), Л.Е. Румянцева (1945), Ю.И. Галкина (1959, 1963, 1982), М.М. Лаврентьева (1969), Р.Р. Макарова (1964, 1966), А.А. Нейман (1969), В.Е. Родина (1969, 1985), S. Matsuura с соавторами (1971), М.И. Гарвердиевой (1976), В.Я. Федосеева с соавторами (1986), J. Takeshita с соавторами (1990), В.Е. Родина с соавторами (1997), А.Г. Слизкина, С.Г. Сафронова (2000), В.С. Левина (2001), Камчатский краб... (2001, 2003), С. А. Кузьмина (2002), В.Я. Павлова (2003), Н.П. Ковачевой с соавторами (2005) и других.

В данном разделе приведены краткие сведения о распространении, условиях обитания и функциональной структуре ареала камчатского краба

как в нативном ареале Северной Пацифики, так и в районе натурализации в Баренцевом море после акклиматизации в бухте Большая Волоковая, Мотовском заливе, губах Кольского залива. На основе анализа особенностей биологии камчатского краба отмечены *основные лимитирующие развитие факторы* (температура воды, длительный период пелагической личинки, динамика вод, состояние кормовой базы, пресс планктонофагов и др.), оптимизация которых при культивировании позволит более полно реализовать биопродукционный потенциал вида.

В разделе также рассмотрены особенности промысла и его воздействия на состояние запасов. Сделан вывод, что на Дальнем Востоке на настоящий момент большинство эксплуатируемых популяций камчатского краба находятся в той или иной степени депрессивного состояния (Слизкин, Сафронов, 2000; Левин, 2001; Клитин, 2003; Глотов, Блинов, 2006). На Северном бассейне ситуация противоположная: популяция камчатского краба существенно расширила свой ареал, а ее численность только в российской ИЭЗ выросла со 117 тыс. экз. в 1993 г. до 12546 тыс. экз. в 2000 г., в том числе промысловый запас увеличился с 13 тыс. экз. до 1513 тыс. экз. (Камчатский краб., 2003). Начиная с 2000 г. рост численности промысловых запасов ускорился (14210 тыс. экз. в 2004 г.). В случае дальневосточного развития событий (массовые нарушения правил рыболовства, таких как нелегальный вылов, оставление ловушек в рабочем состоянии, работа в районах с высокой концентрацией особей непромыслового размера, самок и т.д.) можно предполагать быстрое снижение численности камчатского краба в Баренцевом море (Соколов, Ковачева, 2005; Беренбойм, 2006).

Решение проблемы восстановления численности и ее долгосрочного поддержания на высоком уровне как на севере, так и на востоке возможно только путем комплексного подхода с одновременным применением, во-первых, ограничительных и контрольных мероприятий, во-вторых, искусственного разведения камчатского краба с целью выпуска на

акватории, где не полностью реализован биопродукционный потенциал экосистем.

2.2. Аквакультура камчатского краба

В настоящее время рассматриваются следующие основные направления аквакультуры камчатского краба.

Экстенсивная аквакультура в море в естественных условиях:

- сбор послеличинок и мальков на искусственных сооружениях и их подращивание до 2–3-летнего возраста в садках, на коллекторах и искусственных рифах с последующим выпуском в естественную среду (Масленников и др., 1999; Федосеев, Григорьева, 1999, 2001);

- дорощивание в садках до товарного качества некондиционных промысловых особей, отловленных в море (Damsgard, 2000, Альтов, 2005).

Интенсивная аквакультура в контролируемых заводских условиях на берегу:

- получение потомства от выловленных в море самок с икрой, выращивание жизнеспособной молодежи и ее выпуск в открытое море, либо в изолированные заливы, губы, бухты (Mortensen, Damsgard, 1996; Левин, Желтоножко, 2000; Ковачева, 2000, 2002, 2005; Ковачева и др., 2005).

- дорощивание до товарного качества некондиционных промысловых особей, отловленных в море (Kovatcheva, 2006).

В задачи нашего исследования входило развитие интенсивных методов аквакультуры камчатского краба, в первую очередь, разработка промышленной биотехники культивирования камчатского краба на наиболее уязвимых ранних стадиях онтогенеза.

Несмотря на то, что научные эксперименты по получению и подращиванию личинок камчатского краба в искусственных условиях проводятся уже на протяжении нескольких десятилетий (Marukawa, 1933; Закс 1936; Shimizu, 1939; Kawai, 1940; Kurata 1959, 1960 a, b, 1964; Орлов, 1962, 1963, 1994, 1996; Зубкова, 1964; Nakanishi et.al., 1974; Nakanishi, Naryu, 1981; Nakanishi, 1987; Stevens, Munk, 1990; Казаев, 1995; Желтоножко и др.,

2000; Mortensen, Damsgard, 1996; Damsgard, 2000), до сих пор нет четко регламентированной технологии, позволяющей тиражировать полученные результаты в промышленном масштабе. Данные имеют фрагментарный характер, чаще всего применяются проточные системы с неконтролируемыми условиями, зависимыми от атмосферных и гидрохимических особенностей района водозабора. Изучение акклиматизированного в Баренцевом море камчатского краба на ранних стадиях онтогенеза в условиях аквакультуры в России не проводилось.

Биотехника разведения камчатского краба до настоящего времени не была окончательно разработана по нескольким причинам, самые главные из которых - низкий темп роста, интенсивный каннибализм на ранних этапах онтогенеза, биотехнические сложности аквакультуры холодноводного типа.

Ранний онтогенез в значительной степени определяет формирование урожайности поколений, численность которых на ранних стадиях развития является отправной точкой при долгосрочном прогнозировании запасов. В наибольшей мере это относится к водным ракообразным с полным развитием, имеющим в жизненном цикле длительную фазу пелагической личинки, при метаморфозе которой возможна дополнительная существенная гибель по сравнению с видами с неполным развитием (Матюшкин, Ушакова, 2002). Повышение выживаемости и сокращение продолжительности развития возможно путем создания условий, максимально приближенных к оптимальным, прежде всего температуры воды и обеспеченности кормом, а также за счет снижения каннибализма.

Благодаря созданию контролируемых условий (температура воды, растворенный кислород, другие гидрохимические параметры), одинаковых для всего объема, где проводится культивирование самок, нам удалось достичь синхронизации эмбрионального развития. В наших экспериментах (2001 – 2006 гг.) выклев личинок от одной самки проходил в течение 3 – 12 суток и составлял 92 – 100%, тогда как в природных условиях выклев личинок продолжается 2 – 3 месяца (Marukava, 1933; Макаров, 1966; Weber,

1967; Shirley, Shirley, 1989; Баканев, Кузьмин, 1999; Федосеев, Григорьева, 2001; Камчатский краб в Баренцевом море..., 2001; Кузьмин, Гудимова, 2002; Матюшкин, Ушакова, 2002; Кузьмин и др., 2004), а выживаемость эмбрионов при содержании самок в искусственных условиях по данным предыдущих российских исследований достигала не более 10% (Зубкова, 1964).

Аквариальными наблюдениями было установлено, что продолжительность пелагического развития личинок камчатского краба, в первую очередь, определяется температурой воды и количеством пищи (Marukawa, 1933; Shimizu, 1939, Sato, 1958; Kurata, 1960; Nakanishi, 1985; Ефимкин, Микулич, 1987). Продолжительность всех 4 стадий зоза в естественных условиях составляет от 60 до 80 суток (Takeuchi, 1962; Баканев, Кузьмин, 1999; Клитин, 2002, 2003). Общая продолжительность нахождения личинок в планктонных сообществах Баренцева моря составляет 3 – 4 мес. (Камчатский краб..., 2001; Кузьмин, Гудимова, 2002; Матюшкин, Ушакова, 2002).

За счет поддержания постоянных оптимальных условий среды выращивания (температура, проточность, плотность посадки, дифференцированное кормление в зависимости от возраста личинок и др.) нами достигнуто сокращение личиночного периода развития по сравнению с таковым в естественной среде в 2,1 раза и продолжительностью в других исследованиях (рис.1). Причем, результаты получены как в искусственной морской воде, так и в естественной при культивировании в полупроизводственных масштабах. Для завершения личиночного периода развития потребовалось 32 - 43 дня или 298 - 322,5 градусодня (рис.1).

Наличие жесткого экзоскелета обуславливает скачкообразный рост ракообразных, в отличие от позвоночных животных, у которых рост является непрерывным процессом (Passano et al., 1960; Мина, Клевезаль, 1976).

В разные годы наших экспериментов длина камчатского краба за личиночный период (Z-I – Z-IV) увеличивалась от 46,1% до 97,3%, в среднем увеличение составило 48,9% (табл.2).

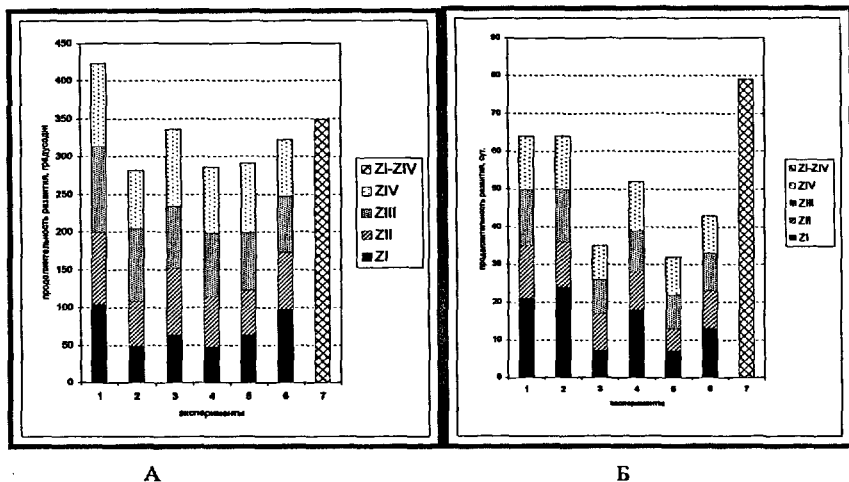


Рис.1. Продолжительность личиночного развития камчатского краба: А – градусодни, Б – сутки; 1 - искусственные условия, Marukawa, 1933; 2 - искусственные условия, Shimizu, 1936; 3 - искусственные условия, Sato и Tanaka, 1949; 4 - искусственные условия, Nakanishi et al., 1974; Nakanishi, 1987; 5 - искусственные условия, собственные данные 2001 г.; 6 - искусственные условия, собственные данные 2002 г.; 7 – естественные условия, Клитгин, 2002. Z – зоа I – IV стадии развития.

Таблица 2.

Продолжительность развития и рост камчатского краба на ранних стадиях онтогенеза при выращивании в искусственных условиях, средние значения за весь период наших исследований (2000-2006 гг.)

Стадия	Продолжительность стадии, сут./гр. дни	Длина карапакса M±m, мм	Длина роострума M±m, мм	Сырой/сухой вес, мг
Зоа I	10/66,0	1,39±0,029	1,29±0,038	0,86/0,110
Зоа II	10/68,7	1,63±0,027	1,52±0,089	1,41/0,165
Зоа III	9/69,3	1,83±0,044	1,53±0,121	2,00/0,250
Зоа IV	10/79,7	2,07±0,043	1,63±0,084	2,67/0,300

Нами была подтверждена возможность ускоренного роста личинок камчатского краба при выращивании в полупроизводственных масштабах в Баренцевом море на плавучей базе поселка Видяево как при проточной, так и при замкнутой системах водоснабжения (рис.2).

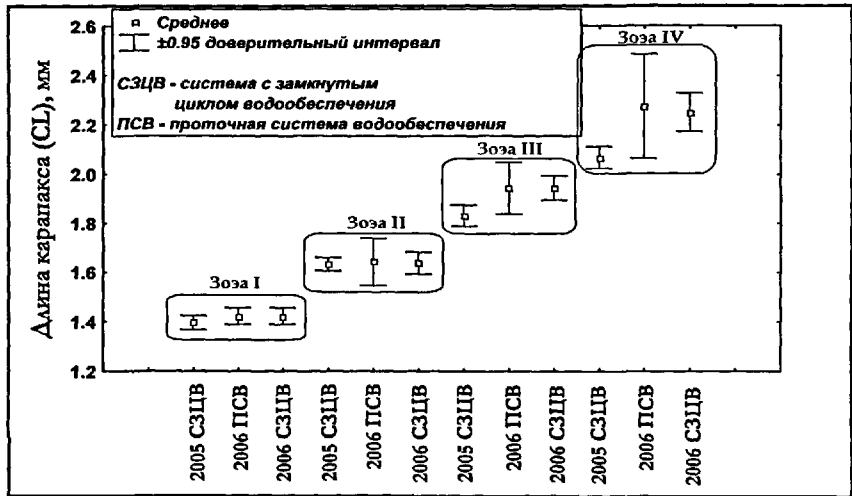
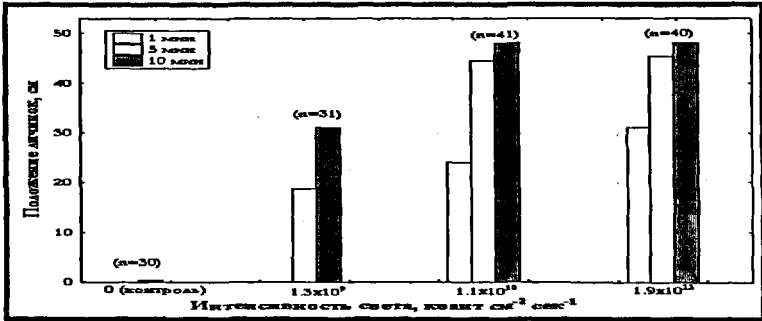


Рис.2. Длина карапакса личинок, культивируемых в системах замкнутого (СЗЦВ) и проточного водоснабжения (ПСВ)

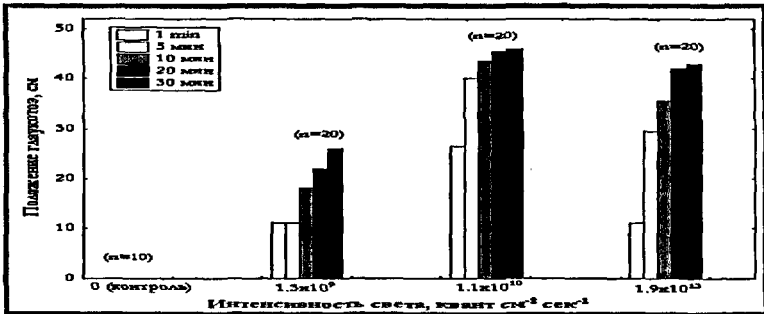
Фототаксис является важной поведенческой реакцией, потенциально определяющей миграции особей, влияющей на их распределение и обеспечивающей в природной среде более полную реализацию биопродукционного потенциала. Проявление фототаксиса при культивировании может приводить к усилению каннибализма, повышению конкуренции за корм, ухудшению гидрохимических показателей среды, в особенности при использовании систем замкнутого типа (возрастание нагрузки на биологические и механические фильтры, флотаторы и др.), и как следствие вызывать снижение выживаемости, скорости роста и развития.

В наших исследованиях реакция на свет была измерена по стандартной методике (Shirley & Shirley, 1988) как различие (в см) между средним

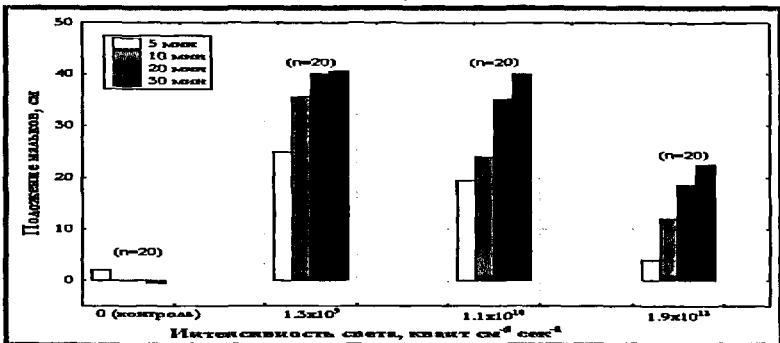
начальным положением группы зоэа и средним заключительным положением зоэа после 1, 5, 10 минут экспозиции; глаукотэа после 1, 5, 10, 20 и 30 мин; мальков - 5, 10, 20 и 30 минут (рис.3).



А



Б



В

Рис.3. Реакция камчатского краба на белый свет различной интенсивности: А – зоэа; Б – глаукотэа; В – мальки

Нами впервые в количественном выражении установлено, что камчатский краб проявляет положительный фототаксис на всех исследованных стадиях раннего онтогенеза в ответ на все протестированные интенсивности света. При этом в ходе раннего онтогенеза происходит ослабление реакции фототаксиса (рис.3). Положительный фототаксис на ранних стадиях развития камчатского краба необходимо учитывать при культивировании, обеспечивая равномерную освещенность выростных емкостей. Отсутствие равномерного освещения повышает вероятность образования локальных скоплений особей в более освещенных участках, что приводит к росту каннибализма. Свет интенсивностью $1,1 \times 10^{13}$ квант см^{-2} сек^{-1} можно использовать для сбора личинок при кормлении и пересадках.

Известно, что качественный и количественный состав пищи – один из определяющих факторов выживаемости, роста и развития личинок крабов (Sulkin, 1975 a; Sulkin, Epifanio, 1975; Incze, Paul, 1983; Paul et al., 1989; Sulkin, McKeen, 1999 и др.). Одним из ключевых моментов любой биотехники является определение оптимальных суточных рационов, величина которых может существенно влиять на её экономическую эффективность. Максимальный рацион отражает предельные возможности пищедобывательной деятельности животных в данных условиях, т.е. физиологическое состояние полной насыщенности, при котором потребление пищи больше не возрастает, несмотря на дальнейшее увеличение ее концентрации в среде. При высоких концентрациях пищи суточный рацион оказывается фактически равен максимальному (Суценья, 1973). Нами для зоа I-IV стадий экспериментально рассчитаны максимальные суточные рационы и оптимальная начальная концентрация науплиев (табл.3).

Таблица 3.

Максимальные суточные рационы зооа I-IV стадий и оптимальные начальные концентрации науплиев

Стадия	Максимальный суточный рацион (М)			Оптимальная начальная концентрация науплиев (К), шт./л
	шт./экз.	мг сырого веса/экз.	мкг сухого веса/экз.	
ZI	11,3	0,294	47,46	400-600
ZII	22,4	0,582	94,08	600-800
ZIII	33,2	0,863	139,44	800-1000
ZIV	41,8	1,087	175,56	1000-1200

Для зооа камчатского краба I-IV стадий минимальная непотребляемая концентрация науплиев артемии равна $167,1 \pm 21,3$; $137,4 \pm 40,5$; $97,9 \pm 75,6$ и $212,7 \pm 47,6$ шт./л (см. параметр K_0 на рис. 4), что в среднем составляет порядка 154 науплиев на литр.

Нами впервые исследована возможность кормления личинок камчатского краба сухими искусственными комбикормами. Возможность применения стартовых искусственных кормов особенно важна для наиболее уязвимых, ранних стадий развития – зооа I и II. Испытаны корма Start и Wean-Ex для морских организмов производства компании DANA FEED (Дания) как отдельно, так и в сочетании с науплиями *Artemia sp.*

При использовании комбикорма типа Start получены лучшие показатели роста и развития личинок камчатского краба, а выживаемость после линьки зооа II в зооа III находилась в пределах 68,0 - 71,4 %. При использовании кормов серии Wean Ex как отдельно, так и в сочетании с науплиями артемии выживаемость зооа I не превысила 25%, а зооа II – 18%. Личинки особенно активно питались в течение первого часа после внесения комбикормов, т.е. пока частицы корма оставались в толще воды.

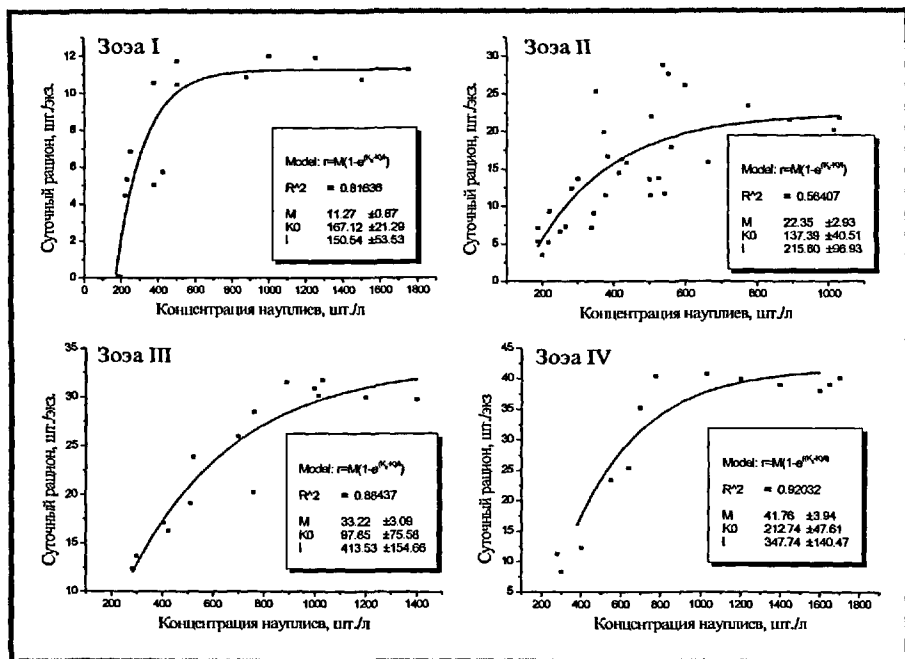


Рис.4. Зависимость суточных рационов зола I-IV от концентрации науплиев *Artemia sp.* в воде

Из недостатков использованных в экспериментах комбикормов следует отметить следующее. Корма лишь около 60 минут сохраняют плавучесть, затем оседают на дно и прилипают к нему. Дольше всего держится в толще воды (около 2 часов) и не прилипает ко дну корм Start 300. В кормах Wean Ex более высокое содержание золы по сравнению с кормами Start и они лишь около получаса держатся в толще воды. Кроме того, в кормах Start более высокое содержание витаминов и имеются полиненасыщенные жирные кислоты омега-3 ряда (табл.4,5). Следовательно, полиненасыщенные жирные кислоты и витамины являются необходимыми для развития краба компонентами, а повышенная плавучесть кормов Start удлиняет возможность их поедания личинками по сравнению с кормами Wean Ex.

Таблица 4.
Состав стартового корма для морских организмов Start 100 (размер частиц 90-200 μ) и Start 300 (размер частиц 150-400 μ)

Компонент	Содержание	Компонент	Содержание
Влажность	6%	Витамин А	20 000 МЕ/кг
Белки	70%	Витамин D ₃	4 000 МЕ/кг
Жиры	13%	Фосфор	1,5%
Зола	3%	Медь	32 мг/кг
Волокна	0,2%	Полиненасыщенные	
Витамин С	2 000 мг/кг	жирные кислоты	4%
Витамин Е	400 мг/кг	ДГК	2,6%

Примечание: МЕ – международная единица.

Таблица 5.
Состав корма Wean-Ex 100 (размер частиц 80-200 μ) и Wean-Ex 300 (150-400 μ)

Компонент	Содержание	Компонент	Содержание
Белки	67%	Витамин Е	400 мг/кг
Жиры	14%	Витамин А	17 000 МЕ/кг
Углеводы	5%	Витамин D ₃	3 500 МЕ/кг
Зола	11%	Фосфор	1,5%
Волокна	0,2%	Медь	32 мг/кг
Витамин С	400 мг/кг		

Примечание: МЕ – международная единица.

Для оптимизации кормов Start 100 и Start 300 для кормления личинок камчатского краба следует, прежде всего, повысить их плавучесть. Соответствующее заключение направлено нами в исследовательский центр компании-производителя кормов серии Start (Dana Feed, Дания) в качестве рекомендации.

На основе комплексных данных особенностей поведения, морфологического анализа на органном, тканевом и клеточном уровнях нами однозначно доказана афагия послеличинок (глаукотоз) камчатского краба. Основные морфологические и поведенческие особенности глаукотоз, являются приспособлением эффективного переселения вида при поисках субстрата для оседания. Использование выбранных нами структурированных субстратов позволяет сократить продолжительность

послеличиночного периода в условиях культивирования (18 – 20 суток, 177,7 – 200,0 градусодней) по сравнению с данными других исследователей (30-38 суток) (Stevens, 2003) и увеличить выживаемость до 78%. Использованный нами материал (сплетения пластиковых нитей) хорошо зарекомендовал себя при проведении работ с молодью речного рака и молодью гигантской пресноводной креветки. Использование структурирующих объем субстратов позволяет распределяться особям не только по дну, но и по всему объему емкости, что значительно снижает вероятность встречи особей и, как следствие, уменьшает каннибализм.

Нами впервые успешно осуществлено получение личинок камчатского краба и их выращивание до мальков в контролируемых условиях замкнутого водообеспечения. Достигнутые при культивировании показатели выживаемости, роста и развития являются наилучшими из достигнутых другими исследователями (рис.5) и значительно превосходят аналогичные характеристики в природных условиях.

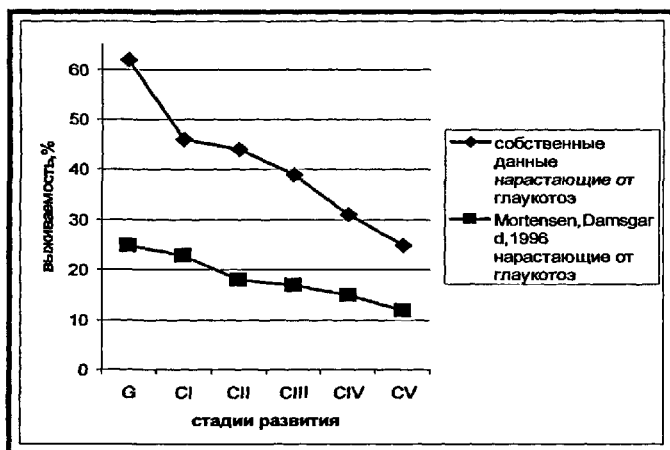


Рис.5. Выживаемость молоди камчатского краба за послеличиночный и мальковый периоды развития

Разработанные на основе полученных результатов биотехнические нормативы (табл.11 А) используются при эксплуатации созданных нами холодноводных установок открытого и замкнутого типов (рис.6,7).

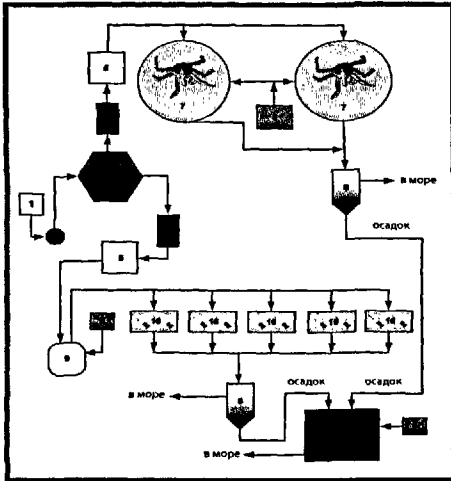


Рис.6. Технологическая схема проточной системы водообеспечения комплекса по воспроизводству камчатского краба: 1 – водозабор, 2 – насос, 3 – гидродинамический фильтр, 4 – УФ-облучатель, 5 – холодильник, 6 – компрессор, 7 – бассейны для производителей, 8 – отстойник, 9 – аэратор, 10 – выростные бассейны, 11 – минерализатор.

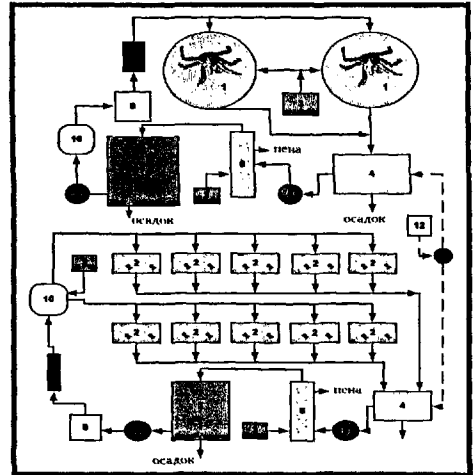


Рис.7. Технологическая схема замкнутой системы водообеспечения комплекса по воспроизводству камчатского краба: 1 – бассейны для производителей, 2 – выростные емкости, 3 – компрессор, 4 – водосборная емкость, 5 – насос, 6 – флотатор, 7 – биофильтр, 8 – холодильник, 9 – УФ-облучатель, 10 – аэратор, 11 – насос подачи морской воды, 12 – водозабор.

Подробные практические рекомендации по искусственному воспроизводству камчатского краба заводским способом, на основе которых возможно создание промышленных комплексов, приведены в монографии «Культивирование камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815). Часть 1. Особенности раннего онтогенеза. Бионормативы и рекомендации по искусственному воспроизводству» (Ковачева и др., 2005).

Глава 3. Гигантская пресноводная креветка *Macrobrachium rosenbergii*

Деликатесный вкус, высокая стоимость продукции, быстрый рост и созревание, многократность нереста в течение года, наличие зарубежных технологий и отечественного опыта делает актуальным адаптацию к условиям умеренного климата России промышленной технологии товарного выращивания гигантской пресноводной креветки в бассейнах.

3.1. Биология гигантской пресноводной креветки

На основе анализа литературных данных по биологии гигантской пресноводной креветки (Ling & Merican, 1961; Ling, 1969; Uno & Kwon, 1969; Sandifer et al., 1975; McLaughlin, 1983; Алехнович, Кулеш, 1982; Shokita S., 1985; Хмелева и др., 1988; Киселев и др., 1995; Хмелева и др., 1997; New & Valenti, 2000; Wickins & Lee, 2002; Алехнович, Кулеш, 2003 и др.) показано, что самые уязвимые стадии ее онтогенеза – личиночные, когда особи наиболее стенобионтны, а смертность наиболее высока (95-99%). Следовательно, оптимизацией условий культивирования, в первую очередь личинок, можно достичь более полной реализации биопродукционного потенциала вида.

3.2. Аквакультура гигантской пресноводной креветки

В России технология выращивания гигантской пресноводной креветки в целом разработана (Сальников, Суханова, 2000). Однако в настоящий момент препятствием для расширения работ по культивированию креветок является отсутствие биотехники получения жизнестойкого посадочного материала на различных стадиях онтогенеза (для креветочных хозяйств разного типа) в промышленных масштабах. Решение этой проблемы может быть достигнуто за счет оптимизации условий выращивания креветок как на ранних стадиях онтогенеза, так и взрослых особей путем решения ряда биотехнических вопросов, связанных с каннибализмом, плотностями посадки, кормлением и др.

Направления оптимизации технологии культивирования *M.rosenbergii*

- создание оптимальных термо- и гидрохимического режимов (28-31°C, рН – 7-8, O₂ > 6,0 мг/л, Са > 30 мг/л, NH₃ < 0,02 мг/л, (N/NH⁴⁺) < 0,1 мг/л);
- поддержание солености на уровне 12 – 14 ‰;
- обеспечение скорости потока 7-10 л/час/1000 личинок;
- создание фоторежима свет/темнота – 12:12; освещенность 500 – 2000 люкс;
- дифференцированное кормление;
- плотность посадки личинок – 80-120 шт./л;
- ступенчатое снижение плотности посадки послеличинок с 5000 до 500 шт./м²;
- использование субстратов и укрытий определенной удельной площади и типов.

Для оптимизации технологии культивирования гигантской пресноводной креветки в замкнутой системе водообеспечения разработана, испытана и запатентована оригинальная методика кормления личинок (Ковачева, 2001). Суть метода заключается в том, что личинок и послеличинок кормили науплиями артемии и яичной смесью, приготовленной из вареного яйца и сухого молока в соотношении 1:2; состав и размер частиц пищи, а также режим кормления меняли в зависимости от стадии развития креветок (табл.6). Тем самым обеспечивали оптимальные содержание в кормах необходимых белков и размер частиц корма в зависимости от размера личинок креветки.

Применение разработанного нами метода кормления в сочетании с термостатированием воды на уровне 28 – 31° С в сконструированных нами установках замкнутого водоиспользования позволило сократить продолжительность личиночного периода максимально на 24-29 суток и одновременно ускорить темп роста личинок. На первой стадии развития

длина тела особей составляла в среднем $2,3 \pm 0,1$ мм при сыром весе $0,025 \pm 0,009$ мг. Перед метаморфозом в послеличинку (зоза XI) длина тела увеличилась до $7,9 \pm 0,2$ мм, при среднем весе $7,1 \pm 0,5$ мг.

Таблица 6.

Схема кормления личинок *M.rosenbergii*

Стадии развития	К-во науплий <i>Artemia sp.</i> , шт./особь	К-во яичной смеси, мг/особь	Размер частиц яичной смеси, мкм	Режим кормления	
				<i>Artemia sp.</i> , раз/сутки	Яичная смесь раз/сутки
II	50	-	-	4	-
III – V	100	0,5-2,5	300-500	3	1
VI – VIII	150	2,5-4,5	500-700	2	2
IX – послеличинки	200	4,5-12,0	900-1200	3	2

При применении нового метода кормления средняя выживаемость личинок составила 52%. В контрольном эксперименте при кормлении только науплиями *Artemia sp.* выживаемость составляла 25%, длина и вес личинок 6,8 мм, 6,5 мг соответственно. Длина тела постличинок составляла $8,3 \pm 0,1$ мм, вес - $7,8 \pm 0,9$ мг. За личиночный период развития выживаемость при плотности посадки 100 шт./л составила в среднем 52% при варьировании в разных емкостях в диапазоне от 45 до 60%.

Важным аспектом разработанной технологии является постепенное снижение плотности посадки при подращивании послеличинок в течение 30 – 45 суток. В первую неделю выращивания плотность посадки послеличинок составляла 5000 шт./м². Для снижения каннибализма на второй неделе производили сортировку по размеру и уменьшали плотность посадки до 2000 шт./м². На третьей неделе производили повторную сортировку с уменьшением плотности посадки до 500 шт./м². В первую неделю послеличинок кормили 5 раз в сутки науплиями артемии и яичной смесью. Со второй недели и до конца послеличиночного периода в рацион включали

рыбный фарш. Старших послеличинок кормили 4 раза в сутки. Суточный рацион в начале послеличиночного развития составлял 100% от массы тела. Затем его постепенно снижали до 15% к 45 суткам развития. Выживаемость послеличинок составила 78%, длина в конце послеличиночного периода развития варьировала от 18 до 25 мм, вес - от 0,08 до 0,20 г. В контрольном варианте при плотности посадки 5000 шт./м², без сортировки и уменьшения плотности посадки на 45-е сутки выживаемость составила 40%, длина от 11 до 20 мм, вес - от 0,01 до 0,10 г.

При выращивании креветок лимитирующим фактором является температура воды. Диапазон переносимых температур составляет 15-37°C (New, Singholka, 1985; Сальников, Суханова, 2000), а рекомендуется 26-30°C. Целью нашего эксперимента было определение более узкого диапазона температур, при котором наилучшим образом сочетаются скорость роста, энергозатраты и выживаемость. Эксперименты продолжительностью 30 суток проведены на молоди в возрасте 95-125 суток с момента выклева (62-92 дня после метаморфоза личинок). В ходе эксперимента установлено, что максимальные суточные приросты при высокой выживаемости получены при температуре 30,1 – 32,0°C, что позволяет рекомендовать ее как оптимальную (табл.7). Температуру воды 28,1 – 30,0°C можно считать допустимой для эффективного выращивания. Снижение или повышение температуры воды относительно указанных выше диапазонов приводит к ухудшению показателей выращивания.

Таблица 7.

Влияние температуры воды на выживаемость и рост молоди *M.rosenbergii*

Показатели	Температура, °C			
	26,1 – 28,0	28,1 – 30,0	30,1 – 32,0	32,1 – 34,0
Среднесуточный прирост, мг	1,8 ± 0,123	5,5 ± 0,420	8,7 ± 0,480	6,6 ± 0,503
Выживаемость, %	90,4 ± 1,20	82,8 ± 2,35	85,2 ± 2,56	66,0 ± 3,68
Конечная биомасса, г	60,8 ± 5,52	94,0 ± 6,38	102,2 ± 6,05	72,6 ± 7,52
К-во особей, шт.	250	250	250	250

При культивировании основные методы уменьшения каннибализма – постепенное снижение плотности посадки и увеличение площади укрытий. Эффективность этих приемов и их параллельного использования была оценена в наших исследованиях. С ранней молодью креветки в возрасте 80 суток с момента выклева (45 суток после метаморфоза личинок) поставлено пять вариантов эксперимента, отличающихся сочетанием удельной площади укрытий и плотностью посадки креветок. Выживаемость при всех исследованных плотностях посадки была приблизительно одинаковой и изменялась в пределах от 58,4% (вар. 4) до 73,5% (вар. 2) (табл.8). Однако, рост креветок при высокой плотности посадки существенно замедлялся: среднесуточный прирост при сравнении вариантов (1 и 5) сократился в 1,55 раза. При низких плотностях посадки (140 и 170 шт./т) увеличение удельной

Таблица 8.

Биопродукционные характеристики молоди *M. rosenbergii* при выращивании с различными плотностью посадки и площадью укрытий

Показатели	Варианты				
	1	2	3	4	5
Удельная площадь укрытий, м ² /т	19,4	38,8	38,8	38,8	48,5
Исходная плотность посадки:					
шт./т	140	170	600	750	750
шт./м ² дна	58,3	70,8	250	312,5	312,5
шт./м ² укрытий	7,2	4,4	15,4	19,3	15,5
Среднесуточный прирост, г	0,048	0,053	0,043	0,033	0,031
Выживаемость, шт.	96	125	392	438	451
Выживаемость, %	68,6	73,5	65,3	58,4	60,1
Продукция:					
г/м ³	720,0	1012,5	2822,4	2628,0	2615,8
г/м ² дна	300,0	421,9	1176,0	1099,0	1089,9
г/м ² укрытий	37,1	26,1	72,7	67,7	53,9

площади укрытий в 2 раза (с 19,4 до 38,8 м²/т) приводит лишь к незначительному увеличению выживаемости: с 68,6 до 73,5%. Правда, при

этом при большей площади укрытий, несмотря на одновременное небольшое увеличение плотности посадки (до 170 шт./т), среднесуточные приросты превышают таковые при низкой плотности (140 шт./т) посадки: 0,053 и 0,048 г, соответственно. При высокой плотности посадки (750 шт./т, вар. 4 и 5) увеличение удельной площади укрытий с 38,8 до 48,5 м²/т практически не повышает выживаемость: 58,4 и 60,1%, соответственно; скорость роста также не изменяется (0,033 и 0,031 г/сут.) (табл.8). Несмотря на замедление роста, биопродукционные показатели при высоких плотностях посадки 600 и 750 шт./т существенно возрастают за счет увеличения относительного количества особей. Так, максимальная биопродукция получена при плотности посадки 600 шт./т при площади укрытий 38,8 м²/т – 2822,4 г/м³. Следовательно, при наличии укрытий оптимальная плотность культивирования ранней молоди креветок составляет 600-750 шт./т или 250-312,5 шт./м² дна.

В целях выяснения оптимальных биотехнических параметров (плотности посадки, удельной площади укрытий и температуры воды) при предпродажной передержке гигантской пресноводной креветки был поставлен эксперимент с особями товарного размера весом 30-50 г в течение 30 суток. Исследована выживаемость в зависимости от следующих параметров: плотности посадки на единицу площади дна от 5 до 90 шт./м², плотности посадки на единицу объема от 25 до 180 шт./т, плотности посадки на единицу площади укрытий от 4 до 37,5 шт./м², удельной площади укрытий от 5 до 45 м²/т, температуры от 17,5 до 28 °С (рис.8). Итоги наблюдений позволяют заключить следующее. Наибольшее влияние на выживаемость креветок оказывают плотность посадки на площадь дна (рис.8-1) и температура воды (рис.8-5). Для обеспечения наибольшей выживаемости товарных креветок при предпродажной передержке рекомендуется использовать плотность посадки 55 шт./м² при наличии укрытий и термостатировании на уровне 23-24°С.

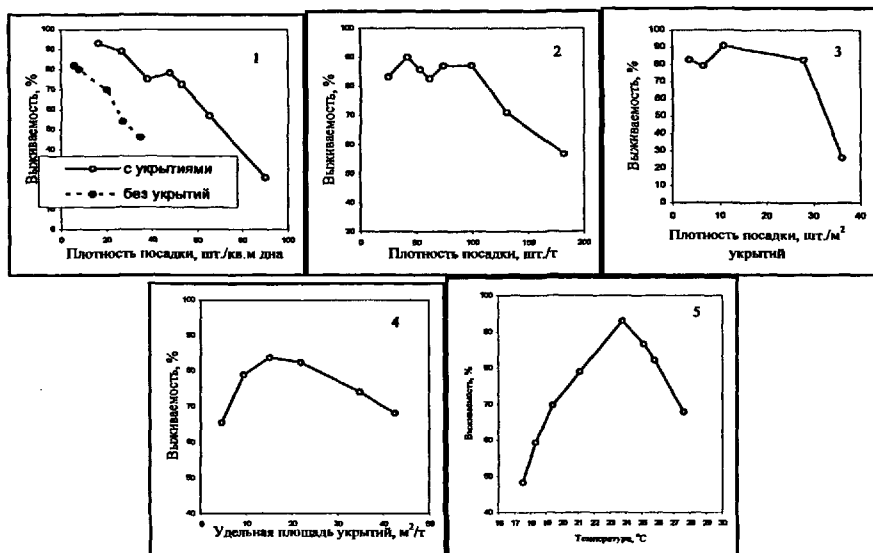


Рис.8. Выживаемость креветок в зависимости от: 1 - плотности посадки на площадь дна; 2 - плотности посадки на объем; 3 - плотности посадки на площадь укрытий; 4 - удельной площади укрытий; 5 - температуры воды

Результаты проведенных нами исследований влияния температуры воды, кормления, плотности посадки, площади укрытий, поведения и соотношения морфотипов самцов на выживаемость, развитие, рост и размножение гигантской пресноводной креветки, позволили разработать биотехнические нормативы ее товарного выращивания в бассейнах в условиях России (табл.11 Б).

Обеспечение соблюдения бионормативов достигается в разработанной и запатентованной нами замкнутой циркуляционной установке для промышленного круглогодичного культивирования гигантской пресноводной креветки (рис. 9). Биотехника является уникальной российской разработкой, эффективность которой превышает зарубежные аналоги за счет увеличения выживаемости личинок в 2,1 раза, сокращения личиночного периода развития в 1,8-2,0 раза, увеличения плотности посадки

молоди при товарном выращивании в 5,0-11,0 раз, при сохранении темпа роста на уровне наилучших достижений в странах с умеренным климатом.

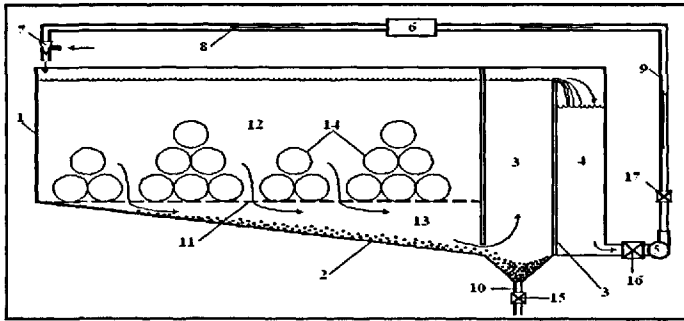


Рис.9. Технологическая схема замкнутой циркуляционной установки для товарного выращивания тепловодных ракообразных. 1 – бассейн (выростная емкость); 2 – наклонное дно; 3 – отстойник; 4 – камера осветленной воды; 5 – насос; 6 – блок терморегуляции; 7 – эжекторный регулятор; 8, 9, 10 – трубопровод; 11 – сетчатая перегородка; 12 – зона выращивания; 13 – зона сбора осадка в выростной емкости; 14 – субстрат для биоценоза активного ила; 15, 16, 17 – краны

С применением оптимизированного нами метода культивирования гигантской пресноводной креветки на ранних стадиях развития (Ковачева и др., 1999; Степанов и др., 2000; Ковачева, 2001) впервые в России автором были произведены 200000 послеличинок, которые после 75 суток доращивания в количестве 150000 шт. (75 % выживаемости от метаморфоза личинок в послеличинок) были переданы ОАО «Дельта» для товарного выращивания в прудах Астраханской области.

Глава 4. Длиннопалый рак *Astacus leptodactylus*

4.1. Биология длиннопалого рака

Биологические особенности пресноводных раков и, в частности, длиннопалого рака достаточно хорошо изучены и описаны в работах многих авторов (Будников, Третьяков, 1952; Бродский, 1954, 1981; Passano et al., 1960; Булгурков, 1961; Румянцев, 1974; Черкашина, 1977, 1994; Mazyli,

1979; Mc Laughlin, 1983; Momot, 1984; Price & Payne, 1984; Greenaway, 1985; Лихарева, 1989; Цукерзис, 1989; Александрова, 1991, 2001; Hunner & Lindqvist, 1991; Федотов, 1993; Ackefors, 1994; Старобогатов, 1995; Savolainen et al., 1996; Борисов, 1999, 2001, 2005; Stucki, 1999; Нефедов, 2001; Holdich, 2002; Greenaway, 2003 и др.). На основе анализа биологических особенностей длиннопалого рака установлено, что в Болгарии благоприятные климато-гидрологические условия для его обитания и культивирования в открытых водоемах.

4.2. Аквакультура длиннопалого рака

Плодовитость – важный показатель, который учитывается при разработке биотехники и закладывается в расчет при оценке эффективности искусственного выращивания. Поскольку плодовитость длиннопалого рака относительно невысока, в астацкультуре этот показатель приобретает особое значение (Taugbol et al., 1988 а). Автором впервые в Болгарии исследована плодовитость самок длиннопалого рака в зависимости от размера в связи с формированием качественного маточного стада. Установлено, что в условиях южной Болгарии максимальными относительными продукционными показателями обладают самки со средним весом 82 г. Однако такие особи встречаются достаточно редко, в связи с чем в аквакультуре рекомендуется использовать самок длиной от 108 до 117 мм, весом от 48 до 62 г, относительная рабочая плодовитость которых также достаточно высока (3,17-3,41 шт./г).

На основе анализа литературных данных и собственных исследований нами разработаны требования к условиям культивирования длиннопалого рака в южной Болгарии. Оптимизация технологии полноциклового культивирования длиннопалого рака достигнута нами за счет:

- подбора самок с оптимальными биопродукционными показателями;
- применения инкубационных аппаратов (тип ИРИК);
- оптимальной проточности в инкубационном цеху, маточных бассейнах и земляных прудах: 8 – 10, 3 – 5 и 2 – 3 л/мин соответственно;

- внесения субстратов и укрытий;
- температуры воды (19 – 22°C для самок перед выклевом и личинок I стадии, 22 - 24°C для личинок II и III стадий, сеголеток и двухлеток);
- оптимального гидрохимического режима (рН – 7 – 8, O₂- 6,4-10 мг/л; Са – 32 – 70 мг/л; NH₃ < 0,02 мг/л, (N/NH⁴⁺) < 0,1 – 0,2 мг/л;
- состава корма с преобладанием животного (дафнии, личинки хирономид, рыбный фарш);
- удобрения прудов.

Разовую дозу минеральных удобрений на 1 га пруда определяли по следующей формуле: $У = \frac{(А - Б) \times О}{Д}$, где,

Д

У - доза удобрения, кг; А – желаемая концентрация биогенов в воде, кг/л; Б – фактическая концентрация биогенов, кг/л; О – средний объем воды в 1 га пруда, л; Д – доля биогенов в удобрении, %.

Оптимизированная нами биотехника культивирования позволяет достичь выживаемости личинок от момента выклева до конца III-й стадии 21–46%. Выживаемость в природных условиях, главным образом за счет недостатка корма и хищников, составляет за аналогичный период онтогенеза не более 10% (Черкашина, 1994). Нами получены наилучшие результаты по росту (табл.9,10) и другим биопродукционным показателям (табл.10).

Таблица 9.

Продолжительность развития и рост личинок (I, II и III ст.) *A. leptodactylus* в условиях ЭБ – ИПР (1993 – 1995)

Стадии	Продолжительность стадии, суток/градусодней	Длина, мм	Вес, мг	n
I	8 – 10/170 – 180	7,8 ± 1,2	10,6 ± 1,5	125
II	10 – 14/200 – 280	10,6 ± 0,7	24,0 ± 2,8	98
III	12 – 17/264 – 370	13,2 ± 0,4	131,7 ± 14,5	168

**Биопродукционные показатели культивирования
длиннопалого рака**

Показатели	Возрастная группа	Наилучшие собственные данные	Наилучшие литературные данные
Длина, мм	сеголетки	98-100	76
Вес, г	Сеголетки	22	14
	Двухлетки	76	28
Выживаемость, %	Сеголетки	68	70
	Двухлетки	90	65
	Общая за 2 года	61	46
Урожайность, кг/га	Двух-трехлетки*	1939	1500

Примечание: * - в южной Болгарии раки достигают товарного размера на второй год, в России на третий; соответственно урожайность в наших экспериментах приведена за 2 года, в литературных данных – за 3.

В результате 3-х летних экспериментов удалось достичь увеличения веса сеголеток к концу выращивания с 16 до 22 г, двухлеток – с 41 до 65-76 г. Несмотря на увеличение плотности посадки и начального веса особей, благодаря применяемой биотехнике культивирования достигнуто не только ускорение роста, но и увеличение выживаемости. Так, выживаемость сеголеток возросла с 44% в 1993 г. до 68% в 1995 г. Выживаемость двухлеток была высокой в течение всех трех лет экспериментов (80-90%).

На основе проведенных исследований по культивированию длиннопалого рака в условиях южной Болгарии разработаны биотехнические нормативы (табл.11 В).

Таблица 11.

Биотехнические нормативы

**А. Искусственное воспроизводство камчатского краба заводским
способом**

№	Наименование бионорматива	Единица измерения	Значения показателей
<i>Отлов и транспортировка самок</i>			
1.	Сроки отлова	декада, месяц	Конец февраля - март

2.	Время транспортировки	час	до 20
3.	Емкости для транспортировки (пластиковые)	м ³	1
4.	Плотность посадки	кг/м ³	20-40
<i>Передержка самок перед выклевом личинок</i>			
5.	Плотность посадки самок	шт./м ²	2-4
6.	Размер бассейнов: площадь глубина	м ² м	1-4 0,8
7.	Удельный расход воды	л/час x шт.	0,15-0,30
8.	Температура воды	°С	3-4
9.	Соленость	‰	32-35
10.	Освещенность	лк	1000-2000
11.	Выживаемость самок	‰	100
<i>Выклев и выращивание личинок (зоэа)</i>			
12.	Сроки выклева	декада, месяц	2-3 декада марта*; 1-2 декада апреля**
13.	Плотность посадки личинок	шт./л	50-75
14.	Размер бассейнов: площадь глубина	м ² м	1-4 0,8
15.	Выживаемость эмбрионов	‰	92-100
16.	Продолжительность личиночного периода	сутки	32-39
17.	Суточный рацион (науплии артемии)	шт./лич.	
	- зоэа I		11,3
	- зоэа II		22,4
	- зоэа III		33,2
	- зоэа IV		41,8
18.	Частота кормления	раз/сутки	2
19.	Температура воды	°С	6,5-10
20.	Соленость	‰	32-35
21.	Освещенность	лк	500-2000
22.	Удельный расход воды	л/час x 1000 экз.	4,8-9,6
23.	Выживаемость до стадии глаукотоз	‰	23-31
<i>Выращивание глаукотоз</i>			
24.	Плотность посадки глаукотоз	шт./л	25
25.	Размер бассейнов: площадь глубина	м ² м	1-4 0,8
26.	Продолжительность послеличиночного периода	сутки	18-20
27.	Частота кормления	раз/сутки	0 (не питаются)
28.	Температура воды	°С	10-11
29.	Соленость	‰	32-35
30.	Освещенность	лк	500-1000
31.	Удельный расход воды	л/час x 1000 экз.	9,6-19,2

32.	Выживаемость за послеличиничный период	%	62-75
Выращивание мальков первой стадии			
33.	Плотность посадки мальков	шт./м ²	1000-1500
34.	Размер бассейнов: площадь	м ²	1-4
	глубина	м	0,8
35.	Продолжительность стадии	сутки	20-24
36.	Суточный рацион (мясо кальмара, креветки, мидии)	% от сырого веса	15-20
37.	Температура воды	°С	10-13
38.	Соленость	‰	32-35
39.	Частота кормления	раз/сутки	1
40.	Освещенность	лк	0-2000
41.	Удельный расход воды	л/час x 1000 экз.	38-76
42.	Выживаемость за первую мальковую стадию	%	74

Примечание:

* - Баренцево море; ** - Японское море.

Б. Товарное выращивание гигантской пресноводной креветки в условиях бассейнов

№	Наименование бионормативов	Единицы измерения	Значения показателей
Производители, эмбрионы			
1.	Вес самок самцов	г	20 – 30 40 – 80
2.	Соотношение полов	самцы:самки	1:4
3.	Плотность посадки	шт./м ²	2 – 5
4.	Бассейны, лотки, аквариумы (пластиковые, бетонные или стеклянные)	м ³	0,5 – 2,0
5.	Водообмен	раз/час	5
6.	Температура воды	°С	26-28
7.	Освещенность	лк	500 – 1000
8.	Фоторежим, свет/темнота	час	12:12
9.	Суточный рацион производителей	% от веса	1 – 3
10.	Продолжительность эмбрионального периода	сутки	18 – 20
11.	Выживаемость эмбрионов	%	90 - 95
12.	Выживаемость самок	%	75 - 90
Личинки			
13.	Плотность посадки личинок	шт./л	80 - 120
14.	Объем емкости	м ³	0,2-0,5
15.	Продолжительность личиночного периода	сутки	30-36

16.	Суточный рацион: науплии артемии/яичная смесь	шт./лич././мг./лич.	
	- стадия II		50 / -
	- стадия III - V		100 / 0,5-2,5
	- стадия VI - VIII		150 / 2,5-4,5
	- стадия IX - послеличинки		200 / 4,5-12,0
17.	Частота кормления	раз/сутки	4-5
18.	Температура воды	°С	28 - 31
19.	Соленость	‰	12 - 14
20.	Освещенность	лк	500 – 2000
21.	Фоторежим, свет/темнота	час	12:12
22.	Удельный расход воды	л/час/1000 шт.	7 - 10
23.	Выживаемость	%	45 - 60
Послеличинки			
24.	Продолжительность адаптивного распреснения воды	час	10 - 12
25.	Плотность посадки: 1-я неделя 2-я неделя 3-я неделя после 45 суток до 75 суток	шт./м ²	5000 2000 500 200
26.	Объем емкости	м ³	0,2 – 2,0
27.	Продолжительность послеличиночного периода	сутки	45 - 75
28.	Суточный рацион 1-я неделя 2-я неделя 3-я неделя после 45 суток до 75 суток	% от веса	100 80 50 25-15
29.	Частота кормления	раз/сутки	5 - 2
30.	Температура воды	°С	28 - 30
31.	Освещенность	лк	500 – 2000
32.	Фоторежим, свет/темнота	час	12:12
33.	Удельный расход воды	л/час x 1000 шт.	9,6-19,2
34.	Выживаемость: 45 суток после метаморфоза; 75 суток после метаморфоза	%	78 64
Выращивание до товарного размера			
35.	Плотность посадки:- без субстрата - с субстратом	шт./м ²	5 – 10 50 - 55
36.	Размер емкости: объем глубина	м ³ м	1 – 20 0,5
37.	Продолжительность выращивания	сутки	90 - 120
38.	Суточный рацион (рыбный фарш, комбикорм)	% от веса	2 - 15
39.	Частота кормления	раз/сутки	2
40.	Температура воды	°С	28 - 30

41.	Освещенность	лк	500 – 2000
42.	Фоторежим, свет/темнота	час	12:12
43.	Водообмен	объем/час	5
44.	Вес товарной креветки	г	20 - 40
45.	Выживаемость	%	75 - 80
46.	Выход продукции	г/м ²	800 – 1800

В. Товарное выращивание длиннопалого рака

№	Наименование бионормативов	Единицы измерения	Значения показателей
<i>Производители, эмбрионы</i>			
1.	Возраст наступления половой зрелости	год	2(Болгария) 3 – 4(РФ)
2.	Размер наступления половой зрелости вес/длина: самки самцы	г/мм	40 – 60/109 – 115 60 – 80/110 – 140
3.	Абсолютная рабочая плодовитость	штг.	225
4.	Соотношение полов	самцы:самки	1:2
5.	Плотность посадки производителей	штг./м ²	1 – 2
6.	Бассейны, пруды	га	0,02 – 0,1
7.	Водообмен при содержании производителей	объем/сутки	2 - 3
8.	Температура воды при содержании производителей	°С	1 - 25
9.	Суточный рацион производителей	% от веса	1 – 3
10.	Период спаривания	даты	15 - 30 XI
11.	Продолжительность эмбрионального периода	месяц/градусодни	4 – 5/789 – 1049
12.	Температура воды при инкубации икринок	°С	19 - 22
13.	Продолжительность культивирования в инкубационном цеху	сутки/ градусодни	10 – 14/180 – 200
14.	Инкубационные емкости, лотки с аппаратами ИРИК	объем 1 лотка, м ³ ап./лоток	2 4
15.	Водообмен при инкубации икринок	объем/сутки	24,0 – 38,4
16.	Выживаемость эмбрионов	%	72 – 76
<i>Личинки</i>			
17.	Плотность посадки личинок	штг./м ²	700 - 1000
18.	Температура воды	°С	19 - 24
19.	Продолжительность личиночного периода, в том числе: I стадия II стадия III стадия	сутки/ градусодней	30 – 41/634 – 830 8 – 10/170 – 180 10 – 14/200 – 280 12 – 17/264 –

			370
20.	Водообмен	объем/сутки	48 – 72
21.	Суточный рацион: на II стадии, на III стадии	% от веса	22 25
22.	Частота кормления	раз/сутки	2
23.	Размеры личинок III стадии, длина/вес	мм/мг	12,9–13,5/96– 153
24.	Выживаемость с момента выклева	%	46
<i>Сеголетки</i>			
25.	Площадь выростных прудов	га	0,1 – 0,5
26.	Плотность посадки	шт./м ²	15 – 30
27.	Температура воды	°С	20 – 24
28.	Водообмен	объем/сутки	1 – 1,5
29.	Суточный рацион	% от веса	5,0 – 7,5
30.	Частота кормления	раз/сутки	1
31.	Размеры сеголеток (октябрь), длина/вес	мм/г	98 – 100/20 – 22
32.	Выживаемость	%	68
<i>Выращивание до товарного размера</i>			
33.	Площадь прудов	га	0,1 - 5
34.	Плотность посадки	шт./м ²	3 - 5
35.	Температура воды	°С	18 – 25
36.	Водообмен	объем/сутки	0,5
37.	Продолжительность выращивания	месяц	5 – 6
38.	Суточный рацион	% от веса	2,5 – 3
39.	Частота кормления	раз/сутки	1
40.	Вес товарного рака	г	65 - 70
41.	Выход товарной продукции	кг/га	1500-2000

Закключение.

В ходе проведенного исследования нами сформулированы теоретические основы культивирования ракообразных. Главным направлением разработки всех этапов биотехники является максимальное приближение условий культивирования к физиологическому (но не биологическому, так как в природных условиях обитания могут никогда не реализовываться физиологически наилучшие условия, например по питанию, температуре и др.) оптимуму при минимальных или умеренных экономических затратах с помощью эффективных технологических решений. Очевидно, что предел, до которого может быть увеличена продуктивность, зависит от биопродукционного потенциала объекта

культивирования, а возможность повышения его степени реализации методами аквакультуры теоретически тем выше, чем меньше выживаемость и скорость развития особей определенного вида в природных условиях.

Биопродукционные характеристики объектов и технологичность методов выращивания доказывают, что потенциал развития культивирования камчатского краба, принадлежащего к R-стратегам с высокой плодовитостью (130-500 тыс. шт.) и отсутствием охраны потомства, определяющим низкую выживаемость (до жизнестойкой второй мальковой стадии в природе доживает менее 1 особи из 1000!), достаточно высок. При этом камчатский краб обитает в наиболее холодной воде (2-13 °С), что существенно замедляет метаболические процессы и определяет низкую скорость роста и развития. Половое созревание камчатского краба наступает лишь на 7-8 году жизни. Следовательно, в природе этот вид достаточно уязвим: на фоне низкой выживаемости, тугорослости и длиннопериодности дополнительная антропогенная нагрузка на популяции (промысел, загрязнение и др.) вызывает катастрофическое падение численности, естественное восстановление которой по тем же причинам протекает крайне медленно. Именно это определило основное направление аквакультуры камчатского краба – восстановление численности природных популяций, а огромный нереализованный потенциал продуктивности позволил достичь высокой эффективности разработанной нами биотехники.

Длиннопалый рак, напротив, принадлежит к типичным K-стратегам: его плодовитость составляет всего 100-420 икринок. Самки длиннопалого рака охраняют потомство вплоть до первых личиночных стадий развития. В связи с этим возможность увеличения выживаемости методами аквакультуры существенно ниже, чем для камчатского краба. Обитание длиннопалого рака в умеренном климате вызывает существенное замедление роста в зимний период – это важный потенциал развития аквакультуры.

Гигантскую пресноводную креветку как и камчатского краба можно отнести к R-стратегам: самки имеют высокую плодовитость (10-150 тыс.

шт.) и не проявляют заботы о потомстве. С другой стороны, обитание в субтропическом и тропическом климате при круглогодичной высокой температуре (26-30 °С) ускоряет процессы развития и роста. В результате половое созревание гигантской пресноводной креветки наступает уже в возрасте 3-4 месяцев, а размножение происходит 3-6 раз в год. За счет короткоцикловости при благоприятных условиях возможно быстрое увеличение численности. Короткоцикловость и высокая скорость роста определили наиболее раннее из исследованных нами видов развитие аквакультуры гигантской пресноводной креветки сначала в странах с теплым климатом, а затем и за пределами нативного ареала в странах с умеренным климатом. В России из-за низких зимних температур невозможно обитание гигантской пресноводной креветки в природной среде, в связи с чем основное направление ее культивирования - выращивание на теплых водах. Однако и в умеренном климате за счет оптимизации условий выращивания можно увеличить реализацию биопродукционного потенциала по сравнению с естественной средой.

Основные выводы

1. Природные условия России, традиции потребления и особенности рынков определяют потенциальные объекты культивирования ракообразных, а также методы культивирования и типы хозяйств. Для России наиболее перспективными объектами аквакультуры ракообразных являются камчатский краб, гигантская пресноводная креветка и длиннопалый рак. Оптимальная форма культивирования камчатского краба - хозяйства с замкнутой системой водоснабжения для выращивания личинок и мальков с целью выпуска в море. Оптимальная форма культивирования гигантской пресноводной креветки - товарное выращивание в бассейнах с использованием теплых вод ГРЭС и ТЭЦ. Культивирование длиннопалого рака предусматривает два этапа: получение жизнестойкого посадочного материала в инкубационных цехах и выращивание до товарного размера в прудах.

2. Основой оптимизации биотехники культивирования камчатского краба, гигантской пресноводной креветки и длиннопалого рака, является максимально возможное приближение к физиологическому оптимуму. Это касается основных гидрохимических параметров культивирования, питания и социальных отношений.

3. Достижение физиологического оптимума позволяет увеличить по сравнению с естественными условиями выживаемость личинок камчатского краба в 500 раз и сократить продолжительность развития в 2,1 раза, увеличить выживаемость личинок гигантской пресноводной креветки в 45-60 раз, а длиннопалого рака в 31,3 раза. Подобное увеличение является основой экономической эффективности культивирования этих видов.

4. Оптимальные параметры культивирования камчатского краба должны включать: плотность посадки самок перед выклевом личинок 2-4 шт./м², личинок 50-75 шт./л, послеличинок (глаукотоз) 25 шт./л и мальков 1000-1500 шт./м²; температуру воды во время содержания самок 3-4°C, личинок 6,5-10°C, глаукотоз 10-11°C и мальков 10-13°C. При дифференцированном кормлении, оптимизации фото- и гидрохимического режимов это увеличивает выживаемость самок-производителей в 1,7 раза, глаукотоз в 1,5-3,0 раза, мальков – в 2,1 раза; темп линейного роста личинок в 2 раза; сокращает продолжительность развития глаукотоз в 1,7-1,9 раз по сравнению с аналогичными разработками.

5. Наиболее надежные результаты определения суточных рационов личинок камчатского краба получены при использовании уравнения Сущени (1975). Максимальные суточные рационы для зоа I-IV составляют 11,3, 22,4, 33,2 и 41,8 шт. науплий артемии на 1 личинку камчатского краба, или 34,2, 41,3, 43,2 и 40,7% от сырого веса личинки, соответственно. Среди протестированных комбикормов для зоа I наилучшими являются стартовые корма производства Дании - Start 300 и Start 100, а на стадии зоа II – корм Start 300. Использование расчетных суточных рационов и применение стартовых кормов Start 100, 300 позволяет повысить эффективность культивирования личинок камчатского краба.

6. Личинки камчатского краба проявляют положительную реакцию на свет большей интенсивности, чем глаукотоз и мальки: личинки проявляют максимально выраженную реакцию на световые стимулы интенсивностью $1,9 \times 10^{13}$

и $1,1 \times 10^{10}$ кв/см² сек, глаукотоз - $1,1 \times 10^{10}$ кв/см² сек, мальки - $1,3 \times 10^9$. Количественная оценка фототаксиса позволяет эффективно осуществлять рыбоводные мероприятия в процессе культивирования.

7. Основной трудностью использования замкнутых систем водоснабжения при культивировании камчатского краба является низкая температура воды, затрудняющая процесс биологической очистки оборотной морской воды. Способом преодоления трудностей должна быть предварительная подготовка биоценоза активной биопленки биофильтров при температуре 5-12°C. Стабилизация работы нового биофильтра с загрузкой из синтетических материалов при указанной температуре достигается за 75-80 суток, которые должны предшествовать процессу культивирования.

8. Режим кормления гигантской пресноводной креветки должен последовательно изменяться от II личиночной стадии до послеличинки. При этом количество науплий артемий на особь необходимо ступенчато увеличивать от 50 до 200 шт., количество яичной смеси от 0,5 до 12 мг/особь, а размер частиц от 300 до 1200 мкм. Плотность посадки при этом должна быть в пределах 80-120 шт./л. От стадии послеличинки до получения молоди для дальнейшего товарного выращивания плотность посадки должна ступенчато снижаться с 5000 до 500 шт./м². В период выращивания личинок увеличение корма на одну особь производится в четыре приема, а в период выращивания посадочного материала уменьшение плотности посадки должно производиться в три приема. Оптимальный размер посадочного материала для начала товарного выращивания - 21,5 мм и 140 мг. Подобной режим кормления и содержания, позволяет достичь эффективность, превышающую наиболее высокие зарубежные показатели.

9. Основным компонентом повышения эффективности работы установки замкнутого типа для выращивания гигантской пресноводной креветки является субстрат, который обеспечивает укрытие молоди и активизирует биофильтрацию. Использование субстрата повышает эффективность культивирования по сравнению с существующими аналогами в 5-11 раз.

10. В условиях южной Болгарии оптимальными биопродукционными показателями обладают самки длиннопалого рака длиной 108-117 мм, весом 48-62 г, относительная рабочая плодовитость которых составляет 3,17-3,41 шт./г.

Выявленные биопродукционные характеристики должны быть учтены при формировании маточного стада.

11. Оптимальная технология культивирования длиннопалого рака должна включать раздельное индивидуальное содержание самок в инкубационных аппаратах, проточность 8–10 л/мин, температуру воды во время содержания самок и личинок I стадии 19 – 22°C, при выращивании личинок II и III стадии 22 – 24°C, корм должен содержать преимущественно животный белок. Это ускоряет весовой рост по сравнению с наилучшими результатами аналогичных технологий в 1,9 раза, увеличивает выживаемость по сравнению с природными условиями в 4,6 раза.

Основные публикации по теме диссертации

1. *Ковачева Н.П., Цекон А.* Первые результаты искусственного инкубирования длиннопалого рака (*Astacus leptodactylus*) // Изв. ИСР. – 1995. Т.19. – С. 35 – 45.
2. *Ковачева Н.П.* Современное состояние раководства в Болгарии // Обзорная информация / ВНИЭРХ, серия Аквакультура. – 1997. Вып.1. – С. 33 – 36.
3. *Ковачева Н.П., Смирнов Б.П., Степанов Д.Н.* Развитие личинок *Macrobrachium rosenbergii* (De Man), выращенных в замкнутой системе водоснабжения // Обзорная информация / ВНИЭРХ, серия Аквакультура. – 1999. Вып.1. – С. 15 – 23.
4. *Ковачева Н.П.* Воспроизводство камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) с использованием искусственной морской воды в аппаратах типа «Акватрон» // Обзорная информация / ВНИЭРХ, серия Марикультура. – 2000. Вып. 4. – С. 14 – 27.
5. *Ковачева Н.П., Переладов М.В.* Первые результаты воспроизводства камчатского краба *Paralithodes camtschatica* на искусственной морской воде: Материалы научной конференции «Марикультура Северо-Запада России». – Мурманск, 2000. – С. 35 – 36.
6. *Степанов Д.Н., Смирнов Б.П., Ковачева Н.П.* Биотехника увеличения продуктивности промышленных хозяйств с замкнутым циклом водообеспечения,

выращивающих ракообразных в промышленных масштабах // Обзорная информация / ВНИЭРХ, серия Аквакультура. – 2000 а. Вып.1. – С. 11 – 22.

7. *Степанов Д.Н., Смирнов Б.П., Ковачева Н.П.* Товарное выращивание пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii* в России // Обзорная информация / ВНИЭРХ, серия Аквакультура. – 2000 б. Вып.1. – С. 3 – 11.

8. *Ковачева Н.П.* Способ выращивания посадочного материала пресноводной креветки / Патент РФ № 2165143. Россия. – 2001. Бюлл. № 11.

9. *Ковачева Н.П.* Биотехнология искусственного воспроизводства камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в системе с замкнутым циклом водоснабжения: Материалы Международной конференции СахНИРО. – Южно-Сахалинск, 2002а. Т.3. – С. 300 – 308.

10. *Ковачева Н.П.* Искусственное разведение камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* как способ восстановления численности природных популяций: биотехнологические аспекты: Материалы 1-й Международной конференции «Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки». – М., 2002б. – С. 18 – 21.

11. *Борисов Р.Р., Ковачева Н.П.* Стадия прозога камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*): Материалы Международного симпозиума «Холодноводная аквакультура: старт в 21 век». – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – С. 180 – 181.

12. *Ковачева Н.П.* Способ воспроизводства ракообразных (камчатский краб) / Патент РФ № 2200386. Россия. – 2003. Бюлл. № 8.

13. *Ковачева Н.П., Нургор Х., Эпельбаум А.Б., Борисов Р.Р.* Российско-норвежские перспективы развития аквакультуры камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) на Баренцевом море: Материалы Международного симпозиума «Холодноводная Аквакультура: старт в 21 век». – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – С. 54 – 55.

14. *Ковачева Н.П., Эпельбаум А.Б.* Развитие и рост камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) на ранних стадиях онтогенеза в искусственных условиях и в естественной среде // Донные экосистемы Баренцева моря. / Ред. Соколов В.И. – М.: ВНИРО, 2003. Т. 142. – С. 135 – 143.

15. *Эпельбаум А.Б., Ковачева Н.П.* Исследование рационов личинок камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) при культивировании в установках с замкнутым циклом водоиспользования: Материалы Международного симпозиума «Холодноводная аквакультура: старт в 21 век». – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – С. 182 – 183.

16. *Ковачева Н.П., Борисов Р.Р., Жигин А.В., Калинин А.В., Эпельбаум А.Б.* Опыт содержания производителей, получения потомства и подращивания молоди камчатского краба в замкнутых системах: Материалы 2-ой Международной научно-практической конференции «Человек и животные». – Астрахань: ИД «Астраханский университет», 2004. – С. 203 – 205.

17. *Ковачева Н.П., Жигин А.В., Калинин А.В., Лебедев Р.О.* Выживаемость гигантских пресноводных креветок при передержке в бассейнах: Материалы 2-ой Международной научно-практической конференции «Человек и животные». – Астрахань: ИД «Астраханский университет», 2004а. – С. 206 – 208.

18. *Ковачева Н.П., Жигин А.В., Калинин А.В., Лебедев Р.О.* Устройство для инкубации яиц артемии салина / Патент РФ № 40841. Россия. МПК⁷ А01К 61/00. – 2004б. Бюлл. № 8.

19. *Жигин А.В., Ковачева Н.П., Лебедев Р.О.* Гигантская пресноводная креветка как объект индустриальной аквакультуры // ЭИ ВНИЭРХ, сер. Прибрежное рыболовство и аквакультура. – 2004. – С. 13 – 31.

20. *Ковачева Н.П., Эпельбаум А.Б., Калинин А.В.* Личиночное развитие камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) при искусственном культивировании: Доклады Международного научного семинара «Проблемы репродукции и раннего онтогенеза морских гидробионтов». – Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2004. – С. 56 – 59.

21. *Лебедев Р.О., Жигин А.В., Ковачева Н.П., Кряхова Н.В.* Влияние температуры на выживаемость гигантской пресноводной креветки: Материалы научно-практической конференции «Зоокультура и биологические ресурсы». – М.: КМК, 2004. – С. 48 – 50.

22. *Соколов В.И., Ковачева Н.П.* Состояние запасов камчатского краба в Баренцевом море. Перспективы промысла и развития промышленной аквакультуры // Рыбн. ресурсы. – 2004. № 6. – С. 40 – 42.

23. *Борисов Р.Р., Ковачева Н.П.* Эксперименты по содержанию мальков камчатского краба в искусственных условиях: Материалы 2-й Международной конференции «Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки». – М.: ВНИРО, 2005. – С. 123 – 125.

24. *Борисов Р.Р., Эпельбаум А.Б., Кряхова Н.В., Ковачева Н.П.* Каннибализм у камчатского краба на ранних стадиях развития при выращивании в искусственных условиях: Материалы 2-й Международной конференции «Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки». – М.: ВНИРО, 2005. – С. 120 – 122.

25. *Жигин А.В., Ковачева Н.П.*, Перспективы создания технологии искусственного разведения камчатского краба: Материалы научно-практической конференции «Зоокультура и биологические ресурсы». – М.: КМК, 2005. – С. 35 – 37.

26. *Ковачева Н.П.* Камчатский краб как новый объект марикультуры // Обзорная информация / ВНИЭРХ, серия Марикультура. – М., 2005а. – 40 с.

27. *Ковачева Н.П.* Распространение, промысел и разведение длиннопалого рака *Astacus leptodactylus* в Болгарии: Материалы Международной научно-практической конференции «Аквакультура и интегрированные технологии: проблемы и возможности». – М., 2005б. – С. 383 – 390.

28. *Ковачева Н.П., Наумова А.М., Матвеева Е.И.* Эколого-физиологические особенности камчатского краба при содержании в искусственных условиях // Изв. ТСХА. – 2005. № 2. – С. 89 – 93.

29. *Ковачева Н.П., Жигин А.В., Эпельбаум А.Б., Борисов Р.Р., Калинин А.В., Паршин-Чудин А.В., Лебедев Р.О.* Способ воспроизводства ракообразных (камчатский краб) / Патент РФ № 2261594. Россия. МПК А01К61/00. – 2005а. Бюлл. № 28.

30. *Ковачева Н.П., Жигин А.В., Калинин А.В., Лебедев Р.О.* Установка для выращивания ракообразных / Патент РФ № 46409. Россия. МПК А01К61/00. – 2005б. Бюлл. № 18.

31. *Ковачева Н.П., Калинин А.В., Ткаченко В.П., Паршин-Чудин А.В., Борисов Р.Р.* Содержание и доращивание камчатского краба в бассейнах с проточной системой водоснабжения: Материалы 2-ой Международной

конференции «Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки». – М.: ВНИРО, 2005в. – С. 151 – 153.

32. *Ковачева Н.П., Калинин А.В., Эпельбаум А.Б., Борисов Р.Р., Лебедев Р.О.* Культивирование камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815). Часть 1. Особенности раннего онтогенеза. Бионормативы и рекомендации по искусственному воспроизводству. – М.: ВНИРО, 2005г. – 76 с.

33. *Наумова А.М., Ковачева Н.П., Цухлова А.Ю., Матвеева Е.И.* Патогены и патологии камчатского краба при содержании в искусственных условиях: Материалы Всероссийской практической конференции-семинара «Эпизоотологический мониторинг в аквакультуре: состояние и перспективы». – М., 2005д. – С. 79 – 80.

34. *Соколов В.И., Ковачева Н.П.* Камчатский краб Баренцева моря: изучение и воспроизводство // Рыбн. хозяйство. – 2005. № 2. – С. 60 – 62.

35. *Тертицкая А.Г., Ковачева Н.П.* Опыт содержания красного болотного рака (*Procambarus clarkii*) в искусственных условиях: Материалы 2-го Международного семинара «Беспозвоночные в коллекциях зоопарков». – М., 2005. – С. 180 – 182.

36. *Эпельбаум А.Б., Ковачева Н.П., Кряхова Н.В.* Использование искусственных кормов при культивировании личинок камчатского краба: Материалы 2-й Международной конференции «Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки». – М.: ВНИРО, 2005. – С. 175 – 178.

37. *Ковачева Н.П., Жигин А.В., Калинин А.В., Лебедев Р.О.* Способ содержания взрослых особей креветок / Патент РФ № 2271655. Россия. МПК⁷ А01К 61/00. – 2006. Бюлл. № 8.

38. *Жигин А.В., Ковачева Н.П., Калинин А.В., Лебедев Р.О.* Установка с замкнутым циклом водоиспользования для выращивания гигантских пресноводных креветок и других ракообразных // Обзорная информация / ВНИЭРХ, серия Прибрежное рыболовство и аквакультура. – 2006. Вып. 1. – С. 23 – 25.

39. *Ковачева Н.П., Жигин А.В., Калинин А.В., Лебедев Р.О.* Способ и устройство для отделения выклюнувшихся науплиусов артемии // Обзорная

информация / ВНИЭРХ, серия Прибрежное рыболовство и аквакультура. – 2006. Вып. 1. – С. 26 – 29.

40. *Ковачева Н.П., Орлов Ю.И.* О проблеме акклиматизации и культивирования камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в России: Материалы 8-ой Международной конференции «Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана». – М.: ВНИРО, 2006. – С. 31 – 34.

41. *Ковачева Н.П.* Камчатский краб – новый объект культивирования на побережье Баренцева моря: Материалы 7-ой Всероссийской конференции по промышленным беспозвоночным. – М.: ВНИРО, 2006. – С. 284 – 286.

42. *Тертицкая А.Г., Борисов Р.Р., Ковачева Н.П.* Агрессивное поведение в разноразмерных группах гигантских пресноводных креветок (*Macrobrachium rosenbergii*) при содержании в искусственных условиях: Материалы 7-ой Всероссийской конференции по промышленным беспозвоночным. – М.: ВНИРО 2006. – С. 298 – 300.

43. *Kovacheva N.P.* Reprodukce raka bahenniho (*Astacus leptodactylus* Esh.) v rizenych podminkach v Bulharsku // Bull. VURH Vodnany. – 1998. – V. 34. № 3. – P. 103 – 108.

44. *Grozev D., Kovacheva N.P.* Methods of crayfish nutrition in aquaculture / In: Fish and crustacean methodology and research for semi-intensive pond-based farming systems. Fisheries development. / Csengeri I., Szito A., Papp S., Tacon A. (Eds.) – 2000. V 23. – P. 145 – 148.

45. *Kovatcheva N.P.* Observations on rearing red king crab, *Paralithodes camtschaticus* zoea and glaucothoe in a recycling water system / In: Crabs in cold water regions: biology, management, and economics. / Paul A.J. et al. (Eds.) – Alaska: Anchorage, 2001. – P. 273 – 282.

46. *Kovatcheva N.P., Pereladov M.V.* Preliminary Data from Rearing *Paralithodes camtschaticus* Larvae and Postlarvae in a Closed Recirculating Water System: Abstracts of 19th Lowell Wakefield Symposium «Crab 2001, Crabs in Cold Water Regions: Biology, Management, and Economics». – Alaska: Anchorage, 2001. – P. 33.

47. *Kovatcheva N.P.* Artificial breeding of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* in the coast farms as a method of restoration its natural populations:

biotechnological aspects: Abstracts of International conference «Aquaculture Europe 2002: Seafarming – today and tomorrow». – Italy: Trieste, 2002. V. 32. – P. 280.

48. *Kovatcheva N.P.* Red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) artificial cultivation – as a method of restoration it's natural populations: Abstracts of contributions presented at North Pacific Marine Science Organization Twelfth Annual Meeting. – Seoul, 2003a. – P. 53.

49. *Kovatcheva N.P.* The main characteristics of the red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) larvae, postlarvae and juveniles reproduction and rearing in recirculating water system: Abstracts of contributions presented at the World-Aquaculture. – Salvador, 2003b. – P. 183 – 185.

50. *Kovatcheva N., Epelbaum A.* Study on the early development of laboratory reared red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in a recycling water system: Abstracts of International conference «Aquaculture Europe 2003: Beyond Monoculture». – Norway: Trondheim, 2003. V. 33. – P. 232 – 233.

51. *Kovatcheva N.P., Borisov R.R., Epelbaum A.B., Kalinin A.V.* The status of red king crab stocks in the Far Eastern Seas and their recovery by way of aquaculture: Abstracts of North Pacific Marine Science Organization XIII Annual Meeting. – USA: Hawaii, Honolulu, 2004 – P. 203.

52. *Epelbaum A.B., Kovatcheva N.P.* Daily food intakes and optimal food concentrations for red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) larvae fed *Artemia* nauplii under laboratory conditions // Aquacult. Nutrition. – 2005. – V. 11. № 6. – P. 455 – 461.

53. *Kovatcheva N.P.* Crustacean cultivation in artificial conditions: Promising trends in aqua- and mariculture in Russia: Abstracts of contributions presented at North Pacific Marine Science Organization Fourteenth Annual Meeting. – Vladivostok, 2005. – P. 69 – 70.

54. *Epelbaum A.B., Borisov, R.R., Kovatcheva N.P.* Early development of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* from the Barents Sea reared in the laboratory: morphology and behaviour // J. Mar. Biol. Ass. United Kingdom. – 2006. – V. 86. № 2. – P. 317 – 333.

55. *Epelbaum A.B., Kovatcheva N.P.* Behavior of red king crab *Paralithodes camtschaticus* postlarvae: implications for culture: Abstracts of contributions presented at the International conference «Aquaculture Europe». – Italy: Florence, 2006. – P. 288.

56. *Kovatcheva N.P., Borisov R.R., Kryahova N.V.* The effect of temperature, food, and shelter availability on growth and survival rate of red king crab *Paralithodes camtschaticus* juveniles: Abstracts of contributions presented at the International conference «Aquaculture Europe». – Italy: Florence, 2006. – P. 488.

57. *Kovatcheva, N.P., Epelbaum. A.B., Kalinin A.V., Borisov R.R., Lebedev R.O.* Early life history stages of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815): biology and culture. – Moscow: VNIRO, 2006. – 116 p.

58. *Kovatcheva N.P.* Red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) reproduction and cultivation in artificial conditions in Russia / In: Proceedings of the Alaskan Crab Stock Enhancement and Rehabilitation Workshop. – Alaska: Anchorage. Univ. Alaska sea grant report, 2006. № AK-SG-07-01. – P. 8 – 18.

Благодарности. Считаю своим приятным долгом выразить искреннюю благодарность всем, чья поддержка и усилия помогли завершить данную работу: директору ВНИРО к.г.н. Б.Н.Котеневу; сотрудникам лаборатории воспроизводства ракообразных ВНИРО к.т.н. А.В.Калинину, к.б.н. Р.Р.Борисову, к.б.н. А.Б.Эпельбаум, Р.О.Лебедеву, А.В.Паршину-Чудину; сотрудникам ВНИРО к.б.н. В.И.Соколову, к.б.н. Б.Г.Иванову, к.х.н. Н.В.Лапиной, к.б.н. Л.К.Сидорову, А.Ю.Огурцову, к.б.н. Б.П.Смирнову, д.б.н. А.И.Глубокову; к.б.н. Ю.И.Орлову, к.б.н. Д.Степанову, д.с.н. А.В.Жигину, А.Ю.Соколову; сотрудникам ИПР г. Пловдив к.б.н. А.Г.Цекову, к.б.н. Г.Грозеву, к.б.н. Дж.Грозеву, к.б.н. Л.Г.Йошеву; проф. д.б.н. Н. Ackefors; к.б.н. В.Stevens; проф. д.б.н. Н.Kittaka, д.б.н. S.Shirly.



40941 - 362-420