

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ ПО БИОРЕСУРСАМ»

УДК 639.51: 626.886.1

**Кулеш
Виктор Федорович**

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОВОДНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ
ПРОМЫСЛОВЫХ РАКООБРАЗНЫХ

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени доктора биологических наук
по специальности 03.02.14 – биологические ресурсы

Минск 2013

Работа выполнена в УО «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка»

Научный консультант: **Семенченко Виталий Павлович**
доктор биологических наук, член-корреспондент
НАН Беларуси, зав. лабораторией гидробиологии
ГНПО «Научно- практический центр» НАН
Беларуси по биоресурсам»

Официальные оппоненты:

Тодераш Ион Кириллович
доктор биологических наук, профессор, академик
АН Молдовы, директор Института зоологии АН
Молдовы

Камлюк Лилия Васильевна
доктор биологических наук, профессор, профессор
кафедры экологии и методики преподавания
биологии Белорусского государственного
университета

Козлова Тамара Васильевна
доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
профессор кафедры промышленного рыбководства,
и переработки рыбной продукции УО «Полесский
государственный университет»

Оппонирующая организация – УО «**Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова**»

Защита состоится 7 мая 2013 г. в 14 часов на заседании Совета по защите диссертаций Д 01.32.01 при ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам» по адресу: ул. Академическая, 27, Минск, 220072, Беларусь, Тел.: (375–17) 284-10-36, 284-21-91

С диссертацией можно ознакомиться в Совете по защите диссертаций при ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам»

Автореферат разослан «2» апреля 2013 г.

Ученый секретарь
Совета Д 01.32.01
кандидат биологических наук

Н.Н.Рощина

ВВЕДЕНИЕ

Ресурсы сельскохозяйственного производства на суше во многом уже исчерпали свои резервы, не наблюдается в последнее десятилетие и роста производства морепродуктов. Это происходит, во-первых, из-за сокращения сырьевых запасов и нарушения естественного воспроизводства многих ценных видов гидробионтов, во-вторых, из-за установления 200-мильной экономической зоны, в результате чего наиболее богатые морепродуктами шельфовые районы оказались недоступными для свободного международного промысла. Таким образом, в ближайшей перспективе культура пресноводных ракообразных может быть экологически более приемлема и более жизнеспособна, чем марикультура (Козлов, 1999; New et al., 2000; New, 2005).

В этой связи самое пристальное внимание обращается на всестороннее рациональное использование внутренних водоемов. Еще в 80-е годы прошлого века было отмечено, что традиционная аквакультура рыбы и нерыбных объектов наиболее эффективна для южных регионов, где она интенсивно развивалась в последние годы. Дальнейшее создание прудовых хозяйств в этих регионах все больше лимитировалось возрастающими трудностями с землеотведением и дефицитом воды. В сложившихся условиях большие потенциальные возможности для развития аквакультуры заключаются в использовании сбросной подогретой воды энергетических объектов (Корнеев, 1982, Стикни, 1986). Экосистемы водоемов, используемых для охлаждения конденсаторов энергоблоков тепловых и атомных электростанций, без сомнения можно отнести к одним из наиболее технозависимых, наиболее сильно подверженных антропогенному воздействию. В водоемах-охладителях происходят как поступательные изменения сукцессионного характера, так и изменения, связанные с техногенными факторами: реконструкцией электростанций и гидросооружений, введением дополнительных энергоблоков или выведением их из эксплуатации и др. (Протасов, Здановски, 2002; Стикни, 1986.).

Кроме того, все большее значение придается экономии энергии, особенно в тех странах, где запасы энергоносителей ограничены. Потребность в освоении и развитии энергетики на возобновляемых ресурсах становится все более очевидной при возрастающем спросе на топливо, особенно на нефть, росте требований к уровню жизни населения и состоянию окружающей среды. В таких условиях в качестве одного из значимых источников энергии в Беларуси может использоваться низкопотенциальное тепло водных ресурсов. Особенно актуальным становится использование водоемов-охладителей энергетических объектов. Так, для водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС среднесуточное дополнительное тепло достигает 43 550, а для озера Белого (водоем-охладитель Березовской ГРЭС) – 15 200 Гкал в год (Коваленко, 1998). В этой связи повышение коэффициента полезного действия сбросного подогретого тепла является важнейшей экономической задачей.

Многолетние наблюдения показали, что водоемы-охладители при всем своеобразии экосистем отнюдь не представляют собой мертвые водоемы. Существуют определенные механизмы адаптаций, позволяющие экосистемам в

условиях значительного антропогенного пресса функционировать, поддерживая определенный уровень устойчивости (Протасов и др., 1991), что дает основание оценивать эти экосистемы как вполне пригодные для развития и интенсификации тепловодной аквакультуры.

С целью увеличения эффективности использования сбросного подогретого тепла, улучшения кормовой базы рыб, а также обогащения фауны водоемов-охладителей нами впервые было предложено целенаправленное вселение в подогреваемые водоемы субтропического вида – восточной речной креветки, *Macrobrachium nipponense* (De Haan). В 1982г она была вселена в водоем-охладитель Березовской ГРЭС (Беларусь) и несколько позже – в водоем-охладитель Приморской ГРЭС (Россия), водоемы дельты Волги, Кучурганской ГРЭС (Молдова), где успешно натурализовалась [2, 3, 11, 21, 23] (Владимиров, Тодераш, Чорик, 1989; Свирский, Рачек, Андреева, 1994).

Однако, несмотря на определенные успехи в этом направлении, в нашей стране акклиматизация пресноводных креветок, разведение растительноядных рыб (Кончиц, 1999; 2000) эффективность использования сбросного тепла пока еще низкая.

Чтобы его увеличить, нами предлагается на примере водоема-охладителя Березовской ГРЭС культивировать хозяйственно-ценные виды промысловых ракообразных – пресноводных креветок и речных раков. Не требует доказательств то, что пресноводные креветки и речные раки являются важным промысловым ресурсом. Традиционно эти ракообразные ценятся на мировом рынке как превосходный продукт питания, а также являются сырьем для легкой и фармацевтической промышленности. Оптимизация их культивирования относится к числу наиболее сложных и актуальных проблем как с точки зрения решения фундаментальных научных задач, так и их прикладного значения.

Если в отношении тепловодного рыбоводства биологические составляющие аквакультуры достаточно хорошо разработаны (Корнеев, 1982; Кончиц, 1999, 2000; Стикни, 1986), то в отношении промысловых видов беспозвоночных, в частности пресноводных креветок и речных раков, таких разработок, за исключением наших исследований, не существует. Тепловодная аквакультура ракообразных до настоящего времени еще не была в полном смысле слова самостоятельным направлением современной аквакультуры, поскольку она не имела своей биолого-методической основы. Разработка биологических основ тепловодной аквакультуры этих гидробионтов и обоснование перспективности их использования в рыбных хозяйствах является целью настоящего диссертационного исследования.

В диссертации предложены пути оптимизации культивирования быстрорастущих промысловых видов пресноводных креветок и речных раков в умеренном климатическом поясе (в условиях Беларуси), что влечет за собой повышение эффективности использования низкопотенциального сбросного тепла энергетических объектов.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами, темами

Исследования по теме диссертации выполнялись в рамках тематики научных исследований лаборатории гидроэкологии Института зоологии НАН Беларуси и кафедры общей биологии Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка: тема «Разработать методы реконструкции кормовой базы водоемов-охладителей ТЭС и АЭС путем вселения в них субтропических видов ракообразных и гидробионтов из геотермальных источников и выдать практические рекомендации Управлению рыбного хозяйства Белорусской ССР» (1979–1981гг., Постановление ГКНТ СССР от 26.07.1979г.); тема «Биоэнергетическая оценка потенциальных возможностей роста водных беспозвоночных» (1980–1985гг., номер госрегистрации 81019769); Республиканская научно-техническая проблема 85.01р., задание 02.09 «Разработать и внедрить рекомендации по использованию тепла Березовской ГРЭС для нужд рыбного хозяйства» (1982–1985гг., Постановление Совета Министров БССР № 353 от 29 октября 1981г., номер госрегистрации 81019769); тема «Оценка гетерогенности функционирования гидробионтов и их популяций (1989–1994 гг., номер госрегистрации 1993162); проект № Б 97–419, Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований «Разработать биологические основы разведения речных раков в Беларуси» (1998–2000 гг., номер госрегистрации 19981971); тема по заданию Министерства образования РБ «Функциональная роль и товарная продукция восточной речной креветки *Macrobrachium nipponense* в прудах на сбросной воде водоема-охладителя Березовской ГРЭС» (2002–2003гг., номер госрегистрации 20021651); тема по заданию Министерства образования РБ «Биотехника разведения сеголетка длиннопалого рака, *Astacus leptodactylus* Esch. с использованием сбросной подогретой воды теплоэлектростанции» (2004–2005гг., номер госрегистрации 20041530); Государственная программа ориентированных фундаментальных исследований «Ресурсы растительного и животного мира», тема «Разработать биологические основы тепловодной аквакультуры хозяйственно-ценных и промысловых ракообразных (пресноводные креветки, речные раки)» (2006–2010гг., номер госрегистрации 20061925).

Цель и задачи исследования

Цель – установить закономерности жизнедеятельности промысловых видов десятиногих ракообразных на сбросной воде теплоэлектростанции в качестве научной основы для разработки регламентов их полноциклического культивирования на теплых водах энергетических объектов.

Основные задачи:

1. Выявить параметры энергетического обмена у различных видов пресноводных креветок на всех стадиях онтогенеза, необходимые для расчетов

минимальных пищевых рационов и критерия физиологического состояния в аквакультуре на сбросных подогретых водах теплоэлектростанции.

2. Определить пищевые потребности на ранних этапах онтогенеза, оценить спектры питания и пищевую избирательность массовых видов корма из экосистемы водоема-охладителя, рассчитать рационы и величину их усвояемости для разработки биотехники кормления пресноводных креветок в тепловодной аквакультуре.

3. Установить адаптивные особенности личиночного развития как самого значимого и уязвимого этапа онтогенеза у пресноводных креветок различной экологической принадлежности (бореальный, субтропический и тропический вид) для оптимизации культивирования в искусственных условиях и на сбросной подогретой воде ТЭС.

4. Определить параметры послеличиночного размерно-весового роста, продуктивности и выживаемости модельных видов креветок при различных условиях выращивания и воздействия факторов среды для выявления оптимальных методов ведения тепловодной аквакультуры с целью получения товарной продукции.

5. Разработать научные подходы для интенсификации полуинтенсивного выращивания промысловых видов речных раков с использованием установленных принципов и методов тепловодного культивирования пресноводных креветок.

Объект исследования – ресурсные, промысловые виды десятиногих ракообразных. Пресноводные креветки и речные раки являются ценным пищевым продуктом, который пользуется повышенным спросом на внутреннем и особенно внешнем рынке. Истощение промысловых запасов этих видов требует оптимизации их аквакультуры, что и предопределило выбор объектов исследования.

Предмет исследования – параметры энергетического обмена, количественные закономерности питания, эколого-физиологические характеристики личиночного развития, послеличиночного роста промысловых видов пресноводных креветок и речных раков в искусственных условиях интенсивной аквакультуры и на сбросной подогретой воде ТЭС.

Положения, выносимые на защиту

1. Ключевыми физиологическими параметрами для разработки регламентов тепловодного культивирования десятиногих ракообразных являются дыхание и питание:

– закономерности связи скорости потребления кислорода с массой тела у пресноводных креветок на всех этапах онтогенеза определяют уровень метаболизма в пределах толерантных температур и используются для расчета минимальных пищевых потребностей и баланса энергии;

– пищевые потребности в период личиночного развития, установленные количественные закономерности потребления массовых видов корма из

экосистемы водоема-охладителя ТЭС в послеличиночный период и впервые предложенный показатель (суммарный межличиный рацион) лежат в основе рациональной биотехники кормления креветок при ведении полноциклической тепловодной аквакультуры.

2. Личинки пресноводных креветок с различными типами развития требуют видоспецифичных методов культивирования, что обусловлено их адаптивными возможностями по отношению к факторам среды. В водоемы-охладители ТЭС умеренной зоны для обогащения их кормовой базы и ведения аквакультуры наиболее пригодны креветки с «сокращенным» личиночным периодом.

3. Интенсификация тепловодной аквакультуры пресноводных креветок различной экологической принадлежности требует оптимизации абиотических факторов, плотности посадки, половой структуры популяции и выращивания в поликультуре с рыбой:

– для тропического вида (*Macrobrachium rosenbergii*) приемлема стратегия «прерывистой посадки», предусматривающая получение и выращивание личинок в искусственных условиях в зимний период с последующим товарным культивированием;

– для субтропического и бореального видов (*M. nipponense*, *Exopalaemon modestus*), весь жизненный цикл которых проходит в пресной воде более приемлемо культивирование на протяжении всего периода онтогенеза в течение одного вегетационного сезона.

4. Разработанные биологические основы аквакультуры пресноводных креветок применимы и для культивирования речных раков на сбросной подогретой воде энергетических объектов. Тепловодное инкубирование личинок, получение жизнестойкого посадочного материала и сеголетка более эффективно, чем традиционные методы аквакультуры раков на воде с естественным температурным режимом.

Личный вклад соискателя

Основная часть диссертационной работы выполнена в результате самостоятельно проведенных автором исследований личиночного развития пресноводных креветок и речных раков, дыхания, питания и роста. Разработка широкого круга вопросов по выращиванию креветок и речных раков потребовала участия специалистов, являющихся соавторами соответствующих публикаций и практических разработок. Отдельные аспекты роста и развития личинок восточной речной креветки и гигантской пресноводной креветки, роста креветок в садках на сбросной воде Березовской ГРЭС на начальных этапах исследования выполнены при участии сотрудников Института зоологии НАН Беларуси д.б.н. Н.Н.Хмелевой и к.б.н. Ю.Г. Гигиняка. Исследования биологии речных раков, роста и выживаемости восточной речной креветки в земляных прудах в поликультуре с рыбой и в садках в монокультуре в послеличиночный период онтогенеза на сбросной подогретой воде Березовской ГРЭС проводились совместно с сотрудником НПЦ по биоресурсам НАН Беларуси к.б.н.

А.В.Алехновичем. Совместно с А.В. Алехновичем и ассистентом кафедры общей биологии БГПУ им. Максима Танка В.В.Никитинским производился отлов яйценосных самок длиннопалого рака, широкопалого рака из маточных водоемов и их доставка в инкубцах Белозерского отделения рыбхоза «Селец».

Считаю своим долгом выразить глубокую признательность своему учителю, доктору биологических наук, профессору Н.Н.Хмелевой (1932-2000гг.) под руководством которой выполнена кандидатская диссертация и написаны первые научные работы. Выражаю искреннюю благодарность действительному члену Национальной академии наук Беларуси и Российской академии наук, профессору, доктору биологических наук Л.М.Сущене за поддержку в выполнении настоящей работы, научному консультанту – члену-корреспонденту Национальной академии наук Беларуси, доктору биологических наук В.П. Семенченко за ценные советы и рекомендации при написании диссертации.

Особую благодарность выражаю ведущему научному сотруднику лаборатории гидробиологии НПЦ по биоресурсам, кандидату биологических наук А.В. Алехновичу за неоценимую помощь, содействие и постоянную поддержку в проведении научных исследований на протяжении более чем 30 лет. Искренне благодарю ведущего научного сотрудника лаборатории гидробиологии НПЦ по биоресурсам, кандидата биологических наук Ю.Г.Гигиняка за помощь в проведении полевых и лабораторных работ по пресноводным креветкам, заведующего кафедрой общей биологии БГПУ им. Максима Танка доцента, кандидата биологических наук В.В.Маврищева за содействие в проведении полевых исследований и подготовке диссертации. Выражаю также свою благодарность коллегам – сотрудникам лаборатории гидроэкологии Института зоологии НАН Беларуси, кафедры общей биологии и научного отдела БГПУ имени Максима Танка за плодотворное сотрудничество, помощь при проведении многолетних исследований и подготовке настоящей работы.

Апробация результатов диссертации

Результаты диссертационной работы были апробированы на 5-й, 6-й, 7-й, 8-й, 9-й зоологических научных конференциях (Минск, 1983г.; Витебск, 1989г.; Минск, 1994г., 1999г., 2004г.); Пленуме Всесоюзного гидробиологического общества (Москва, 1984г.); на 3-й, 4-й, 5-й Всесоюзных конференциях по промысловым беспозвоночным (Калининград, 1982г.; Севастополь, 1986г.; Минск (Нарочь), 1990г.); на 3-м Всесоюзном совещании по рыбохозяйственному использованию теплых вод (Нарва, 1986г.); на Всесоюзном совещании «Экологическая энергетика животных» (Суздаль, 1988г.); на Всесоюзном совещании «Сырьевые ресурсы и биологические основы рационального использования промысловых беспозвоночных» (Владивосток, 1988г.); на 23-й научной конференции «Биология пресных водоемов бассейна Балтийского моря (Петрозаводск, 1991г.); на международной конференции «Аквакультура-95 в Европе» (Норвегия, Тронхейм, 1995г.); на международной конференции «Будущие направления в развитии аквакультуры в Восточной Европе» (Венгрия, Будапешт, 1996г.); на международной школе-семинаре «Интродукция

чужеродных видов в Европе» (Италия, Флоренция, 1997г.); на 12-м международном симпозиуме астакологов (Германия, Аугсбург, 1998г.); на международной научно-практической конференции «Проблемы развития рыбного хозяйства на внутренних водоемах в условиях перехода к рыночным отношениям» (Минск, 1998г.); на международном совещании астакологов (Астрахань, 1999г.); на международной конференции «Озера Белорусского Поозерья: современное состояние, проблемы использования и охраны» (Витебск, 1999г.), на международной конференции по прудовой аквакультуре в центральной и восточной Европе (Чешская Республика, Водняны, 2001г.); на 1-й, 2-й республиканской научно-практической конференции «Антропогенная динамика ландшафтов и проблемы сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия» (Минск, 2001г., 2004г.); на 4-й международной научно-практической конференции «Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий», (Гомель, 2002г.); на республиканской научной конференции «Красная Книга Республики Беларусь: состояние, проблемы и перспективы» (Витебск, 2002г.); на 2-й международной научной конференции «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды» (Нарочь, 2003г.); на международной научно-практической конференции «Стратегия развития аквакультуры в условиях XXI века» (Минск, 2004г.); на 7-й Всероссийской конференции по промысловым беспозвоночным (памяти Б.Г.Иванова) (Мурманск, 2006г.); на 6-й зоологической конференции Молдовы (Кишинев, 2007г.); на международной научно-практической конференции «География в XXI веке: проблемы и перспективы развития» (Брест, 2008 г.); на 4-й международной научно-практической конференции «Современные экологические проблемы устойчивого развития Полесского региона и сопредельных территорий: наука, образование, культура» (Мозырь, 2009 г.).

Опубликованность результатов диссертации

Результаты диссертационного исследования изложены в 72 публикациях, из них 3 монографии, 20 работ в реферируемых русскоязычных журналах перечня ВАК, 3 работы в зарубежных журналах на английском языке, 2 работы в реферируемых русскоязычных сборниках перечня ВАК, 4 работы в русскоязычных сборниках, 7 работ в зарубежных сборниках, 14 материалов конференций, 17 тезисов конференций, 2 патента. Общий объем публикаций составляет 60,5 авторских листа, в том числе монографий, статей в научных изданиях перечня ВАК и зарубежных изданиях 53,5 авторских листа.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, 7 глав, заключения, списка литературы, авторского списка литературы, 2 приложений. Общий объем рукописи диссертации составляет 312 страниц, объем приложений 15 страниц. Работа иллюстрирована 64 таблицами, 73 рисунками

и 2 фотографиями. Библиография включает 412 источников, из которых 325 на иностранных языках и 72 публикация соискателя, из которых 12 на иностранных языках. 3 публикации в журнале «Экология» и 3 публикации в «Гидробиологическом журнале» переизданы в США на английском языке.

ЭКОЛОГИЯ И КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ПРОМЫСЛОВЫХ РАКОБРАЗНЫХ. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Среди промысловых ракообразных наибольший интерес как объекты аквакультуры представляют пресноводные креветки и речные раки. В практике аквакультуры среди пресноводных креветок мировое лидерство принадлежит гигантской пресноводной креветке (*Macrobrachium rosenbergii* (De Man)) и восточной речной креветке (*M.nipponense* (De Haan)). Гигантская пресноводная креветка является аборигенным видом во всей Южной и Юго-Восточной азиатской области так же как в северной Океании и в западных Тихоокеанских островах. Как основной объект аквакультуры среди пресноводных креветок этот вид был ввезен на все континенты и многие острова (New, 2002, 2005). Главные производители продукции – Бангладеш, Бразилия, Вьетнам, Индия Китай, Эквадор, Малайзия, Тайвань и Таиланд с производством более 200 тыс. тонн в год. Небольшое количество товарной креветки добывается в Бангладеш, Индии, Таиланде из естественных местообитаний (New, 2005).

Восточная речная креветка широко распространена в Юго-Восточной Азии, включая Японию, Корею, Китай, водоемы Индокитайского полуострова, о.Тайвань. Креветки встречаются в солоноватой воде эстуариев, лагун, вдоль морских побережий, а также в большом отдалении от моря: в реках с обилием водной растительности с песчаным и илистым дном (Mashiko, 1983, 1985, 1990). В 2002г. этот вид с нарастающей численностью был обнаружен в водоемах Ирака и Ирана (Gorgin, Sudagar, 2008; Salman et al., 2006). Производство *M.nipponense* занимает 2-е место после гигантской пресноводной креветки и быстро растет. Основным производителем является Китай, где в 1999 г было получено 15 000 т товарной креветки, а уже в 2001 г. – 120 000 т (Miao, Ge, 2000; New, 2005; Nguyen, 2002, 2003). Ареал восточной речной креветки также был существенно расширен за счет успешной акклиматизации, вначале в водоем-охладитель Березовской ГРЭС в 1982 г., а затем и в водоемы-охладители теплоэлектростанций России и Молдовы, где, натурализовавшись, эта креветка стала полезным элементом фауны [1, 2, 3, 21, 23] (Владимиров и др., 1989; Свирский и др., 1994).

Сибирский шримс (*Exopalaemon modestus* (Heller)) занимает также обширный ареал. На севере он доходит до сибирских рек, а на юге – до южной оконечности Китая и острова Тайвань, а также включает водоемы Дальнего Востока, Кореи, Японии (Holthuis, 1950; Oh et al., 2002). Сибирский шримс является одним из экономически значимых видов креветок, составляя в некоторых водоемах Китая основную часть продукции. В последние годы эта креветка завоевала весь рынок Китая и ее стало выгодно выращивать в прудовой аквакультуре (Li et al., 2003; Hu et al., 2002). В конце 20 века *E. modestus* попал в западную часть Северной Америки, в реку Колумбию и

водоемы ее бассейна. Креветки заняли одно из лидирующих мест в бентосном сообществе этих водоемов и их численность составила от 0,004 до 2,0 экз./м², а биомасса – от 0,14 до 0,30 г/м² соответственно (Emmett et al., 2002; Zeug et al., 2002).

Среди десятиногих ракообразных, обитающих в водоемах Беларуси, основным промысловым видом является длиннопалый рак (*Astacus leptodactylus* Esch). Он sporadически распространен по всей территории нашей страны. Широкопалый рак (*Astacus astacus* L) находится в настоящее время под пристальным вниманием международных природоохраняемых организаций. Этот вид включен в списки охраняемых видов Бернской Конвенции (приложение II) и Директивы Европейского Сообщества по видам и местообитаниям (дополнение 5), а также в Красную Книгу Беларуси. Имея статус охраняемого вида, широкопалый рак представляет большую коммерческую ценность и это самое очевидное преимущество его как организма аквакультуры.

Низкие темпы естественного воспроизводства из-за малой плодовитости, невысокий выход молоди, и значительный пресс хищников являются причинами крайне медленного роста численности естественных популяций речных раков. Наиболее выгодным представляется полуинтенсивный путь получения товарной рачьей продукции, основой которого является рациональное ресурсосберегающее использование запасов раков в имеющихся водоемах, что требует предварительного выращивания посадочного материала и дальнейшего заселения его в пригодные ракопромысловые водоемы. Ключевым звеном данного способа раководства является сбор личинок от яйценосных самок, их искусственное подращивание до стадии «посадочный материал» [15, 16] (Алехнович, 1999; Черкашина, 2007; Holdich, 1993; Struzynski, 2001). Для оптимизации данного процесса нами впервые выбрано принципиально новое направление в аквакультуре речных раков – использование сбросной подогретой воды для выращивания личинок с последующим получением посадочного материала в садковых и прудовых условиях в монокультуре и поликультуре с рыбой.

Если в отношении тепловодного рыбоводства биологические составляющие аквакультуры достаточно хорошо разработаны (Корнеев, 1982, Кончиц, 1999; 2000; Стигни, 1986), то для пресноводных креветок и речных раков таких разработок, за исключением наших исследований, не существует. Начальному этапу жизненного цикла пресноводных креветок присуще не прямое развитие (личиночная стадия, нередко с многочисленными стадиями зоеа), что резко снижает выживаемость в естественных условиях обитания, а тем более в аквакультуре. В этой связи разработка биологии культивирования пресноводных креветок, особенно на раннем этапе онтогенеза, приобретает особую значимость.

Отсутствие биолого-методической основы тепловодной аквакультуры промысловых и хозяйственно-ценных ракообразных и предопределило выбор направления диссертационной работы. При этом впервые указывается и еще одно хозяйственно-перспективное направление аквакультуры промысловых ракообразных – использование пока еще низкопотенциального сбросного тепла энергетических объектов.

ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования явились промысловые виды десятиногих ракообразных – пресноводные креветки, и речные раки. Изучались механизмы и закономерности их жизнедеятельности при культивировании на сбросной воде теплоэлектростанции.

Из пресноводных креветок в качестве модельных были взяты: бореальный вид – *Exopalaemon modestus* (Heller) (сибирский шримс), субтропический вид – *Macrobrachium nipponense* (De Haan) (японская или восточная речная креветка), тропический вид – *M. rosenbergii* (De Man) (гигантская пресноводная креветка), а из речных раков длиннопалый рак *Astacus leptodactylus* Esch. Отдельные элементы тепловодной аквакультуры обрабатывались с привлечением широкопалого рака (*A. astacus* L.). В качестве перспективных объектов тепловодной аквакультуры рассматривались американский сигнальный рак (*Pacifastacus leniusculus* (Dana)) и красный болотный рак (*Procambarus clarkii* (Girard)).

Исследования проводились на протяжении 1980–2010 гг. в аквариальной Института зоологии НАН Беларуси, в полевой лаборатории и инкубационном цехе рыбхоза «Селец» (отделение «Белоозерское»). В аквариальной Института зоологии НАН Беларуси была создана специальная установка замкнутого цикла, где проводились работы по выращиванию личинок пресноводных креветок на искусственной морской воде [2, 3].

Сибирский шримс был обнаружен во время экспедиционного выезда в Капчагайском водохранилище (Казахстан) в 1988 г., доставлен в аквариальную Института зоологии НАН Беларуси и в полевую лабораторию (рыбхоз «Селец», отделение «Белоозерское»), где на протяжении 3-х лет содержался как лабораторная культура. Гигантская пресноводная креветка была доставлена из Японии в течение 1980-1983 гг., из Тайланда в 1990 г. и содержалась в аквариальной Института зоологии НАН Беларуси как лабораторная культура. Восточную речную креветку отлавливали из теплого сбросного канала Березовской ГРЭС, где она была акклиматизирована в 1982 г.

Длиннопалого рака отлавливали из озер Кузьмичи (Минская обл.), Олтуш, Соминское (Брестская обл.), а широкопалого из озера Каравайно (Витебская область) и доставляли в инкубационный цех рыбхоза Селец (отделение «Белоозерское»).

Для проведения полевых экспериментов использовались земляные производственные рыбоводные пруды, в которые подавалась сбросная подогретая вода из теплого канала Березовской ГРЭС. В инкубационном цехе для этих целей использовались производственные пластиковые лотки во время тепловодной инкубации икры рыб, а также производственные рыбоводные садки, установленные непосредственно на теплом сбросном канале. Были изготовлены специальные экспериментальные садки из мельничного газа и рыбоводной дели, которые устанавливались в земляных прудах для исследования развития и роста личинок модельных видов ракообразных.

Дыхание креветок изучали по стандартной методике методом замкнутых сосудов с последующим определением кислорода по Винклеру и с использованием оксиметра. Энерготраты на дыхание личинок рассчитывали по скорости потребления кислорода, используя оксикалорийный коэффициент $4,86 \text{ кал.мг}^{-1} \text{ O}_2$ (Методы определения продукции водных животных...1968).

Для определения пищевой избирательности был применен показатель избирательности (индекс селективности), предложенный ранее для рыб В.С.Ивлевым (1977) и использованный для низших ракообразных Л.М.Суцней (1975). Величина суточного рациона у пресноводных креветок определялась по уравнению Л.М.Суцни (1975) для расчета суточного рациона у фильтраторов, исключив в числителе величину объема пищевой взвеси.

Калорийность креветок, креветочного корма и фекальных пеллет определяли методом мокрого сжигания в модификации А.П.Остапени (Методы...1968)

Изменчивость физиологических показателей оценивали, используя стандартное отклонение (s.d.). В качестве меры изменчивости был взят коэффициент вариации (с.v.,%). Полученный материал обрабатывали с применением программного пакета «STATISTICA-6,0».

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН ПРЕСНОВОДНЫХ КРЕВЕТОК

Интенсивность потребления кислорода служит мерой для определения расхода энергии и дает представление об энергетическом обмене креветок. Особое значение приобретает знание динамики дыхания креветок в зависимости от суточной температуры при содержании в замкнутых системах типа бассейнов и земляных прудов, где при повышении температуры, а также ночью, когда количество кислорода в воде снижается, необходимо применять принудительную аэрацию. Игнорирование этого важного физиологического фактора может привести к массовой смертности выращиваемой популяции при прочих благоприятных условиях (Boyd, 2003; Madenjian et al.,1987).

Уровень потребления кислорода начальными стадиями зоеа восточной речной креветки выше по сравнению с другими личинками пресноводных креветок такой же массы. В то же время скорость потребления кислорода в зависимости от массы тела на протяжении всего периода метаморфоза изменяется незначительно, что, вероятно, связано с использованием запасов желтка на первых зоеальных стадиях [3, 27]. Скорость потребления кислорода личинками следует определять с учетом зоеальных стадий, охватывающих весь период метаморфоза, поскольку сопоставление особей, близких по массе, но различающихся возрастом приводит к некорректному результату.

Рассчитаны уравнения взаимосвязи скорости потребления кислорода с массой тела при различной температуре у ювенильных и половозрелых особей. У этих возрастных групп при одинаковой температуре скорость потребления кислорода в большей степени зависит от массы тела, чем от возраста. Показано, что у креветок младшей возрастной группы на дыхание расходуется примерно половина энергии, поступающей с пищей, а остальная часть – на соматический рост, образование репродуктивных продуктов, линьку и т.д. С возрастом

массы тела это соотношение изменяется в пользу увеличения энергозатрат на дыхание.

Установлена взаимосвязь скорости потребления кислорода, частоты сердцебиения, колебания скафогабитов с температурой у экологически различных видов пресноводных креветок. Прослеживается четко выраженная тенденция увеличения частоты биения сердца и колебания скафогабитов с возрастанием температуры в интервале 5,0–20,0°C. С приближением к зоне оптимальной температуры 25,0°C скорость дыхания и частота колебания скафогабитов резко возрастает (коэффициенты Q_{10} составили 3,24 и 2,58 соответственно) при умеренном ускорении сердцебиения (Q_{10} равен 1,22).

Рассчитаны уравнения скорости потребления кислорода (Q , мл O_2 экз. - 1 час⁻¹) в зависимости от частоты биения сердца (Cor , число ударов/минуту) (1) и колебания скафогабитов (Fla , число ударов/минуту) (2) у восточной речной креветки в интервале от 3,0 до 33,0°C, которые имеют вид [7]:

$$1/Q = 17,474 - 0,059 Fla, \quad R = 0,95 \quad (1)$$

$$1/Q = 20,189 - 0,082 Cor, \quad R = 0,97 \quad (2)$$

Однако для бореального вида *E. modestus* частота сердцебиения в интервале 15,0–20,0°C ниже по сравнению с тропическим и субтропическими видами, для которых изменение этого показателя происходит почти синхронно и в близких пределах.

Ясно выражена тенденция сопряженности динамики скорости потребления кислорода, частоты биения сердца и колебания скафогабитов в температурном интервале 5,0–33,0°C. Для всех трех физиологических показателей при возрастании температуры наблюдается также их соответствующее увеличение, что дает возможность рассчитать зависимость скорости потребления кислорода от частоты биения сердца и колебания скафогабитов в интервале от 3,0 до 33,0°C [1,3]. Зарегистрировав частоту биения сердца или частоту колебания скафогабитов, можно вполне адекватно оценить уровень метаболизма у пресноводных креветок во всем диапазоне толерантных температур. Эти показатели служат надежным тест-критерием для оценки физиологического состояния креветок при выращивании в аквакультуре.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПИТАНИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ КРЕВЕТОК

Количественные закономерности питания и усвояемости пищи являются важнейшими элементами для расчета баланса энергии при ведении аквакультуры и осуществлении различного рода акклиматизационных мероприятий. Эти закономерности также непосредственно используются при оценке функциональной роли животных в превращении вещества и энергии в

водных экосистемах. Особенно важно установление оптимального вида живых кормов и пищевых добавок, режима кормления для самого уязвимого этапа онтогенеза – личиночного развития.

На основании собственных и литературных данных показано, что при культивировании личинок могут использоваться разнообразные кормовые добавки, которые легко доступны и относительно дешевы, но на начальном этапе метаморфоза (первые 6 личиночных стадий) обязательно должны присутствовать живые корма, лучшим из которых являются науплиусы артемии. При ведении личиночной культуры оптимальный режим внесения живого корма и пищевых добавок – не менее 4 раз в сутки в таком количестве, чтобы перед следующим кормлением плотность науплиусов артемии была не ниже 1 экз./литр [1, 2, 3,13]. На основании расчета суточного баланса энергии установлено, что для одной особи восточной речной креветки летней генерации в течение личиночного развития (в среднем 23 суток) на сбросной подогретой воде требуется 12–13 мг животного или 15–16 мг растительного корма [3, 27, 29].

В послеличиночный период онтогенеза, как показывают пищевые спектры и избирательность в потреблении корма, для пресноводных креветок характерен широкий диапазон толерантности к различным видам корма в естественных условиях, что дает возможность при выращивании в аквакультуре использовать разнообразные искусственные кормосмеси и естественные корма местного происхождения. Оптимальный уровень протеина в креветочном комбикорме должен составлять 25–35%. Максимальный прирост массы тела, выживаемость и качество товарной продукции характерны для креветок, потребляющих одновременно естественные и искусственные корма.

Величины пищевых рационов при потреблении наиболее массовых видов корма в экосистеме водоема-охладителя Березовской ГРЭС для субтропического и тропического вида креветок (таблица 1) зависят от самого вида корма, возраста креветок и температуры.

В условиях пониженной температуры (15°C) максимального значения достигают суточные рационы при питании брюхоногими моллюсками (II). Минимальная их величина характерна для отходов комбикорма (III). Более высокий уровень потребления пищи отмечается при температуре 25°C. При такой температуре, в отличие от условий пониженной температуры, максимальный уровень потребления корма характерен при питании личинками хирономид, однако статистически значимых различий между видами корма в этом варианте нет ($p > 0,05$). При повышенной температуре (30°C) наблюдается совершенно другое соотношение величин суточных рационов. При этом уровень потребления личинок хирономид (I) примерно в 1,5 раза выше и значимо различается по сравнению с другими видами корма (II) ($p = 4,676$; $t = 0,000012$) и (III) ($p = 5,760$; $p = 0,00000$) [1,3].

Для гигантской пресноводной креветки при температуре 25°C не наблюдалось статистически значимых различий в величинах суточных рационов при питании тремя видами корма из водоема-охладителя Березовской ГРЭС ($P > 0,05$). Сравнительный анализ величин суточных рационов показал, что при

оптимальной температуре (25°C) интенсивность потребления корма *M. nipponense* закономерно выше, чем *M. rosenbergii*.

Таблица 1 – Величина суточного рациона пресноводных креветок и параметры уравнений связи суточного рациона (r) с массой тела (W) ($r = a W^b$) при потреблении корма из водоема-охладителя Березовской ГРЭС

Корм	t°C	Диапазон массы тела, г	Диапазон суточного рациона		a	b	R	n	№ ур-я
			г	% к массе тела					
<i>Macrobrachium nipponense</i>									
Личинки хирономид	15	0,097–6,150	0,012–0,306	18,4–5,0	0,07	0,78	0,89	56	3
	25	0,051–10,050	0,022–0,925	42,7–9,2	0,18	0,71	0,89	60	4
	30	0,057–1,069	0,057–1,069	58,8–12,2	0,26	0,65	0,93	44	5
Брюхоногие моллюски	15	0,100–10,175	0,018–0,388	17,5–3,8	0,08	0,67	0,78	52	6
	23	0,072–8,800	0,027–0,539	38,1–6,1	0,14	0,62	0,78	47	7
	30	0,088–8,810	0,037–0,422	41,8–5,5	0,14	0,55	0,72	43	8
Отходы комбикорма	15	0,087–8,080	0,007–0,136	8,2–1,7	0,04	0,65	0,77	60	9
	25	0,067–9,950	0,025–0,683	37,6–6,9	0,15	0,66	0,84	44	10
	30	0,091–8,050	0,034–0,418	37,3–5,2	0,13	0,56	0,67	44	11
<i>M. rosenbergii</i>									
Личинки хирономид	25	0,028–19,000	0,011–0,889	37,4–4,7	0,12	0,68	0,85	16	12
Брюхоногие моллюски	25	0,026–19,100	0,027–0,552	46,3–2,9	0,10	0,58	0,88	16	13
Отходы комбикорма	25	0,025–19,000	0,008–0,647	30,0–3,4	0,09	0,67	0,88	15	14

В температурном интервале 10°C – 35°C с возрастанием температуры суточные рационы двух младших возрастных групп субтропического вида – восточной речной креветки (0,232±0,050г и 1,100±0,157г) при потреблении предпочитаемого вида корма (личинки хирономид) увеличиваются, достигая максимальной величины при 30,0°C, достоверно различаясь (P<0,05). Далее с повышением температуры до 35,0°C величина рационов снижается до уровня потребления пищи при 25°C. У старшей возрастной группы половозрелых особей (3,180±0,192г) статистически достоверные различия в величине суточных рационов наблюдаются в более узком температурном интервале 10,0–25,0°C (P<0,05). При увеличении температуры до 30,0°C уровень потребления пищи несколько возрастает, достигая, как и для младших возрастных групп, максимального уровня и снижается при 35°C. Однако в этом температурном диапазоне разница в величине суточных рационов статистически недостоверна (P>0,05) [1,3].

Для стенотермного тропического вида – гигантской пресноводной креветки максимальный уровень потребления пищи сдвинут в область более высокой температуры. Статистически значимые различия величин суточных рационов (почти в 2 раза) наблюдаются при переходе от низких температур (20,0–25,0°C) к

более высоким ($30,0\text{--}35,0^{\circ}\text{C}$) ($P<0,05$). В этом температурном интервале статистически значимой разницы в величине потребления корма не отмечено ($P>0,05$) как для ювенильных ($0,054\pm 0,015\text{г}$), так и для половозрелых ($11,720\pm 2,827\text{г}$) особей. По сравнению с восточной речной креветкой, при пессимальной для этого субтропического вида температуре $35,0^{\circ}\text{C}$, когда суточные рационы резко снижены, уровень потребления корма *M. rosenbergii* оставался достаточно высоким [1,3].

Коэффициенты Q_{10} интенсивности питания в области низких температур (ниже $20,0^{\circ}\text{C}$), несвойственных данным гидробионтам, имеют необычный куполообразный характер и в 2–4 раза выше значений этого показателя, рассчитанного на основании «нормальной кривой Крюга».

В жизнедеятельности десятиногих важное значение имеет максимальный рацион (r_{\max}). Определенный практический смысл он приобретает при неблагоприятных условиях, когда животные находят корм нерегулярно. Потребление необходимого количества пищи, хотя бы один раз в течение нескольких суток, обеспечивает расход энергии на процессы метаболизма, что позволяет пресноводным креветкам переносить неблагоприятные трофические условия с меньшими затратами для организма. Например, при проведении акклиматизационных мероприятий можно обходиться без дополнительных трудностей, связанных с кормлением животных во время длительных перевозок.

Максимальный рацион, как и среднесуточный, зависит от температуры. При температуре $15,0^{\circ}\text{C}$ максимальный рацион в 1,5–2 раза превышает обычный среднесуточный. С повышением температуры это соотношение изменяется и составляет при $25,0^{\circ}\text{C}$ 1,2 – 1,4, а в пределах $30,0^{\circ}\text{C}$ величина r_{\max} практически равна обычному суточному. На примере восточной речной креветки установлено, что молодь (средняя масса $0,286\pm 0,079\text{г}$) при низкой для субтропического вида температуре ($15,0^{\circ}\text{C}$) обеспечивает свои энергетические потребности за счет однократного потребления максимального количества пищи в течение 4-х суток. Для половозрелых особей (средняя масса $6,213\pm 0,956\text{г}$) этот период сокращен до 2 суток.

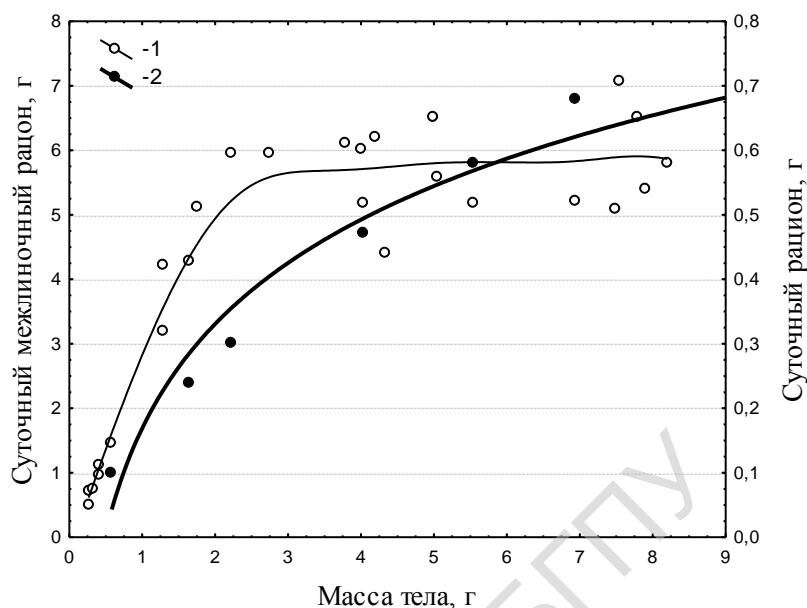
Для сравнительной оценки локальных популяций креветок в определенных трофических условиях необходимо иметь представление о динамике потребления пищи и о суммарном рационе за межлиночный период. Установлено, что суммарный рацион ($r_{\text{ex max}}$) за весь период от линьки до линьки связан с массой тела креветок (W) асимптотической зависимостью, которая описывается уравнением [1, 36]:

$$r_{\text{ex}} = 5,95 (1 - 10^{-0,35W}), \quad R = 0,787 \quad (15)$$

Расчетная кривая, отражающая данную тенденцию, по мере возрастания массы тела до 2–3г выходит на плато, достигая своего максимального значения (рисунок 1).

По величине среднесуточного рациона можно судить лишь об уровне потребления корма креветок, которые по своему физиологическому состоянию находятся примерно на середине межлиночного периода. Изменение интенсивности питания непосредственно перед началом и после линьки в этом случае не учитываются. Суммарный межлиночный рацион позволяет более

адекватно оценить физиологию питания креветок с частым линочным циклом, что представляет практический интерес при их культивировании.



1 – кривая, согласно уравнения 15, 2 – согласно уравнения 4

Рисунок 1 – Величина суммарного межлиночного и суточного рационов восточной речной креветки в зависимости от массы тела ($t=25,0^{\circ}\text{C}$, корм – личинки хирономид)

На основании полученных данных о величине суточных рационов впервые рассчитано балансовое равенство за межлиночный период для 3-х возрастных групп восточной речной креветки при потреблении личинок хирономид и температуре $25,0^{\circ}\text{C}$. С увеличением массы тела количество потребленной энергии, поступающее с пищей, закономерно повышается и в конечном итоге от ювенильного до дефинитивного возраста превышает начальную величину в 7 раз. В процессе роста резко возрастают энергозатраты на дыхание и образование экзоскелета, но снижаются на соматический рост от 42,3% у ювенильных особей до 2,1% у половозрелых. Имеются существенные различия между величиной ассимилированной энергии (A), полученной непосредственно через суммарный межлиночный рацион и усвояемость, и величиной (A^1), рассчитанной как сумма ($T+P+P_{ex}$). Причем эта особенность наблюдается только у молоди восточной речной креветки, т.е. у животных, которым характерны интенсивные ростовые процессы.

Величина усвояемости корма для восточной речной креветки и гигантской пресноводной креветки при потреблении массовых видов корма (личинки хирономид, брюхоногие моллюски, отходы карпового комбикорма) из водоема-охладителя Березовской ГРЭС колеблется в пределах $89,6\pm 4,18\%$ – $96,8\pm 1,51\%$ и мало зависит от температуры и возраста креветок [1,2,3], что вполне согласуется с литературными данными по усвояемости пищи у пресноводных креветок (Nelson, Kropp, 1985; Gomes et al., 1997). Более того, у других

представителей десятиногих ракообразных – крабов, особенно с хищным типом питания, величина ассимиляции пищи достигает еще большей величины – 93,0–99,0% (Сущеня, 1975).

Выявленные количественные закономерности питания дают возможность рассчитать размер рациона, эффективность его усвоения в технологических регламентах при различных способах ведения тепловодной аквакультуры пресноводных креветок различной экологической принадлежности на протяжении всего периода онтогенеза.

ОСОБЕННОСТИ ЛИЧИНОЧНОГО РАЗВИТИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ КРЕВЕТОК

Пресноводные креветки в своем онтогенезе проходят наиболее сложный и уязвимый период – личиночное развитие. Нормальное развитие личинок протекает при хорошей обеспеченности пищей в довольно узких интервалах солености и температуры, которые имеют свою видоспецифику. Поэтому знание биологии этого этапа онтогенеза является залогом успеха при искусственном культивировании пресноводных креветок.

По собственным и литературным данным проанализированы показатели «типичного», «полусокращенного» и «сокращенного» типов личиночного развития пресноводных креветок рода *Macrobrachium*, Vate. Сделан вывод, что на личиночном этапе количество личиночных стадий, длительность их развития, размер первой и последней стадии зоеа корреляционно взаимосвязаны между собой и существуют как единая функциональная структура [4].

Впервые полученные результаты показали, что период личиночного развития восточной речной креветки с «полусокращенным» типом личиночного развития на сбросной подогретой воде длится от 19 до 36 суток в зависимости от температуры и плотности посадки. Рост личинок восточной речной креветки летней и осенней генераций на сбросной подогретой воде описывается экспоненциальным уравнением через среднюю за личиночный период удельную скорость роста и исходную массу зоеа I стадии [1, 20]:

$$W_{\tau} = 0,12 e^{0,158\tau}, R = 0,989 \text{ (летняя генерация)} \quad (16)$$

где W – масса личинки ко времени τ , мг; τ – продолжительность периода роста, сутки.

$$W_{\tau} = 0,15 e^{0,096\tau}, R = 0,984 \text{ (осенняя генерация)} \quad (17)$$

В обоих случаях для прохождения личиночного периода требуемая сумма эффективных температур составляет около 500 градусо-дней [8]. На основании экспериментальных данных, полученных в условиях водоема-охладителя Березовской ГРЭС, рассчитано уравнение зависимости продолжительности личиночного периода (Dl , сут.) от температуры (t °C), в температурном интервале 20,0–32,0°C, которое имеет вид [2, 3]:

$$Dl = 2654,283 t^{-1,397}, R = 0,990 \quad (18)$$

В искусственных условиях аквакультуры при солености 6‰ и температуре 27–28°C период личиночного развития *M. nipponense* оказался более сокращенным, чем в пресной воде, и длился от 20 до 28 суток.

Период личиночного развития гигантской пресноводной креветки в лабораторных условиях в искусственной морской воде при оптимальной температуре 28°C длился от 29 до 77 суток. Расчетное уравнение весового роста личинок гигантской пресноводной креветки в стандартных условиях аквакультуры (температура – 28°C, соленость 12‰), полученное на основании собственных и литературных данных, имеет вид:

$$W_{\tau} = 0,10 e^{0,148\tau}, R = 0,894 \quad (19)$$

Важнейшим показателем при выявлении оптимальных условий культивирования личинок является величина выживаемости. В среднем при плотности посадки 20–23 лич./литр на естественной кормовой базе выживаемость послеличинок восточной речной креветки к концу личиночного периода составляет 8,9–10,5%. В искусственных условиях аквакультуры этот показатель значительно выше, чем в садках на сбросной воде теплоэлектростанции и равняется в среднем 64,0% [1, 10]. Установлено, что выживаемость личинок *M. nipponense* при искусственном культивировании в среднем на 12,0% выше, чем у *M. rosenbergii*, а период метаморфоза более короткий. Таким образом, судя по личиночной стадии, как самому уязвимому этапу онтогенеза аквакультура восточной речной креветки в искусственных условиях менее трудоемка, а, следовательно, и более успешна.

Для рентабельного товарного выращивания посадочный материал, т.е. молодь (послеличинка), которая прошла личиночную фазу, должен быть относительно однородного размера. В этой связи представляется весьма актуальным анализ развития и выживаемости личинок пресноводных креветок, происходящих целиком от одной кладки (семьи) на завершающем этапе метаморфоза, и последующее исследование роста послеличинок.

На примере восточной речной креветки впервые показано, что период развития личинок, происходящих из одной яйцекладки (семьи), при оптимальной температуре 27–28°C может сокращаться с выпадением стадий зоеа. Первыми превращаются в послеличинку особи минимальных размеров с сокращенным периодом метаморфоза и последними – более крупные личинки, длина тела которых больше 5–7мм (таблица 2). Для них характерно полное личиночное развитие, состоящее из 9 стадий зоеа. Первые послеличинки являются быстрорастущими и первыми приступают к размножению [25].

На примере восточной речной креветки впервые показано, что период развития личинок, происходящих из одной яйцекладки (семьи), при оптимальной температуре 27–28°C может сокращаться с выпадением стадий зоеа. Первыми превращаются в послеличинку особи минимальных размеров с сокращенным периодом метаморфоза и последними – более крупные личинки, длина тела которых больше 5–7мм (таблица 2). Для них характерно полное личиночное развитие, состоящее из 9 стадий зоеа. Первые послеличинки являются быстрорастущими и первыми приступают к размножению [25].

Такая же тенденция подтвердилась и для всех послеличинок гигантской пресноводной креветки. Первыми метаморфоз претерпевают особи меньших размеров $8,31 \pm 0,84$ мм, а последними более крупные, средний размер которых составил $11,28 \pm 0,68$ мм. Абсолютное большинство послеличинок появляется в третьем периоде появления послеличинок (таблица 3)[1, 13].

Таблица 2 – Развитие личинок восточной речной креветки из одной кладки

Период развития личинок, сутки	I вариант		II вариант		III вариант		IV вариант	
	стадия зоеа	длина тела, мм +- линька	стадия зоеа	длина тела, мм +- линька	стадия зоеа	длина тела, мм +- линька	стадия зоеа	длина тела, мм +- линька
1	I	1,8	I	2,0	I	2,1	I	2,1
2	II	+2,0	II	+2,2	II	+2,2	II	+2,3
3	III	–	II	–	II	–	II	–
4	III	+2,4	III	+2,6	III	+2,8	III	+2,5
5	IV	–	III	–	III	–	III	–
6	IV	+2,9	IV	+3,2	IV	+3,2	III	–
7	IV	–	IV	–	IV	–	IV	+2,7
8	IV	+3,1	IV	+3,4	IV	+3,4	IV	–
9	IV	–	IV	–	IV	–	IV	–
10	V	–	IV	+3,8	V	+3,7	IV	+2,9
11	V	+3,3	IV	–	V	–	IV	–
12	V	–	VI	+4,0	V	–	IV	–
13	VII	–	VI	–	VI	+4,2	V	+3,5
14	VII	+3,5	VI	–	VI	–	V	–
15	VII	–	VII	+4,4	VII	+4,6	V	–
16	VII	–	VII	–	VII	–	VI	+3,7
17	п/л*	–	VII	–	VII	–	VI	–
18		+3,7	VII	–	VIII	+4,9	VII	+4,0
19			п/л*	+4,5	VIII	–	VII	–
20					п/л*	+5,3	VIII	+4,4
21							VIII	–
22							IX	+4,8
23							IX	–
24							IX	–
25							IX	–
26							IX	+5,8

Примечание – п/л* – послеличинка

Таким образом, личиночное развитие у креветок с «полусокращенным» и «типичным» типом можно разделить на два периода. Первый – от выклева личинок и до появления первой послеличинки и второй – от появления 1-ой послеличинки и до завершения личиночного развития всеми остальными особями из одной яйцекладки или выборки. В этой связи для формирования маточного стада пресноводных креветок с «полусокращенным» и «типичным» типом личиночного развития и получения быстрорастущих креветок товарного размера рекомендуется отбирать в качестве «посадочного материала» группы

«ранних» и «средних» послеличинок, происходящих из одной яйцекладки (семьи). Данная процедура сокращает период выращивания личинок, повышает их выживаемость, дает возможность выделить быстрорастущих особей относительно однородного размера, что в конечном итоге позволяет культивировать креветок с меньшими экономическими затратами. Целесообразно завершать выращивание личинок через 15–18 суток после того, как появились первые послеличинки.

Таблица 3 – Размерные показатели послеличинок гигантской пресноводной креветки из одной яйцекладки в период превращения личинок 11 стадии зоеа в послеличинку

Период превращения в послеличинку, сутки	Длина тела, мм			с.в.	Число измерений
	Средняя ± s.d.	Минимальная	Максимальная		
1–6*	8,31±0,84	6,00	10,70	10,0	506
7–12*	8,55±0,79	6,60	11,20	9,2	658
13–18*	9,76±0,69	8,00	11,10	7,1	111
19–24*	10,80±0,86	8,60	12,60	7,9	106
25–34*	11,28±0,68	9,40	12,70	6,0	195

Примечание – значок * – различия статистически достоверны

Начальная плотность посадки личинок гигантской пресноводной креветки, превышающая 100 лич./литр, является ограничивающим фактором при получении послеличинок. Для выращивания посадочного материала с целью дальнейшего производства товарной продукции оптимальной следует считать начальную плотность посадки 40–70 лич./литр [1,13].

В условиях инкубационного цеха на сбросной воде теплоэлектростанции произведено исследование личиночного развития сибирского шримса (*Echopalaemon modestus*) с «сокращенным» периодом метаморфоза, которое включает две стадии зоеа. Показатели удельной скорости и весового роста приведены в таблице 4. Выживаемость послеличинок при данных условиях составила от 50 до 100% [1,11].

Таблица 4 – Удельная скорость роста и параметры экспоненциальных уравнений типа $W = a e^{bt}$ весового роста личинок *E. modestus* при различной температуре

Температура, °С	Период роста, сутки	Удельная скорость роста, сут. ⁻¹	Диапазон массы тела, мг	a	b	R ²	n	№ уравнений
Совместное содержание (плотность посадки 10 экз/м ²)								
20–22	8	0,080	0,58–1,36	0,612	0,076	0,846	39	20
Индивидуальное содержание								
16–19	10	0,081	0,50–1,38	0,663	0,068	0,765	75	21
20–22	5	0,120	0,50–1,50	0,596	0,104	0,639	58	22
25–26	5	0,160	0,57–1,45	0,640	0,147	0,916	22	23

Впервые полученные результаты дают основание утверждать, что в условиях водоема-охладителя теплоэлектростанции самый уязвимый этап онтогенеза – личиночное развитие сибирского шримса – протекает успешно с высокой величиной выживаемости.

Этот вид является наиболее перспективным для акклиматизации в низкопродуктивные водоемы-охладители умеренной зоны в дополнение к восточной речной креветке с целью обогащения их кормовой базы. При разведении в аквакультуре *E. modestus* имеет несомненные преимущества перед другими пресноводными креветками. Сокращенное личиночное развитие характеризуется высокой выживаемостью, не требует трудоемких биотехнических мероприятий на поддержание многодневной личиночной культуры и дополнительных затрат на дорогостоящие стартовые корма.

«Полусокращенный» период личиночного развития и более широкий интервал толерантности к температуре и солености у восточной речной креветки дают основание сделать заключение, что по сравнению с гигантской пресноводной креветкой этот вид более устойчив к изменению условий окружающей среды.

ПОСЛЕЛИЧИНОЧНЫЙ ПЕРИОД ОНТОГЕНЕЗА У ПРЕСНОВОДНЫХ КРЕВЕТОК В ТЕПЛОВОДНОЙ АКВАКУЛЬТУРЕ

Количественные данные по росту промысловых видов необходимы для определения продукции выращиваемой популяции при различных условиях культивирования. Они позволяют определять и прогнозировать затраты на производство посадочного материала, выращивание производителей и получение рентабельной товарной продукции.

На основании исследования параметров роста и выживаемости гигантской пресноводной креветки на протяжении всего жизненного цикла показано, что в условиях умеренной географической зоны культивировать этот тропический вид можно на сбросной подогретой воде теплоэлектростанции при осуществлении «стратегии прерывистой посадки». Она предусматривает выращивание личинок до стадии «посадочный материал» в искусственных условиях инкубатора в зимний период и с последующим размещением его в начале вегетационного периода в лотках, прудах или садках для получения товарной продукции.

Впервые установлено, что послеличинки гигантской пресноводной креветки при различных условиях аквакультуры на сбросной подогретой воде (в лотках, садках, аквариумах, земляных прудах) могут достигать за вегетационный период в среднем $6,5 \pm 5,16\text{г}$ при выживаемости 69,0%. Лучшие результаты дает подращивание послеличинок гигантской пресноводной креветки в прудах. Показано, что в первый месяц после завершения метаморфоза плотность выращиваемых креветок может быть высокой (до 200 экз./м²). В этот период она практически не влияет на рост креветок. В дальнейшем отмечается четкая зависимость средних размеров от плотности [1,5].

Рассчитана кривая весового роста (W , г) половозрелых особей гигантской пресноводной креветки в садках (τ – продолжительность периода роста, сутки) на сбросной воде Березовской ГРЭС при начальной плотности посадки 5,0 и 6,5 экз/м²:

$$W = 7,008 e^{0,0234\tau}, \quad R^2 = 0,980 \quad (24),$$

Проанализированы результаты роста и выживаемости гигантской пресноводной креветки в репродуктивный период в садках и земляных прудах на сбросной воде Березовской ГРЭС в сравнительном аспекте с литературными данными. Показано, что в садковых и прудовых условиях на сбросной воде теплоэлектростанции ростовые параметры и величина выживаемости не уступают общепринятым стандартам аквакультуры. На сбросной воде теплоэлектростанции креветки этого вида достигают половозрелости в среднем за 4–5 месяцев с учетом личиночного периода и товарной массы ~ 20 г через 3–4 месяца после перехода в стадию послеличинка [1, 2, 22, 24].

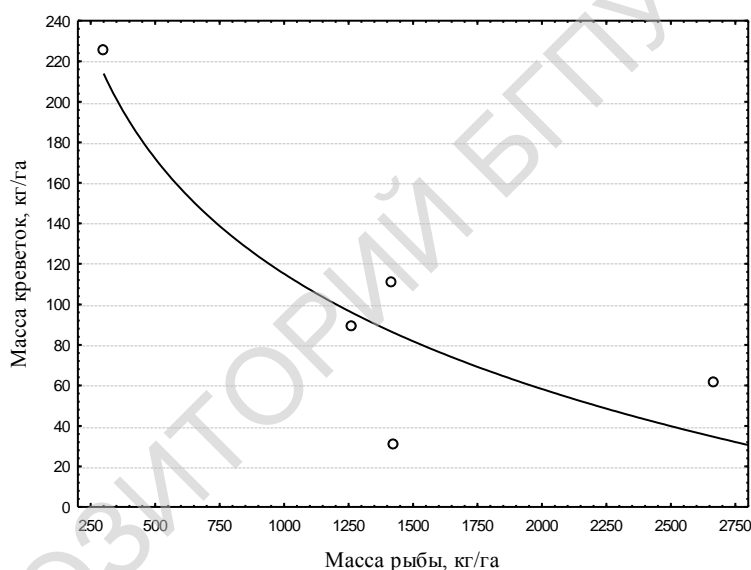
В отличие от гигантской пресноводной креветки весь жизненный цикл восточной речной креветки проходит при непрерывном культивировании на сбросной воде теплоэлектростанции. Впервые проанализирован рост восточной речной креветки от одной кладки яиц и до завершения жизненного цикла (14 месяцев) и установлена разнокачественность послеличиночного роста в условиях водоема-охладителя теплоэлектростанции. Показано, что быстрорастущие особи, происходящие от «ранних» личинок, уже через 2,5 месяца после отрождения приступают к размножению. Даже при снижении температуры в октябре – ноябре до 10–18°С они достигают массы 0,7 г. В итоге через 14 месяцев после отрождения личинок лидирующая группа достигает массы 3,20±0,85 г, а основная часть семьи – только 2,13±0,71 г. В этот период самки-«лидеры» откладывают яйца в третий–четвертый раз, а оставшаяся часть – в первый. Среди лидирующей группы, которая составляет около 12%, в среднем 3,1 % особей имели массу тела более 5,0г [1,3].

Важнейшим направлением аквакультуры пресноводных креветок является поликультура с рыбой. Проанализирована продуктивность восточной речной креветки в поликультуре с прудовыми видами рыб: карпом, белым и пестрым толстолобиком, белым амуром – в земляных прудах на сбросной воде. В зависимости от возрастного состава и численности рыбы урожай восточной речной креветки составил от 31 до 225 кг/га и оказался, сопоставим с аналогичной величиной, определенной расчетным путем за весь вегетационный период. Рассчитана динамика численности восточной речной креветки в земляных прудах в поликультуре с рыбой в течение вегетационного сезона. Установлена взаимосвязь между массой пресноводных креветок (Y , кг/га) в конце вегетационного сезона в земляных прудах в поликультуре с рыбой с общей массой рыбы (X , кг/га) вне зависимости от видового состава, которая описывается логарифмическим уравнением (рисунок 2)[1]:

$$Y = - 82,079 \ln X + 682,086, \quad R^2 = 0,796 \quad (25)$$

Для интенсификации товарного выращивания целесообразно дополнительное вселение креветок в земляные пруды в начале вегетационного

сезона. В конечном итоге это обеспечивает большую численность креветок на единицу прудовой площади. В пруду №1(эксперимент) было собрано 51 кг креветки, что соответствует 255 кг/га), в пруду №2 (контрольном) – 16 кг (80 кг/га). Такой способ получения товарной продукции восточной речной креветки имеет ряд преимуществ перед другими способами выращивания пресноводных креветок: в пруды сразу высаживаются яйценозные самки; не требуется осуществлять сложный технологический процесс выращивания личинок, а затем подращивать посадочный материал и только тогда помещать его в нагульные пруды; не требуется дополнительно подкармливать креветок; выращивание креветок проводится только в один этап в поликультуре с рыбой, что сокращает себестоимость товарной продукции; срок получения товарной продукции креветок на сбросной воде теплоэлектростанции более короткий и составляет всего 4 месяца [40].



1– кривая, согласно уравнения (25), точки – экспериментальные данные

Рисунок 2 – Зависимость массы восточной речной креветки от массы рыб, полученных за вегетационный сезон в прудовой поликультуре на сбросной подогретой воде

Эффективность культивирования достигается оптимизацией абиотических (температура, соленость) и биотических (плотность, внутривидовая конкуренция) факторов, которые в первую очередь воздействуют на рост и выживаемость креветок. Установлено, что в пресной воде предпочтительнее производить подращивание молоди гигантской пресноводной креветки до стадии «посадочный материал», а для получения товарной продукции в прудах наряду с пресной водой вполне подходит солоноватая вода не превышающая 2–3 ‰. В отличие от гигантской пресноводной креветки соленость от 0 до 10 ‰ не оказывает существенного воздействия на рост *M. nipponense* к моменту достижения половозрелого состояния. Однако величина выживаемости на 15–20% выше в условиях низкой солености.

Независимо от способа ведения аквакультуры (в аквариумах, тэнках, ваннах, и садках) при оптимальной температуре 27–28°C доминирующим биотическим фактором, определяющим рост и выживаемость креветок, является плотность. Установлено, что садок как открытая система, где происходит постоянный обмен водной среды и удаление метаболитов, выдерживает более высокую плотность посадки, чем закрытые системы (бассейны, лотки и т.п.). Для получения креветок с высокими показателями массы тела и приемлемым уровнем выживаемости не следует начальную плотность посадки ювенильных особей восточной речной креветки в садках увеличивать более чем 100 экз./м² [17].

По собственным и литературным данным рассчитаны уравнения связи скорости роста гигантской пресноводной креветки (возраст от 50±10 до 200±10 суток после метаморфоза) с плотностью посадки при оптимальной температуре (27–28°C) и различных способах содержания в аквариумах, тэнках и садках (таблица 5), что позволяет прогнозировать рост от стадии послеличинка до достижения половозрелого состояния в диапазоне плотности от 5 до 133 экз./м². Анализ размерно-весовых показателей и выживаемости показал, что культивирование молоди гигантской пресноводной креветки от стадии «послеличинка» до 60 суток рекомендуется проводить при плотности, не превышающей 200 экз./м². При дальнейшем выращивании до товарной массы 15–20 г оптимальной является плотность 5–20 экз./м² [9].

Таблица 5 – Параметры уравнений связи скорости роста гигантской пресноводной креветки (W,г) с плотностью посадки (P,экз./м²) типа $W_{50} = (a+bP)$ (26) и $W = ae^{bP}$ (27–29)

Период роста, сутки	Плотность, экз./м ²	a	b	R	Число измерений	Уравнение
50±10	5–133	0,998	-0,0071	0,91	28	26
100±10	5–133	1,560	-0,0122	0,87	30	27
150±10	5–133	2,593	-0,0119	0,86	26	28
200±10	5–133	3,373	-0,0159	0,90	16	29

На примере восточной речной креветки выявлены значимые внутривидовые конкурентные отношения, связанные с плотностью и соотношением полов. При сравнительном анализе результатов культивирования экспериментальных выборок самцов, самок и смешанного состава полов 1:1 при начальной плотности посадки 40 и 80 экз./м² установлено, что биомасса самцов превышает биомассу смешанных особей и самок. Однако самки дают более однородное распределение [1,12]. Внесение дополнительного питания не сказывается на увеличении скорости роста, пока существует пресс агрессивных особей. Уменьшить его воздействие можно за счет: селективного отбора крупных особей в процессе выращивания (траловая съемка) в монокультуре с внесением дополнительных субстратов, увеличивающих поверхность, пониженной начальной плотности посадки молоди в поликультуре с рыбой, а также путем удлинения периода

подращивания послеличинок (зимой – весной) в установках рециркуляционного оборота воды.

Таким образом, можно заключить, что биотические факторы, в данном случае социальные взаимодействия и отчасти эффективность усвоения пищи, управляют различиями в размерном составе популяции пресноводных креветок более эффективно, чем генетические. Этот вывод подтверждает известный факт о том, что селективный отбор больших по размеру индивидуумов от популяции заканчивается компенсационным ростом остающихся особей меньшего размера (Karplus, 2005; Ra'anan, 1984; Ra'anan et al., 1991).

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о перспективности выращивания тропического и субтропического вида пресноводных креветок при различных условиях ведения тепловодной аквакультуры. Причем культивирование гигантской тропической креветки более трудоемко с осуществлением стратегии «прерывистой посадки», но за один вегетационный период можно получить товарных особей со средней массой 25–30г. Субтропический вид – восточная речная креветка пригодна для непрерывного культивирования в течение всего жизненного цикла на сбросной воде ТЭС, в том числе и в поликультуре с рыбой, но ее средняя товарная масса составляет всего 3–5г.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВОДНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ ПРОМЫСЛОВЫХ РАКООБРАЗНЫХ

Среди промысловых ракообразных наряду с пресноводными креветками объектами тепловодной аквакультуры являются речные раки. Для нашей страны это, прежде всего представители отечественной фауны, а также виды раков, которые зарекомендовали себя в качестве испытанных и надежных в практике искусственного выращивания.

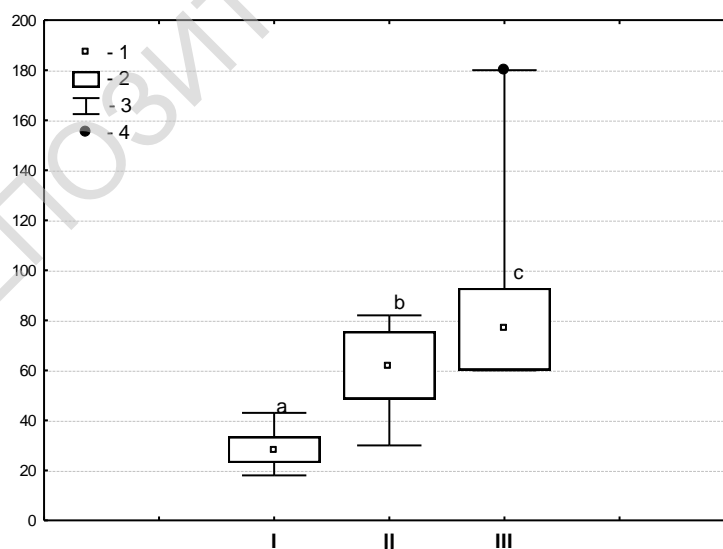
В качестве перспективных объектов тепловодной аквакультуры могут рассматриваться длиннопалый и широкопалый раки. Из других представителей промысловых видов десятиногих ракообразных целесообразно провести испытания культивирования на сбросной подогретой воде сигнального рака (*Pacifastacus leniusculus* (Dana)) и красного болотного рака (*Procambarus clarkii* (Girard)).

Для нашей страны оптимальным представляется полуинтенсивный путь получения товарной рачьей продукции, основой которого является рациональное ресурсосберегающее использование запасов раков в имеющихся водоемах, с обязательным выращиванием посадочного материала и дальнейшим заселением его в перспективные ракопромысловые водоемы. Таким путем можно восстановить запасы раков в тех естественных местообитаниях, где они встречались ранее, а также в целом ряде ракопродуктивных водоемов, которые интенсивно эксплуатируются и находятся под угрозой снижения численности этих ценных, ресурсных видов ракообразных [1,5,14,15,17,26, 31,38] (Алехнович, 1999; Holdich, 1993; Skurdal, 1994).

Впервые нами предложено для содержания яйценосных самок и получения жизнестойких личинок, выращивания сеголетка десятиногих раков использовать сбросную подогретую воду теплоэлектростанции в широком температурном диапазоне, вплоть до 28°C, а не подогревать артезианскую воду минимум до 20°C, как это рекомендовано в известных технологиях (Методические указания по культивированию посадочного материала раков...., 1994; Киселев и др., 1995; Колмыков и др., 1997).

Результаты исследований показали, что максимальный выход личинок длиннопалого рака (73% и 91% от рабочей плодовитости) наблюдается при содержании яйценосных самок в садках в проточном пруду и в пластиковых ваннах. Данные методики рекомендуются для использования в рыбхозах Беларуси. При этом для получения 100 тыс. личинок длиннопалого рака II стадии с выживаемостью 70–90% требуется приблизительно 700–900 самок с рабочей плодовитостью около 150 яиц на самку.

Инкубирование личинок и получение жизнестойкого посадочного материала длиннопалого рака в инкубационном цехе на сбросной подогретой воде теплоэлектростанции (14 суток после вылупления личинок, середина июня) при температуре 23–27°C на естественной кормовой базе более эффективно, чем в садках, помещенных в водоем с естественным терморезимом, или на артезианской воде с искусственной подкормкой (рисунок 3). Средняя выживаемость личинок составила 73,6%. Достигается этот эффект за счет более высокой температуры воды и хорошей обеспеченности естественными видами корма, которые развиваются на сбросной подогретой воде [1].



I – личиночная стадия I (возраст 1–2 суток); II – личиночная стадия II (возраст 16 суток, на артезианской воде с подкормкой, $t=21-23^{\circ}\text{C}$); III – личиночная стадия III (возраст 14 суток, на сбросной подогретой воде, с естественной кормовой базой, $t=24-27^{\circ}\text{C}$); 1 – среднее значение, 2 – стандартное отклонение, 3 – минимальное и максимальное значение, 4 – экстремальное значение; Различные буквы указывают на статистически значимые различия ($p < 0,05$)

Рисунок 3 – Изменение массы личинок длиннопалого рака в течение личиночного периода при выращивании в аквакультуре

Использование предлагаемого способа получения посадочного материала длиннопалого рака имеет ряд преимуществ: сокращает период прохождения личиночного развития и получения посадочного материала, не требует дополнительного культивирования живых кормов (дафния, моина), не требует внесения искусственных комбикормов, что дает возможность исключить технологические операции по кормлению личинок; не требует затрат на запуск отдельного инкубационного комплекса, поскольку производится как дополнительное мероприятие к тепловодному икубированию икры карпа и растительноядных рыб. Плотность посадки личинок II стадии для ведения интенсивной аквакультуры не должна превышать 600–700 экз./м² [1, 41].

В производственных условиях тепловодного рыбного хозяйства жизнестойкого сеголетка длиннопалого рака можно получать в тепловодной монокультуре и в поликультуре с рыбой (в основном растительноядные виды рыб) и с пресноводной креветкой в земляных прудах, садках в течение вегетационного сезона (июль-сентябрь) после подращивания личинок. По сравнению с выращиванием молоди раков в прудах с естественным температурным режимом тепловодная аквакультура в условиях Беларуси более эффективна и сопоставима с таковой для раков из южных местообитаний.

Максимальные размерно-весовые показатели и выживаемость сеголетка длиннопалого рака характерны для тепловодной монокультуры. В поликультуре величина продуктивности и выживаемости сеголетка длиннопалого рака зависят в первую очередь от видового состава, плотности посадки и массы рыб, а также от наличия пресноводных креветок. В различных вариантах поликультуры средняя длина тела и масса раков изменялась в пределах 3,14±0,64см – 4,62±0,60см и 1,15±0,66г – 3,34±1,35г соответственно. Для величины выживаемости характерны более широкие колебания от 1,6% до 18,5% в поликультуре, а в монокультуре – 29,0–31,1% (таблица 6)[1].

На основе анализа различных вариантов тепловодного культивирования (таблица 6) рассчитана зависимость урожая сеголетка длиннопалого рака, полученного в моно- и поликультуре в земляных прудах на сбросной воде Березовской ГРЭС (Y – масса сеголетка длиннопалого рака, кг/га), выживаемости (U^{-1} – выживаемость, %) от урожая рыбы и пресноводных креветок (X – масса рыбы и креветок, кг/га):

$$Y = 42,240 e^{-0,0017 X}, \quad R^2 = 0,968 \quad (30),$$

$$U^{-1} = 28,307 e^{-0,0011 X}, \quad R^2 = 0,983 \quad (31)$$

Для ведения интенсивной аквакультуры сеголетка длиннопалого рака можно использовать садки открытого и закрытого типа, которые помещаются в рыбоводные земляные пруды. По сравнению с прудовым выращиванием размерно-весовые показатели раков при культивировании в садках открытого и закрытого типа (начальная плотность посадки 200 и 300 экз./м²) достоверно ниже. Однако величина выживаемости раков в садках выше и составляет 36,6 – 60,0%. Плотность посадки молоди для интенсивного выращивания в садках в течение вегетационного сезона не должна превышать 70–80 экз./м², а в земляных прудах в поликультуре с рыбой – более 6 экз./м²[1].

Таблица 6 – Урожай и выживаемость сеголетка длиннопалого рака в прудовой монокультуре и поликультуре с рыбой и пресноводной креветкой

Объекты прудового выращивания	Период роста, сутки	Начальная плотность, экз./м ²	Урожай, кг/га	Выживаемость, %	Условия выращивания
Тепловодная монокультура					
Длиннопалый рак	100	5,3	52,2	29,0	Земляной пруд И1 (0,03 га, t-17,0–29,6°C)
Длиннопалый рак	101	5,0	52,4	31,1	Земляной пруд И2 (0,03 га, t-16,2–27,8°C)
Тепловодная поликультура					
Рыба	111–137	0,074	2180,0	85,1*	Земляной пруд №1 (0,2 га, t-14,5–28,0°C)
Длиннопалый рак	108	1,6	1,3	3,0	
Рыба	111–137	0,073	2022,0	95,9	Земляной пруд №2 (0,2 га, t-14,5–28,0°C)
Длиннопалый рак	108	1,6	1,6	2,9	
Рыба	102–112	13,0	810,0	14,6	Земляной пруд М1 (0,5 га, t-16,0–28,0°C)
Креветка	–	–	28,2	–	
Длиннопалый рак	97	2,5	9,2	14,0	
Рыба	102–112	12,0	310,0	5,3	Земляной пруд М2 (0,5 га, t-16,0–29,0°C)
Креветка	–	–	45,0	–	
Длиннопалый рак	97	4,1	27,6	18,5	
Рыба	129	5,0	200,0	50,0	Земляной пруд №3 (0,1 га, t-16,0–28,0°C)
Креветка	–	–	28,0	–	
Длиннопалый рак	122	5,0	26,0	18,0	
Рыба	134	5,0	300,0	65,0	Земляной пруд №4 (0,1 га, t-14,8–24,0°C)
Креветка	–	–	305,0	–	
Длиннопалый рак	116	5,0	9,0	1,6	

Примечание – *без сеголетка сома и карпа

Впервые проведенные исследования содержания яйценосных самок и получения личинок широкопалого рака на сбросной подогретой воде дали положительный результат. Повышенная температура 23–26°C оказалась вполне приемлемой для нормальной жизнедеятельности яйценосных самок при содержании в искусственных условиях. За время содержания самок в условиях инкубатора (14 суток перед выклевом личинок) потери яиц составили около 8%. Выживаемость личинок на I стадии составила 72%. Основным отход наблюдался во время линьки, во время перехода на II личиночную стадию. Протяженность первой личиночной стадии составила от 1 – 3 суток, что короче почти в 2 раза, чем при выращивании личинок в воде с естественным температурным режимом [32].

Полученные результаты показывают реальную возможность получения жизнестойких личинок широкопалого рака на сбросной подогретой воде теплоэлектростанции и открывают перспективу как увеличения численности популяции этого ценного ресурсного вида в естественных местообитаниях, так и разработку биотехники получения товарной продукции.

Североамериканский сигнальный рак *Pacifastacus leniusculus* (Dana) был введен в европейские озера и реки в 1960-х годах, на замену популяций благородного рака *Astacus astacus*. Этот вид оказался более конкурентноспособным, чем широкопалый рак. В настоящее время он культивируется в 21 стране (Lowery, Holdich, 1988; Ackefors, 2000).

Пресноводная культура сигнального рака это комбинация интенсивного и полуинтенсивных методов, где личинок и особей ювенильного возраста получают в интенсивных системах аквакультуры, а товарную продукцию из естественных водоемов. Условия для получения посадочного материала в искусственных условиях инкубационного цеха на сбросной воде теплоэлектростанции самые благоприятные. При выращивании на теплой сбросной воде в стекловолоконистых резервуарах, куда подается вода из теплого пруда отстойника, уже в течение первых 5-ти суток развивается зоопланктон в концентрации свыше 10 мг/л, который является естественным живым кормом для личинок и молоди раков. Не требуется специально разводить живые корма. Температура в течение инкубационного периода колеблется в пределах 21,5–26,0°C.

Товарных размеров и массы (9,0–10,0 см; 20–40г) этот вид достигает в возрасте 2+–3+, т.е. скорость его роста в 1,5 раза выше, чем у широкопалого и длиннопалого раков. По сравнению с широкопалым и длиннопалыми раками чистый выход мяса у него более чем в 1,5 раза выше (Ackefors, 2000).

Красный болотный рак может осуществлять свою жизнедеятельность в широком интервале рН от кислых вод (рН 5,8) до щелочных (рН 10,0) и в течение нескольких недель выдерживать соленость до 20 промилле. Предпочитаемая температура для жизнедеятельности этого вида выше 20°C.

Наряду с сигнальным раком *Procambarus clarki* в начале 70-х годов прошлого века был ввезен в Испанию и Италию и культивируется в 10 европейских странах, а в США этот вид составляет более 85% от всей продукции раков. В прудовой аквакультуре его продукция в США может колебаться от 525 до 2800 кг/га. Урожай красного болотного рака напрямую зависит от температурного режима и при средней температуре 23,6°C в течение вегетационного сезона в 1,5 раза выше, чем при 18,5°C (Eversole et al., 1999; Huner, 1999). В этой связи более высокий температурный режим на сбросной подогретой воде теплоэлектростанции является благоприятным для культивирования *P. clarki*.

Таким образом, полученные результаты показывают эффективность культивирования аборигенных видов десятиногих раков длиннопалого (*Astacus leptodactylus*) и широкопалого (*A. astacus*) на сбросной подогретой воде теплоэлектростанции. Благодаря широкой толерантности к абиотическим факторам, относительно высокой плодовитости, продуктивности, высокой скорости роста и выходу товарной продукции для ведения тепловодной аквакультуры, в искусственных условиях культивирования (лотки, ванны, тэнки, различного рода установки с рециркуляционным оборотом воды и т.п.) в воде различной трофности рекомендуются два американских вида промысловых десятиногих раков – сигнальный (*Pacifastacus leniusculus*) и красный болотный (*Procambarus clarki*).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

На основании проведенных экспериментальных и полевых исследований, анализа и обобщения собственных результатов и литературных данных впервые показано, что пресноводные креветки (на примере видов – бореального *Exopalaemon modestus*, Heller; субтропического *Macrobrachium nipponense* (De Haan); тропического *M. rosenbergii* (De Man)) и речные раки (на примере *Astacus leptodactylus* Esch.) являются перспективными объектами тепловодной аквакультуры как в монокультуре, так и в поликультуре с рыбой. Выявленные закономерности биологии промысловых видов ракообразных являются научной основой для разработки технологических регламентов их культивирования на сбросной воде энергетических объектов [1, 2, 3, 15, 16, 18, 21–25, 32–35, 38, 39, 40, 41].

Рассчитаны уравнения взаимосвязи скорости потребления кислорода с массой тела при различной температуре у пресноводных креветок в течение онтогенеза. Показано, что у креветок младшей возрастной группы примерно 50% энергии, поступающей с пищей, расходуется на дыхание, а остальная часть приходится на соматический рост, образование репродуктивных продуктов, линьку. С возрастанием массы тела это соотношение изменяется в пользу увеличения энерготрат на дыхание. Выявлена взаимосвязь скорости потребления кислорода, частоты биения сердца и колебания скафогагатитов в зависимости от температуры в интервале 5,0–33,0°C. По частоте биения сердца или колебаниям скафогагатитов адекватно оценивается уровень метаболизма во всем диапазоне толерантных температур. Эти показатели служат тест-критерием для оценки физиологического состояния креветок при выращивании в аквакультуре [1, 3, 7, 12, 28, 30].

Проанализированы пищевые спектры, пищевая избирательность личинок пресноводных креветок в естественных условиях и при выращивании в аквакультуре на протяжении всего личиночного периода. Показано, что на первых стадиях личиночного развития наиболее приемлемым кормом являются науплиусы артемии, с частичной их заменой дафниями, мойной, коловратками и режимом кормления 4–5 раз в сутки. Необходимо вносить столько науплиусов, чтобы перед следующим кормлением их плотность была не ниже 1 экз./литр. Примерно с середины личиночного развития в дополнение к живым кормам личинок необходимо подкармливать неживыми пищевыми добавками. Впервые рассчитан суточный баланс энергии личинок восточной речной креветки из водоема-охладителя Березовской ГРЭС и определено, что одной особи (средняя масса личинки IX стадии зоеа – 3,8 мг) в течение всего личиночного развития (в среднем 23 сутки) требуется 12–13 мг животного или 15–16 мг растительного корма [1,2,3,10, 13,14, 21, 22,30].

На основании анализа пищевых спектров сделан вывод о всеядности пресноводных креветок в послеличиночный период онтогенеза и о возможности использования в качестве дополнительной подкормки

кормосмесей и кормов местного происхождения. Рассчитаны параметры уравнений связи суточного рациона с массой тела в зависимости от температуры. Показано, что их величина изменяется с возрастом от 58,8% у ювенильных особей до 1,7% у дефинитивных при потреблении личинок хирономид, брюхоногих моллюсков, отходов рыбных комбикормов – массовых видов корма из водоема-охладителя Березовской ГРЭС. Предпочитаемый вид корма – личинки хирономид [1, 2, 3, 14, 21, 23, 29, 30].

При искусственном культивировании пресноводных креветок особое значение приобретают максимальный рацион, при помощи которого оценивается уровень потребления пищи при ее максимальном однократном приеме. Для оценки количественных закономерностей потребления пищи у пресноводных креветок с частым линичным циклом, нами впервые вводится новый показатель (суммарный межлиночный рацион), который позволяет более адекватно оценить физиологию их питания на протяжении полного межлиночного цикла, что представляет практический интерес при разработке технологии кормления в аквакультуре. Величина усвояемости пищи пресноводными креветками при потреблении массовых видов корма из водоема-охладителя теплоэлектростанции колеблется в пределах $89,6 \pm 4,18$ и $96,8 \pm 1,51\%$ и мало зависит от температуры и массы тела [1, 2, 3, 37].

Ключевым этапом онтогенеза у пресноводных креветок при выращивании в аквакультуре является личиночное развитие. Для него характерна высокая смертность, которая вызывается резкими изменениями факторов среды, болезнями, низким качеством воды, недостатком пищи. Впервые для летних и осенних генераций восточной речной креветки показано, что в условиях водоема-охладителя Березовской ГРЭС данный этап жизненного цикла протекает успешно и описывается экспоненциальными уравнением через среднюю за личиночный период удельную скорость роста и исходную массу зоеа I стадии. В лабораторных условиях на искусственной морской воде проанализированы особенности культивирования личинок тропического вида – гигантской пресноводной креветки. Для формирования маточного стада и получения быстрорастущих креветок товарного размера следует отбирать в качестве «посадочного материала», группы «ранних» и «средних» послеличинок происходящих из одной яйцекладки (семьи), что сокращает период роста личинок, повышает их выживаемость и позволяет выделить быстрорастущих особей относительно однородного размера. Для выращивания посадочного материала с целью дальнейшего производства товарной продукции, оптимальной следует считать начальную плотность посадки 40–70 лич./литр. В результате исследования личиночного развития пресноводных креветок различной экологической принадлежности сделан вывод, о том, что виды с сокращенным метаморфозом – наиболее перспективны для акклиматизации в низкопродуктивные водоемы-охладители умеренной зоны для обогащения их кормовой базы, а также ведения аквакультуры. Таким видом, в дополнение к *Macrobrachium nipponense*, может быть сибирский шримс *Exopalaemon modestus* [1, 2, 3, 4, 8, 10, 11, 13, 20, 24, 25].

В условиях умеренной географической зоны культивировать тропическую гигантскую пресноводную креветку можно на сбросной подогретой воде теплоэлектростанции при осуществлении «стратегии прерывистой посадки», предусматривающей получение «посадочного материала» в искусственных условиях инкубатора в зимний период с последующим размещением его в начале вегетационного периода в лотках, прудах или садках для получения товарной продукции. На основании анализа результатов собственных экспериментальных исследований и литературных данных установлено, что в садковых и прудовых условиях, как для молоди, так и половозрелых особей ростовые параметры и величина выживаемости не уступает общепринятым мировым стандартам аквакультуры. С учетом личиночного периода, на сбросной воде теплоэлектростанции, креветки этого вида достигают половозрелости в среднем за 4–5 месяцев и товарной массы ~ 20 г через 3–4 месяца после перехода в стадию послеличинка [1, 3, 5, 13, 22, 24, 31, 38].

Выявленная в раннем онтогенезе и подтвержденная в послеличиночный период до завершения жизненного цикла разнокачественность роста является основой для разработки методов товарного выращивания пресноводных креветок в монокультуре на сбросной подогретой воде теплоэлектростанции. Впервые проанализирована и установлена взаимосвязь продуктивности восточной речной креветки с урожаем рыб в земляных прудах в поликультуре с прудовыми видами рыб: карпом, белым и пестрым толстолобиком, белым амуром. Для ведения поликультуры рекомендуется дополнительное вселение яйценосных самок в земляные пруды в начале вегетационного сезона, что обеспечивает большую численность креветок на единицу прудовой площади [1, 3, 20, 23, 25, 29, 34, 41].

Интенсификация аквакультуры пресноводных креветок достигается оптимизацией абиотических (температура, соленость) и биотических (плотность, внутривидовая конкуренция) факторов. При различных способах содержания в монокультуре садок как открытая система, где происходит постоянный обмен водной среды и удаление метаболитов, выдерживает более высокую плотность посадки и при подращивания послеличинок до стадии «посадочный материал» составляет альтернативу закрытым системам – бассейнам, лоткам, рециркуляционным установкам и т.п. Независимо от способа ведения аквакультуры (в аквариумах, тэнках, ваннах, и садках) при оптимальной температуре 27–28°C, доминирующим биотическим фактором, является плотность. Оптимальное значение этого показателя при культивировании послеличинок до стадии «посадочный материал» в садках для восточной речной и гигантской пресноводной креветок не должно превышать 100 и 200 экз./м² соответственно, а при товарном выращивании до 25–30г – 5–20 экз./м². Конкурентные взаимоотношения, в данном случае социальные взаимодействия и отчасти эффективность усвоения пищи, управляют различиями в размерном составе культивируемой популяции. Продукция самцов выше, чем смешанная и продукция самок, но самки дают более однородное распределение. Внесение дополнительного питания не скажется на увеличении скорости роста, пока

существует пресс агрессивных особей. Уменьшить такое воздействие можно за счет селективного отбора крупных особей в процессе выращивания (траловая съемка), в монокультуре с внесением дополнительных субстратов, увеличивающих поверхность, пониженной начальной плотностью посадки молоди, а также путем удлинения периода подращивания послеличинок в зимнее-весенний период [1, 9, 12, 17].

Разработанные биологические основы аквакультуры пресноводных креветок применимы и для культивирования речных раков – длиннопалого (*Astacus leptodactylus* Esch.) и широкопалого (*A. astacus*). Благодаря широкому диапазону толерантности к абиотическим и биотическим факторам, высокой скорости роста, в качестве перспективных объектов тепловодной аквакультуры в закрытых системах искусственного культивирования рекомендуются сигнальный рак (*Pacifastacus leniusculus* (Dana)) и красный болотный рак (*Procambarus clarkii* (Girard)) [1, 15, 16, 18, 27, 31, 32].

Результаты собственных исследований и анализ литературы показали, что для нашей страны наиболее приемлемым является полунтенсивный путь получения товарной рачьей продукции. Предлагается принципиально-новая научная идея использования сбросной подогретой воды для получения личинок и выращивания сеголетка длиннопалого рака. Показано, что тепловодное инкубирование личинок и получение жизнестойкого посадочного материала на естественной кормовой базе при температуре 23–27°C, является более эффективным, чем при использовании артезианской воды с искусственной подкормкой. Достигается этот результат ускоренным периодом метаморфоза, не требует дополнительного подогрева воды, культивирования живых кормов (дафния, моина) и внесения искусственно приготовленных кормосмесей. Показана реальная возможность получения жизнестойких личинок широкопалого рака на сбросной подогретой воде теплоэлектростанции, что открывает перспективу как увеличения численности популяции этого ценного ресурсного вида в естественных местообитаниях, так и разработку биотехники получения товарной продукции [1, 6, 15, 16, 32, 33, 36, 42].

Тепловодная монокультура и поликультура сеголетка длиннопалого рака с рыбой (в основном растительноядные виды рыб), пресноводной креветкой в течение вегетационного сезона (июль-сентябрь) эффективна и сопоставима с таковой для южных регионов. На основе анализа различных вариантов тепловодного культивирования рассчитаны экспоненциальные уравнения зависимости урожая и выживаемости сеголетка длиннопалого рака, полученного в монокультуре и поликультуре в земляных прудах от урожая рыб и пресноводных креветок [1, 14, 15, 30, 31, 35, 38].

Использование низкопотенциального сбросного тепла является новым перспективным направлением оптимизации культивирования промысловых десятиногих ракообразных. Разработанные биологические основы с применением методов интенсивного культивирования направлены на увеличение степени реализации биопродукционного потенциала пресноводных креветок и речных раков в условиях тепловодной аквакультуры. При этом увеличивается

коэффициент полезного действия низкопотенциального сбросного тепла энергетических объектов [1, 2, 3, 8–16, 19–21, 23, 24, 31, 41,42].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Биологические основы аквакультуры промысловых ракообразных рекомендуются для разработки биотехники полноциклического индустриального культивирования быстрорастущих теплолюбивых пресноводных креветок на сбросной воде теплоэлектростанции умеренной климатической зоны с целью получения товарной продукции в монокультуре и в поликультуре с рыбой. Результаты исследований по получению личинок и выращиванию посадочного материала длиннопалого рака являются методологией технологического регламента полунтенсивного культивирования в рыбхозах Беларуси с ускоренным получением личинок и сеголетка на сбросной подогретой воде энергетических объектов [1, 2, 3, 9,11–17, 34, 38,40,41].

Для обогащения кормовой базы водоемов-охладителей энергетических объектов целесообразно акклиматизировать пресноводную креветку *Exopalaemon modestus*. Этот вид является также и перспективным объектом для культивирования, поскольку характеризуется сокращенным личиночным развитием, что позволяет получать на начальном этапе онтогенеза посадочный материал для товарного выращивания с высоким уровнем выживаемости [10].

В практику рыбного хозяйства (объединение «Брестрыбхоз», 1984г.) передана рецептура стартовых кормов для подращивания личинок карпа, где основным компонентом является мука из восточной речной креветки.

Объединению «Брестрыбхоз» (1985г.) переданы рекомендации по выращиванию пресноводной креветки *Macrobrachium nipponense* на сбросной воде Березовской ГРЭС с экономическим эффектом в 50 тыс. рублей в ценах на 1985 г.

Белорусскому бассейновому управлению по охране и воспроизводству рыбных запасов и регулированию рыболовства (Белрыбвод, 1986г.) переданы рекомендации по охране и рациональному использованию восточной речной креветки, на основе которых разработаны правила любительского лова креветок.

Белозерскому опытно-производственному рыбоводно-садковому хозяйству (1986г.) переданы рекомендации по использованию пресноводных креветок и моллюсков для выращивания канального сома (*Ictalurus punctatus*) в хозяйствах на водоемах-охладителях энергетических объектов.

Украинскому бассейновому управлению по охране и воспроизводству рыбных запасов и регулированию рыболовства (Укррыбвод, 1987г.) передано «Биологическое обоснование вселения субтропической пресноводной креветки в водоем-охладитель Березовской ГРЭС» для проведения акклиматизационных мероприятий на водоемах УССР и Молдавской ССР.

Каспийскому научно-исследовательскому институту (КаспНИИРХ, 1990г.) передано «Биологическое обоснование вселения субтропической пресноводной креветки в водоем-охладитель Березовской ГРЭС» и 14 июня 1990г. произведено вселение креветок в Ильмень Ловецкий (Астраханская область).

Разработка «Основы искусственного воспроизводства речных раков с использованием сбросной подогретой воды теплоэлектростанции» (2008г.) используется в учебном процессе кафедры зоологии и кафедры общей биологии факультета естествознания БГПУ им. М. Танка при чтении курсов лекций «Зоология беспозвоночных», «Основы экологии», при проведении практических занятий, выполнении курсовых и дипломных работ.

Практическая рекомендация «Биотехника получения и выращивания личинок длиннопалого рака (*Astacus leptodactylus* Esch.) передана филиалу РУП «Полесьегипроводхоз», рыбхозу «Соколово» (2010г.).

Практическая рекомендация «Биотехника получения и выращивания личинок длиннопалого рака (*Astacus leptodactylus* Esch.) на сбросной воде теплоэлектростанции» передана ООО «Озера Брестчины» (2012г.).

В качестве коммерческого продукта на рынке инновационных технологий могут быть реализованы полученные нами патенты «Способ выращивания товарной пресноводной креветки *Macrobrachium nipponense* (De Haan) в умеренной климатической зоне» и «Способ получения посадочного материала длиннопалого рака *Astacus leptodactylus* Esch.» (патенты ВУ 11302, 11303).

Для пропаганды и внедрения результатов исследований по использованию тепла сбросных вод ТЭС и АЭС для нужд рыбного хозяйства изданы 3 информационных листка.

За цикл работ по экологии, акклиматизации и разведению пресноводных креветок в соавторстве с Н.Н.Хмелевой и Ю.Г. Гигиняком присуждена премия Академии наук Беларуси за 1995г. (постановление Президиума АН Беларуси № 95, от 21 декабря 1995 г.).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

МОНОГРАФИИ

1. Кулеш, В.Ф. Биология культивирования промысловых видов пресноводных креветок и речных раков на теплых водах / В.Ф.Кулеш. – Москва: Новое знание, 2012.– 328 с.
2. Хмелева, Н.Н. Пресноводные креветки / Н.Н. Хмелева, Ю.Г. Гигиняк, В.Ф. Кулеш.– Москва: Агропромиздат,1988.–128 с.
3. Хмелева, Н.Н. Экология пресноводных креветок / Н.Н.Хмелева, В.Ф. Кулеш, А.В. Алехнович, Ю.Г. Гигиняк. – Минск: Беларуская навука, 1997. – 254 с.

СТАТЬИ В НАУЧНЫХ ЖУРНАЛАХ

4. Алехнович, А.В. Изменчивость параметров жизненного цикла у креветок рода *Macrobrachium*, Vate (Crustacea, Palaemonidae) / А.В. Алехнович, В.Ф. Кулеш // Экология.– 2001.– № 6.– С.454–458.
5. Алехнович, А.В. Изменчивость линейных размеров гигантской тропической креветки *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) (Crustacea, Palaemonidae) в ювенильный период / А.В. Алехнович, В.Ф. Кулеш // Гидробиол. ж. – 2003. – Т.39, № 4.– С. 24–33.
6. Алехнович, А.В. Новые подходы к охране и эксплуатации популяций речных раков / А.В. Алехнович, В.Ф. Кулеш // Экология.– 2004.– № 1.– С.51–55.
7. Гигиняк,Ю.Г. Температурная зависимость скорости дыхания, частоты сердцебиения и колебания скафогагатитов у пресноводных креветок / Ю.Г. Гигиняк, В.Ф. Кулеш // Докл. АН Беларуси. – 1994. – Том.38, № 5. – С.88–91.
8. Кулеш, В.Ф. Личиночный рост субтропической пресноводной креветки *Macrobrachium nipponense* (De Naan) в условиях водоема-охладителя Березовской ГРЭС / В.Ф. Кулеш // Весці АН БССР, сер. біял. навук.–1982.– № 1.– С.112–114.
9. Кулеш, В.Ф. Рост и выживаемость гигантской пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) в зависимости от плотности при различных условиях выращивания / В.Ф. Кулеш // Гидробиол. ж.– 1996.– Т. 32, № 4. – С. 10–16.
10. Кулеш, В.Ф. Особенности личиночного развития промысловых видов пресноводных креветок в экспериментальной аквакультуре /В.Ф. Кулеш // Весці БДПУ. – 2009.– Сер. 3, №3.– С.26–31.
11. Кулеш, В.Ф. Рост и выживаемость личинок пресноводной креветки *Echopalaemon modestus* (Heller) на сбросной воде теплоэлектростанции / В.Ф. Кулеш. // Докл. НАН Беларуси.– 2009.– Т. 53, № 4.– С. 82–87.
12. Кулеш,В.Ф. Влияние биотических факторов на рост и выживаемость восточной речной креветки *Macrobrachium nipponense* (De Naan) в тепловодной аквакультуре / В.Ф. Кулеш // Экология.– 2009. – №6.– С.429–438.

13. Кулеш, В.Ф. Развитие личинок гигантской пресноводной креветки из одной яйцекладки / В.Ф. Кулеш // Весці БДПУ, 2010, сер.3, №1– С. 27–34.
14. Кулеш, В.Ф. Состав пищи и пищевая избирательность пресноводных креветок в аквакультуре / В.Ф. Кулеш // Весці БДПУ, 2010, сер.3, № 3– С. 21–28.
15. Кулеш, В.Ф. Получение сеголетка длиннопалого рака (*Astacus leptodactylus* Esch.) в поликультуре с использованием сбросной подогретой воды теплоэлектростанции / В.Ф. Кулеш, А.В. Алехнович // Докл. НАН Беларуси, 2004. – Т.48, № 3.– С.68–72.
16. Кулеш, В.Ф. Выращивание молоди длиннопалого рака (*Astacus leptodactylus*) в садках и прудах в поликультуре с рыбой на подогретых сбросных водах теплоэлектростанции / В.Ф. Кулеш, А.В. Алехнович // Гидробиол. ж.– 2010.– Т.46, № 1. – С. 47–61.
17. Кулеш, В.Ф. Влияние плотности на рост и выживаемость восточной речной креветки в садках на сбросной воде теплоэлектростанции / В.Ф. Кулеш, А.В. Алехнович // Весці НАН Беларуси, сер. біял. навук.– 2010.– № 3. – С.104–109.
18. Кулеш, В.Ф. Речные раки как ценнейший ресурсный компонент фауны Беларуси / В.Ф. Кулеш, А.В. Алехнович, Г.П. Прищепов // Природные ресурсы. – 1998. – № 1. – С.39–49.
19. Кулеш, В.Ф. Рост субтрапічнай прэсноваднай крыветкі пры рознай салёнасці / В.Ф. Кулеш, Ю.Г. Гігіняк // Весці АН БССР, сер.біял. навук.–1993– № 3.– С.116–117.
20. Хмелева, Н.Н. Рост пресноводных креветок на сбросной воде теплоэлектростанций / Н.Н. Хмелева, Ю.Г. Гигиняк, В.Ф. Кулеш // Докл. АН БССР.–1982.– Т.26, № 6.– С.567–570.
21. Хмелева, Н.Н. Биологическое обоснование вселения субтропических пресноводных креветок *Macrobrachium nipponense* в водоем-охладитель Березовской ГРЭС / Н.Н. Хмелева, Ю.Г. Гигиняк, В.Ф. Кулеш, А.В.Алехнович; Институт зоологии АН БССР.– Минск, 1982.– 33 с. Деп. в ВИНТИ 30.09.82, № 5014-82 // Весці АН БССР, сер. біял. навук.– 1983. № 2. – С. 119.
22. Хмелева, Н.Н. Рост тропической гигантской креветки на отработанной воде теплоэлектростанции / Н.Н. Хмелева, В.Ф. Кулеш, Ю.Г. Гигиняк // Докл. АН БССР.– 1985. – Т.29, №7.– С.662–665.
23. Хмелева, Н.Н. Субтропическая пресноводная креветка - новый элемент фауны водоемов-охладителей / Н.Н. Хмелева, Ю.Г. Гигиняк, А.В.Алехнович, В.Ф. Кулеш; Институт зоологии АН Беларуси. – Минск, 1988. – 10 с. Деп. в ВИНТИ 27.01.88, № 718-В88 // Весці АН БССР, сер. біял. навук. – 1989.– № 1.– С. 111–112.
24. Khmeleva, N.N. Growth potentialities of the giant tropical prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man), in waste-heat discharge waters of a thermoelectric power station / N.N. Khmeleva, V.F. Kulesh, Y.G. Guiguiniak // Aquaculture.– 1989.– Vol. 81. – P. 111–117.
25. Kulesh, V.F. Development and growth heterogeneity in oriental river prawn, *Macrobrachium nipponense* (De Haan) (Palaemonidae), in ontogenesis / V.F. Kulesh, Y.G. Guiguiniak // Aquacult. and Fish Manag.–1993.– Vol. 24.– P.751–760.

26. Struzynski, W. The occurrence and habitat of the noble crayfish (*Astacus astacus* L.) and the narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus* Esch.) in freshwater of Belarus and Poland / W. Struzynski, V. Kulesh, A. Alechnovich // Annot. Warsaw. Agricult. Univ.–SGGW Animal Science.–2001.–No 1.– P.27–31.

СТАТЬИ В СБОРНИКАХ И КОЛЛЕКТИВНЫХ ИЗДАНИЯХ

27. Бирман, Б.Я. Современное состояние изученности болезней и промысловых запасов пресноводных раков в водоемах Беларуси / Б.Я. Бирман, Т.В. Безнос, Д.В. Бучукури, А.В. Алехнович, В.Ф. Кулеш // сб.научн. ст. / РНИОП Ин-та экспер. ветеринарии им. С.Н. Вышелесского НАН Беларуси. – Минск, 2005.– Вып.38: Ветеринарная наука – производству.– С.56–73.

28. Кулеш, В.Ф. Пищевые потребности личинок пресноводной креветки *Macrobrachium nipponense* (De Haan) / В.Ф.Кулеш// Вопросы экспериментальной зоологии: сб. науч. ст. / Наука и техника; редкол.: Л.М.Сушеня (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 1983.– С.11–18.

29. Кулеш, В.Ф. Перспективы выращивания субтропической креветки *Macrobrachium nipponense* (De Haan) в водоемах-охладителях ТЭС / В.Ф.Кулеш // Биологические ресурсы водоемов в условиях антропогенного воздействия: сб.научн. ст./ Наукова думка; редкол.: А. Я. Маляревская (отв. ред.) [и др.]. – Киев, 1985.– С.34–36.

30. Кулеш, В.Ф. Элементы энергетического баланса и эффективность роста восточной речной креветки / В.Ф.Кулеш // Эффективность роста гидробионтов: сб.научн. ст. / Гомельский гос. университет.; редкол.: Н.Н.Хмелева (отв. ред.) [и др.]. – Гомель, 1986.– С.132–142.

31. Кулеш, В.Ф. Аквакультура промысловых ракообразных в Беларуси / В.Ф. Кулеш // Современные проблемы естествознания: сб. науч. ст. / БГПУ им. М.Танка; редкол.: коллектив авторов. – Минск, 2001.– С.40–44.

32. Кулеш, В.Ф. Первый опыт содержания яйценосных самок и получения личинок широкопалого рака на сбросной подогретой воде теплоэлектростанции / В.Ф.Кулеш, А. В. Алехнович, В.И.Кожух, Ю.Н.Мелех, И.Д. Михович // сб.научн. тр. / РУП «Институт рыбного хозяйства».– Минск, 2008.– Вып.24: Вопросы рыбного хозяйства Беларуси.– С. 281–284.

33. Alekhnovich, A. Comparative analysis of reproduction of narrow-clawed crayfish, *Astacus leptodactylus* Esch. (Crustacea, Decapoda, Astacidae), in its eastern area / A. Alekhnovich, V. Kulesh // Proc. of the 11th Symposium of the IAA/ International Association Astacology. – Trondheim, Norway, 1996.– Vol.11: Freshwater Crayfish.– P. 339–347.

34. Alekhnovich, A .V. Production potential of oriental river prawn *Macrobrachium nipponense* (De Haan) in fish-farm ponds of the cooling reservoir of the Bereza electric power station (Belarus) / A.V. Alekhnovich, V.F. Kulesh // Pond Aquaculture in Central and Eastern Europe in the 21 th. Century: collected transaction (International Workshop), Vodnany, Czech Republic, 2–4 May 2001/ European Aquacult. Soc.Spec.Publ.;Z. Adamek (ed.). – Vodnany, Czech Republic, 2002.– No 33.– P.102–104.

35. Alekhnovich, A.V. The American spiny-cheek crayfish, *Orconectes limosus* (Rafinesque), in the fauna of Belarus / A.V. Alekhnovich, S.E. Ablov, V.F. Kulesh, O.A. Pareiko // Crayfish in Europe as alien species: Crustacean Issues 11; F. Gherardi, D.M. Holdich (eds.). – Balkema, Rotterdam, 1999. – P.237–242.

36. Alekhnovich, A. Growth and size structure of narrow-clawed crayfish *Astacus leptodactylus* Esch. in its eastern area / A. Alekhnovich, V.Kulesh, S.Ablov // Proc. of the 12 th Symposium of the IAA/ International Association Astacology.– Augsburg, Germany, 1999. – Vol.12: Freshwater Crayfish.– P. 550–554.

37. Kulesh, V.F. Food consumption of the oriental river prawn *Macrobrachium nipponense* (De Haan) in the intermoult period / V.F. Kulesh // Nutrition and feeding in cold water species: Quality in aquaculture. Short communication and abstracts of contributions present at the Intern.conf. Aquaculture Europe'95 and the satellite meeting, Trondheim, Norway, 9–12 august 1995 / European Aquaculture Society. Special publication; P. Lavens, P. Sorgeloos, E. Jaspers (eds.). – Gent, Belgium, 1995, No 23.– P.59–61.

38. Kulesh, V.F. Prospects of a commercial production of a giant tropical prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) in a waste-heat discharge water of a power station of a moderate zone / V.F. Kulesh, A.V.Alekhnovich // Pond Aquaculture in Central and Eastern Europe in the 21 th. Century: collected transaction (International Workshop) Vodnany, Czech Republic, 2–4 May 2001 / European Aquacult. Soc. Spec. Publ.; Z. Adamek (ed.). – Vodnany, Czech Republic, 2002.– No 33.– P. 99–101.

39. Kulesh, V. Distribution and size structure of noble crayfish, *Astacus astacus* (L.), populations in Belarus / V.F. Kulesh, A.V.Alekhnovich, S.Ablov // Proc. of the 12 th Symposium of the IAA/ International Association Astacology.– Augsburg, Germany, 1999. – Vol.12: Freshwater Crayfish.– P. 835–845.

ПАТЕНТЫ

40. Способ выращивания товарной пресноводной креветки *Macrobrachium nipponense* (De Haan) в умеренной климатической зоне: пат. 11303 Респ. Беларусь, МПК, 2006, А01К 61/00 / В.Ф. Кулеш, А.В. Алехнович; заявители Бел. гос.пед. ун-т. им. Максима Танка, Гос. научн.–произв. объединение «Научно-практ. центр НАН Беларуси по биоресурсам – № а20060650; заявл. 06.30.06; опубл. 05.08.08 // Официальный бюллетень / Изобретения. Полезные модели. Промышленные образцы. – 2008. – № 5. – С. 44.

41. Способ получения посадочного материала длиннопалого рака *Astacus leptodactylus* Esch: пат. 11302 Респ. Беларусь, МПК (2006) А 01 К 61/00, С 1 / В.Ф.Кулеш, А.В. Алехнович; заявитель Бел. гос. ун-т им. М. Танка.– № а20060649; опубл. 30.10.08 //Официальный бюллетень / Изобретения. Полезные модели. Промышленные образцы. – 2008 – № 5 – С. 44–45.

Результаты диссертационной работы опубликованы также в материалах и тезисах докладов международных и региональных научных, научно-практических конференциях и симпозиумах (31 работа).

Р Е З Ю М Е

Кулеш Виктор Федорович

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОВОДНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ ПРОМЫСЛОВЫХ РАКООБРАЗНЫХ

Ключевые слова: пресноводные креветки, речные раки, тепловодная аквакультура, сбросная подогретая вода, рост, выживаемость

Объект исследования – ресурсные, промысловые виды ракообразных

Предмет исследования – эколого-физиологические характеристики промысловых ракообразных при различных условиях выращивания на сбросной подогретой воде теплоэлектростанции (Березовская ГРЭС).

Цель исследований – выявить закономерности выращивания пресноводных креветок и речных раков на сбросной подогретой воде теплоэлектростанции, показать перспективность данного направления аквакультуры, по сравнению с традиционным и на этой основе разработать биологические основы тепловодной аквакультуры промысловых ракообразных.

При проведении экспериментальных полевых и лабораторных исследований применялись общепринятые эколого-физиологические приемы и методы аквакультуры водных беспозвоночных.

Установлены функциональные механизмы дыхания и питания пресноводных креветок при различных условиях тепловодного выращивания, рассчитан баланс энергии за межличиночный период, определены суточные рационы при потреблении различного вида корма из экосистемы водоема-охладителя теплоэлектростанции, показана динамика потребления и усвояемости пищи в зависимости от температуры.

Выявлены особенности личиночного развития как самого уязвимого этапа онтогенеза пресноводных креветок различной экологической принадлежности (бореальный, субтропический и тропический вид) на сбросной подогретой воде теплоэлектростанции и в лабораторных условиях. Оценены параметры размерно-веса роста, продуктивности и выживаемости пресноводных креветок при воздействии абиотических и биотических факторов в течение вегетационного сезона на сбросной подогретой воде в различных условиях моно– и поликультуры с рыбой. Выделены креветки с сокращенным периодом личиночного развития как перспективные объекты акклиматизации и тепловодной аквакультуры.

Оптимизирована биотехника получения жизнестойких личинок длиннопалого рака в условиях инкубатора с использованием сбросной подогретой воды, выявлены оптимальные возможности получения жизнестойких сеголетков при различных условиях выращивания в производственных условиях в монокультуре и поликультуре с рыбой.

Область применения – рыбное хозяйство, охрана и воспроизводство ресурсных промысловых видов ракообразных.

Р Э З Ю М Э

Кулеш Віктар Фёдаравіч

БІЯЛАГІЧНЫЯ АСНОВЫ ЦЕПЛАВОДНАЙ АКВАКУЛЬТУРЫ ПРОМЫСЛАВЫХ РАКАПАДОБНЫХ

Ключавыя словы: прэснаводныя крэветкі, рачныя ракі, цеплаводная аквакультура, скідная падагрэтая вада, рост, выжывальнасць.

Аб'ект даследавання – рэсурсавыя, промыславыя віды ракападобных.

Прадмет даследавання – экалага-фізіялагічныя характарыстыкі промыславых ракападобных пры разнастайных умовах вырошчвання на скідной падагрэтай вадзе цеплаэлектрастанцыі (Бярозаўская ДРЭС).

Мэта даследавання – выявіць заканамернасці вырошчвання прэснаводных крэветак і рачных ракаў на скідной падагрэтай вадзе цеплаэлектрастанцыі, паказаць перспектыўнасць гэтага напрамку аквакультуры ў параўнанні з традыцыйным і на падставе гэтага распрацаваць біялагічныя асновы цеплаводнай аквакультуры промыславых ракападобных.

Пры правядзенні эксперыментальных палявых і лабараторных даследаванняў прымяняліся агульнапрынятыя экалага-фізіялагічныя прыёмы і метады аквакультуры водных беспазваночных.

Устаноўлены функцыянальныя механізмы дыхання і харчавання прэснаводных крэветак пры разнастайных умовах цеплаводнага вырошчвання, разлічаны баланс энергіі за міжлічынкавы перыяд, вызначаны сутачныя рацыёны пры спажыванні рознага віду корму з экасістэмы вадаёма-ахаладжальніка цеплаэлектрастанцыі, паказана дынаміка спажывання і засваяльнасці ежы ў залежнасці ад тэмпературы.

Выяўлены асаблівасці лічынкавага развіцця як самага ўразлівага этапу антагенезу прэснаводных крэветак рознай экалагічнай прыналежнасці (барэальны, субтрапічны і трапічны віды) на скідной падагрэтай вадзе цеплаэлектрастанцыі і ў лабараторных умовах. Ацэнены параметры росту памераў і вагі, прадуктыўнасці і выжывальнасці прэснаводных крэветак пры ўздзеянні абіятычных і біятычных фактараў на працягу вегетацыйнага сезону на скідной падагрэтай вадзе ў разнастайных умовах мона- і полікультуры з рыбай. Выдзелены крэветкі са скарачаным перыядам лічынкавага развіцця як перспектыўныя аб'екты акліматызацыі і цеплаводнай аквакультуры.

Аптымізавана біятэхніка атрымання жыццёўстойлівых лічынак даўгапальцавага рака ва ўмовах інкубцэха з выкарыстаннем скідной падагрэтай вады, выяўлены аптымальныя магчымасці атрымання жыццёўстойлівых сяголеткаў пры разнастайных умовах вырошчвання ў вытворчых умовах у монакультуры і ў полікультуры з рыбай.

Галіна прымянення – рыбная гаспадарка, ахова і ўзнаўленне рэсурсавых промыславых відаў ракападобных.

SUMMARY

Viktor F. Kulesh

BIOLOGICAL FOUNDATIONS OF WARMWATER AQUACULTURE OF COMMERCIAL CRUSTACEOUS

Keywords: freshwater shrimps, river crayfish, warm water culture, heated wastewater, growth, survivability.

Object of research – resource and commercial crustaceous species.

Subject of research – eco-physiological characteristics of commercial crustaceous species cultured under different conditions in heated wastewater from the thermal power plant (Beryozovskaya State District Power Plant (SDPP)).

Research objective – revealing the regularities of culturing of freshwater shrimps and river crayfish in heated wastewater from the thermal power plant, defining the availability of this method of aquaculture, compared to traditional one and developing biological grounds of the concept of warm water aquaculture of commercial crustaceous species.

During experimental field and laboratory research standard eco-physiological methods and techniques of aquaculture of invertebrates were used.

Functional mechanisms of freshwater shrimps breathing and feeding in different warm water culturing conditions were determined, energy balance over intermolt period was calculated, daily ration while consumption of different feedstuff from ecosystem of the basin-cooler of the thermal power plant was defined, dynamics of consumption and assimilability of food depending on temperature was shown.

The peculiarities of larval development (as the most vulnerable stage of ontogenesis) of freshwater shrimps of different ecological belonging (boreal, subtropical, tropical species) in heated wastewater from the thermal power plant and under laboratory conditions were revealed. The parameters of size and weight growth, productivity and survivability of freshwater shrimps under influence of abiotic and biotic factors during vegetation period in heated wastewater under different conditions of mono- and polyculture with fish were evaluated.

Bioengineering of receiving of vigorous crayfish larvae under the conditions of incubation area while using heated wastewater has been optimized. Optimal means of receiving vigorous underyearlings of long-toed cancer under different conditions of culturing in working environment of mono- and polyculture with fish.

Range of application – fishery, protection and reproduction of resource and commercial crustaceous species.