



Аквакультура

Технологическая схема и биотехнические показатели индустриального выращивания молоди австралийского красноклешнёвого рака

Н.П. Ковачева¹, Р.Р. Борисов¹, И.Н. Никонова¹, Н.В. Кряхова¹, А.В. Жигин^{1,2}

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187

² Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева (ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»), ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127434

E-mail: kovatcheva@vniro.ru

SPIN-коды: Н.П. Ковачева – 8113–4635; Р.Р. Борисов – 5597–7051; И.Н. Никонова – 8313–2770; Н.В. Кряхова – 1180–6935; А.В. Жигин: 8580–7697

Цель работы: на основе обобщения имеющихся результатов исследований сформировать технологическую схему и биотехнические показатели индустриального выращивания молоди австралийского красноклешнёвого рака *Cherax quadricarinatus* в контролируемых условиях.

Используемые методы: исследование выполнено на базе аквариальной отдела аквакультуры беспозвоночных ВНИРО на молоди и взрослых особях австралийского красноклешнёвого рака в период с 2010 по 2023 гг. В ходе работ использовали стандартные методики определения гидрохимических параметров, рыбоводно-биологических показателей. За указанный период проведены исследования особенностей жизненного цикла, ранних стадий развития, физиологии и питания.

Новизна: для молоди австралийского красноклешнёвого рака разработаны технологическая схема и биотехнические показатели индустриального выращивания в условиях УЗВ.

Результат: для модульного бассейнового комплекса разработаны технологическая схема и биотехнические показатели выращивания молоди австралийского красноклешнёвого рака. Технологическая схема включает шесть этапов: «Отбор и содержание производителей» (1); «Спаривание и получение самок с икрой» (2); «Содержание самок с икрой и ранней молодью» (3); «Подраживание молоди до 0,2–0,8 г» (4); «Подраживание молоди от 0,2–0,8 г до 2–5 г» (5); «Выращивание молоди для пополнения маточного стада» (6). Успешность проведения этапов 1 и 2 зависит от физиологического состояния производителей, которое определяется условиями содержания в период подготовки раков к спариванию. На этапах 3–6 предусмотрено использование однотипных бассейнов, специализация которых достигается за счёт установки отсадников для содержания самок с икрой, укрытий и структурирующих объём субстратов различных типов.

Практическая значимость: применение предложенных биотехнических методов и подходов к получению и выращиванию молоди австралийского красноклешнёвого рака позволит оптимизировать культивирование вида, что будет способствовать развитию его выращивания в рыбоводных хозяйствах.

Ключевые слова: австралийский красноклешнёвый рак *Cherax quadricarinatus*, модульный бассейновый комплекс, технологическая схема выращивания.

Technological scheme and biotechnical indices of industrial cultivation of Australian redclaw crayfish juveniles in aquaculture

Nikolina P. Kovatcheva¹, Rostislav R. Borisov¹, Irina N. Nikonova¹, Nataliya V. Kryakhova¹, Alexey V. Zhigin^{1,2}

¹ Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okružnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

² Russian State Agrarian University – Timiryazev Agricultural Academy (FSBEI HE «RSAU Timiryazev AA»), 49, Timiryazevskay St., Moscow, 127434, Russia

The aim of the work: forming technological scheme and biotechnical indices of industrial cultivation of Australian redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* juveniles under controlled conditions based on a generalization of available research investigations.

Used methods: the study was carried out on the basis of the aquarium room of Invertebrate Aquaculture Department of VNIRO on Australian redclaw crayfish juveniles and adults in the period from 2010 till 2023. Standard methods were used to determine hydrochemical parameters and fish-cultural and biological indicators of individuals. Studies were carried out on the characteristics of the life cycle, early stages of development, physiology and nutrition. The data was processed using statistical methods.

Novelty: A technological scheme and biotechnical indicators of industrial rearing under RAS conditions have been formulated for Australian redclaw crayfish juveniles.

Results: A technological scheme and biotechnical indicators for cultivation of Australian redclaw crayfish juveniles have been developed for a modular basin complex. The technological scheme includes six stages: “Selection and housing of brood stock” (1); “Mating and obtaining gravid females” (2); “Maintenance of females with eggs and early juveniles” (3); “Ongrowing of juveniles to 0.2–0.8 g” (4); “Ongrowing of juveniles from 0.2–0.8

g to 2–5 g” (5); “Ongrowing of juveniles for broodstock remount” (6). The success of stages 1 and 2 depends on the spawners’ physiological state, which is determined by the housing conditions during the preparation of crayfish for mating. Stages 3–6 require the use of single-type basins, specialization of which is achieved through the installation of sedimentation tanks for holding females with eggs, shelters and volume-structuring substrates of different types.

Practical significance: application of the proposed biotechnical methods and approaches to the production and cultivation of juvenile Australian redclaw crayfish will optimize the cultivation of the species, which will be beneficial for the development of its cultivation in fish farms.

Keywords: Australian redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*, modular basin complex, technological scheme.

ВВЕДЕНИЕ

Ряд биологических и коммерческих свойств австралийского красноклешнёвого рака *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868) способствовали развитию интереса к нему как перспективному для аквакультуры виду. Австралийский красноклешнёвый рак всеяден и быстро растёт в широком диапазоне условий среды [Jones, 1990¹; Saoud et al., 2012; Marufu et al., 2018; Zengeya et al., 2022], самки имеют достаточно высокую (до 1000 икринок) плодовитость [Jones, 1995; Masser, Rouse, 1997], а выход мяса по нашим данным составляет 20–30%, что примерно в полтора раза выше, чем, например, у нативных европейских видов [Александрова, 2013; 2014]. По этим причинам с конца двадцатого века австралийский красноклешнёвый рак активно культивируется не только в Австралии, но и во многих тропических и даже некоторых умеренных регионах мира. Аквакультура этого вида в основном ведётся в прудовых системах [Lawrence, Jones, 2002; Saoud et al., 2013; Jutagate et al., 2023], что часто может приводить к его проникновению в естественные водоёмы. В результате этого на сегодняшний день австралийский красноклешнёвый рак отмечен в 67 странах/территориях [Sallehuddin et al., 2021; Haubrock et al., 2021].

В последнее время австралийского красноклешнёвого рака рассматривают в качестве нового и перспективного объекта индустриальной аквакультуры для южных регионов Российской Федерации [Хорошко, Крючков, 2010; Арыстангалиева, Жигин, 2016; Жигин и др., 2017; Шокашева, 2018]. Будучи тропическим видом, он хорошо чувствует себя при высоких температурах, но не выдерживает длительного пребывания при температуре ниже 10 °C [King, 1994; Semple et al., 1995], поэтому зимовка рака в условиях естественных водоёмов даже в южных регионах России невозможна. В этой связи наиболее перспективной технологией культивирования этого вида для России является со-

вмещение технологий УЗВ и прудового выращивания [Хорошко, Крючков, 2010; Зволинский и др., 2021; Пятикопова и др., 2022; 2023]. При этом система УЗВ используется круглогодично для содержания маточного стада, а также для получения и подращивания молоди. В начале лета при достижении температуры воды 22–23 °C молодь выпускают в пруды для товарного выращивания. В таких южных регионах России как Астраханская и Ростовская области культивирования в прудах в течение 3–4 месяцев достаточно, чтобы подрастить молодь до товарного размера [Лагуткина и др., 2019; Воробьева и др., 2023]. Быстрый рост, низкий уровень конкуренции и каннибализма, а также снижение затрат на корма, связанное с активным использованием раками естественных кормовых ресурсов водоёмов, являются важными преимуществами культивирования австралийского красноклешнёвого рака в прудах. Вместе с тем, учитывая короткий промежуток оптимальных для роста температур в водоёмах, необходимым условием для успешного проведения работ по получению товарных особей является качество выпускаемой в пруды молоди.

Цель настоящей работы – на основе обобщения имеющихся результатов исследований сформировать технологическую схему и биотехнические показатели индустриального выращивания молоди австралийского красноклешнёвого рака в контролируемых условиях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Основой для создания технологической схемы и определения биотехнических показателей индустриального выращивания молоди австралийского красноклешнёвого рака послужили данные результатов оригинальных исследований авторов настоящей работы. Сотрудниками отдела аквакультуры беспозвоночных ФГБНУ «ВНИРО» с 2010 года ведутся исследования особенностей жизненного цикла, ранних стадий развития [Borisov, Tertitskaya, 2010; Борисов и др., 2013; Борисов, 2015], физиологии [Жигин и др., 2017 б, г], питания и скорости роста [Борисов и др., 2013, 2022 а, б; Жигин и др., 2017 а; Воробьева и др., 2023], накоплен значительный опыт по его культиви-

¹ Jones C.M. 1990. The biology and aquaculture potential of the tropical freshwater crayfish, *Cherax quadricarinatus* // Queensland Department of Primary Industries, Report of Project QDPI/8860. 116 p.

рованию в условиях УЗВ [Жигин и др., 2017 в; 2018; Борисов, Никонова, 2018]. В своей работе мы также использовали и обобщили опыт астакологов, занимавшихся разработкой технологий культивирования австралийского красноклешнёвого рака за рубежом [Jones, 1990¹; 1995; Jones et al., 1998²; Masser Rouse, 1997; Villarreal et al., 1999; Jones, 2000³; Jones, Grady, 2000; Lawrence, Jones, 2002; Saoud et al., 2012; 2013; Jones, Valverde, 2020; Rigg et al., 2020 и др.] и в России [Хорошко, 2008⁴; Лагуткина, Пономарев, 2008; Хорошко, Крючков 2014⁵; Нгуен, Крючков, 2014; Анкешева и др., 2021; Пятикопова и др., 2022; 2023; и др.]. Экспериментальные и исследовательские работы осуществлялись на базе аквариальной отдела аквакультуры беспозвоночных ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Технологическая схема получения молоди австралийского красноклешнёвого рака

Индустриальное выращивание молоди австралийского красноклешнёвого рака включает в себя шесть

ем установок с замкнутым водоиспользованием (УЗВ), имеющим модульную конструкцию. При осуществлении работ по получению молоди для культивирования в прудах за год проводится один цикл выращивания. При дальнейшем выращивании молоди до товарного размера в условиях УЗВ в течение года возможно проведение двух полных циклов.

Особенности репродуктивной биологии австралийского красноклешнёвого рака не позволяют полностью синхронизировать спаривание и откладку яиц всего маточного стада. Проведение спаривания и получение икранных самок в результате оказываются растянутыми на 2–3 месяца. Время начала работ по получению молоди для культивирования в прудах зависит от предполагаемой даты её выпуска в пруды и требований к её размерным характеристикам. Выпуск молоди в пруды в условиях России осуществляется в сжатые сроки после подготовки прудов, начала формирования в них кормовой базы и достижения температуры воды 20–21 °С. В рамках предлагаемой технологической схемы продолжительность подращивания молоди от момента её схода с самки и до

Таблица 1. Технологическая схема индустриального получения молоди австралийского красноклешнёвого рака

Table 1. Technological scheme of industrial cultivation of Australian redclaw crayfish juveniles

| № | Технологический этап | Продолжительность этапа, месяцы | Температура, °С | Кормление | | Тип ёмкостей |
|---|---|---------------------------------|-----------------|----------------------------|---------------------|--------------|
| | | | | Живые и замороженные корма | Искусственные корма | |
| 1 | Отбор и содержание производителей | Круглогодично | 22–26 | да | да | |
| 2 | Спаривание и получение самок с икрой | 2–3 | 24–28 | да | да | |
| 3 | Содержание самок с икрой и ранней молодью | 1–2 | 26–29 | да | да | |
| 4 | Подращивание молоди до 0,2–0,8 г | 1 | 26–29 | да | да | |
| 5 | Подращивание молоди от 0,2–0,8 г до 2–5 г | 1,5–2 | 26–29 | нет | да | |
| 6 | Выращивание молоди для пополнения маточного стада | 3–4 | 25–28 | нет | да | |

Примечание: – бассейны 4,0×1,5×0,35 м, уровень воды 0,25–0,3 м.; – ёмкости 1,0×0,6×0,4 м с прозрачной передней стенкой, уровень воды 0,3–0,35 м.

технологических этапов: отбор и содержание производителей; спаривание и получение самок с икрой; содержание самок с икрой и ранней молодью; подращивание молоди до 0,2–0,8 г; подращивание молоди от 0,2–0,8 г до 2,0–5,0 г; выращивание молоди от 5,0 г до половозрелости (40–50 г) с целью осуществления ремонта маточного стада. В табл. 1 представлена технологическая схема получения молоди австралийского красноклешнёвого рака, в которую включены основные параметры технологических этапов. Работы проводятся в специализированном бассейновом комплексе в контролируемых условиях с использованием

момента выпуска в пруды может составлять от одного до трёх месяцев. Вследствие этого, работы по подращиванию молоди разделены на два технологических этапа. В ходе первого проводится получение молоди средней массой 0,2–0,8 г, а на втором – её подращивание до массы 2,0–5,0 г. Молодь массой 0,4 г уже имеет достаточную жизнестойкость для транспортировки и адаптации к условиям прудов. Вместе с тем более крупная молодь предпочтительней для выпуска в пруды, поскольку лучше переносит транспортировку, обладает большей жизнестойкостью и потенциально может обеспечить получение более крупных товар-

ных особей в конце сезона культивирования. Однако для её получения требуется больше времени, людских ресурсов, кормов и площади бассейнов, а с увеличением продолжительности содержания и размера особей происходит снижение выживаемости вследствие агрессивного поведения и каннибализма.

2. Бассейновый модуль для выращивания молоди австралийского красноклешнёвого рака

Бассейновый модуль для выращивания молоди австралийского красноклешнёвого рака (рис. 1) включает в себя участок с бассейнами для содержания маточного стада, участок с ёмкостями для проведения спаривания и получения самок с икрой, а также участок с бассейнами для подращивания молоди. Параметры модуля ориентированы на получение 100 тыс. экз. молоди за один цикл культивирования. Модульная конструкция облегчает проектирование бассейновых комплексов заданной мощности.

При проведении работ используются ёмкости двух типов. Мероприятия по спариванию и получению самок с икрой проводятся в ёмкостях с прозрачной передней стенкой (1,0×0,6×0,4 м и уровнем воды 0,3–0,35 м). Наличие прозрачной стенки облегчает визуальный контроль и обнаружение самок с икрой, не подвергая их дополнительному стрессу. Для проведения работ на других этапах технологической схемы используются бассейны — 4,0×1,5×0,35 м с уровнем воды 0,25–0,30 м. Использование для проведения

большинства работ бассейнов стандартных габаритов позволяет обеспечить их универсальность и взаимозаменяемость. Специализация бассейнов для работ на различных этапах достигается за счёт установки индивидуальных отсадников для содержания самок с икрой, укрытий и структурирующих объём субстратов различных типов.

Более компактное расположение оборудования и повышение эффективности использования площади помещений обеспечивается за счёт расположения ёмкостей в несколько ярусов (рис. 1). Ёмкости для спаривания и получения самок с икрой размещаются в два, а бассейны в четыре яруса.

Для успешного содержания как взрослых особей, так и молоди австралийского красноклешнёвого рака важным условием является поддержание оптимальных характеристик среды. Оптимальные и допустимые гидрохимические параметры при культивировании вида, составленные на основе собственных и литературных данных [Villarreal, Peláez, 1999; Jones, 2000²; Humberto, Jose, 2006⁶], представлены в табл. 2.

Существенной проблемой при культивировании десятиногих ракообразных является высокий уровень агрессивных контактов и каннибализма [Борисов, Тертицкая, 2005; Борисов и др., 2007; Jeffs, 2010; Shelley, Lovatelli, 2011; Franke et al., 2013]. Наиболее уязвимыми особи оказываются во время линьки. В этот пе-

⁶ Humberto C., Jose N. 2006. Cultivo de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (Redclaw). Una oportunidad para la diversificación de la industria acuícola. 16 p.

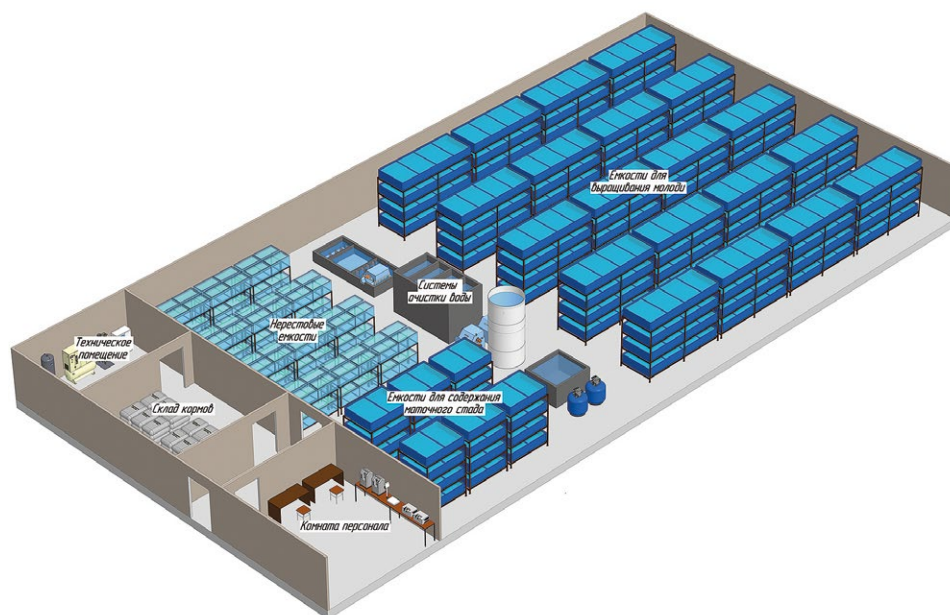


Рис. 1. Схема бассейнового модуля для выращивания молоди австралийского красноклешнёвого рака
Fig. 1. Diagram of the modular basin complex for rearing of Australian redclaw crayfish juveniles

Таблица 2. Допустимые гидрохимические параметры при выращивании австралийского красноклешнёвого рака на основе собственных и литературных данных [Villarreal, Peláez, 1999; Jones, 2000²; Humberto, Jose, 2006⁶]

Table 2. Acceptable hydrochemical parameters for Australian redclaw crayfish cultivation based on our own and literature data [Villarreal, Peláez, 1999; Jones, 2000³; Humberto, Jose, 2006⁶]

| Показатели | Оптимум | Допустимые значения |
|-------------------------------|---------|---------------------|
| Содержание кислорода, мг/л | > 5 | > 4 |
| Водородный показатель (pH) | 7–8,5 | 6,5–9 |
| Нитриты, мг N/л | < 0,05 | < 0,5 |
| Общий аммонийный азот, мг N/л | < 0,05 | < 1,0 |
| Общая жёсткость, мг/л | 100–200 | > 50 |
| Кальций, мг/л | > 50 | > 20 |
| Щёлочность, мг/л | > 50 | > 50 |
| Железо общее, мг/л | < 0,1 | < 0,5 |

риод вероятность возникновения агрессивных взаимодействий, результатом которых будет гибель недавно перелинявшей особи, выше всего и напрямую зависит от плотности содержания. Одним из подходов к снижению уровня каннибализма является размещение в ёмкостях убежищ и специальных структурирующих объём субстратов [Борисов и др., 2014]. При этом использование только убежищ может оказаться недостаточно эффективным, поскольку раки непосредственно на момент линьки чаще всего покидают их. Использование специализированных субстратов позволяет значительно увеличить площадь поверхностей, по которым раки могут перемещаться, а также усложнить саму структуру пространства за счёт появления локальных преград и формирования ярусности. Это позволяет ракам более полно использовать объём ёмкости, сократить количество контактов, а также увеличить возможности особей избегать агрессии, что особенно важно для недавно перелинявших раков.

Находящиеся в ёмкостях для культивирования убежища и структурирующие объём ёмкости субстраты образуют дополнительные поверхности, на которых формируются сообщества микроорганизмов-нитрификаторов, что повышает эффективность удаления токсичных продуктов азотистого обмена и снижает нагрузку на систему биофильтрации [Жигин, 2011]. С другой стороны, в результате их установки возможно формирование застойных и труднодоступных зон, в которых происходит накопление остатков корма и фекалий, что затрудняет чистку ёмкостей, ухудшает эффективность использования кормов и может приводить к возникновению участков бескислородного гниения с образованием токсичного для гидробионтов сероводорода [Jones, 2000²; Жигин, 2011].

Важным условием эффективности устанавливаемых субстратов и убежищ является их соразмерность

габаритам особей. Для молоди и половозрелых раков диаметр убежищ норного типа существенно отличается, поэтому за время культивирования могут



Рис. 2. Структурирующие объём ёмкостей субстраты: спутанные пластиковые нити (А); крупно ячеистые субстраты (Б)

Fig. 2. Structuring the volume substrates: twisted plastic strings (A), large-meshed substrates (B)

быть использованы убежища 3–4 размеров. Параметры структурирующих объём ёмкости субстратов также должны отличаться для молоди и половозрелых особей. При содержании молоди в качестве субстрата лучше всего зарекомендовали себя спутанные пластиковые нити, образующие сложную объёмную структуру (рис. 2 А). По мере роста раков внутренний объём таких субстратов становится для них недоступным, и для крупных раков целесообразно использовать пластиковую сетку с крупной ячейкой (рис. 2 Б) или варианты субстратов с крупными ячейками. В качестве одного из типов такого рода субстратов можно рассматривать сгруппированные в несколько этажей убежища норного типа.

3. Характеристики этапов культивирования молоди австралийского красноклешнёвого рака

3.1. Этап 1 «Отбор и содержание производителей»

Для формирования маточного стада самцы и самки австралийского красноклешнёвого рака могут быть получены как из систем культивирования на базе УЗВ, так и после их подращивания в прудах. Перед транспортировкой раков необходимо выдерживать двое суток без корма. По нашим данным транспортировку производителей целесообразно осуществлять в контейнерах без воды при температуре 18 °С. При поддержании в транспортировочной ёмкости постоянной температуры и использовании индивидуальной упаковки раков возможна успешная транспортировка до трёх и даже более суток. После доставки раков проводят их бонитировку, выбраковку травмированных и больных особей, сортировку по полу, после чего

особей размещают в бассейны для прохождения карантина. По окончании карантинных мероприятий проводят повторную сортировку особей и их рассадку в бассейны для дальнейшего содержания. Самок и самцов содержат отдельно. Определение половой принадлежности особей следует проводить, не только опираясь на внешний вид (наличие красных пятен на клешнях самцов, размер клешней, пропорции брюшка), но и обращая особое внимание на расположение половых отверстий (рис. 3). Часто молодые самцы могут не иметь характерных красных пятен на клешнях. Кроме того, у австралийских красноклешнёвых раков могут встречаться интерсексы – особи, обладающие одновременно мужскими и женскими половыми отверстиями (рис. 3 В). В сомнительных случаях таких особей целесообразно выбраковывать.

В период подготовки производителей к размещению на нерест самцов и самок содержат раздельно. Биотехнические показатели этапа «Отбор и содержание производителей» приведены в табл. 3. Работы по содержанию производителей проводятся в течение года. При этом количество особей, находящихся в ёмкостях, меняется в зависимости от проведения работ по другим технологическим этапам, в которых задействованы производители. За месяц до перемещения производителей в ёмкости для спаривания и получения самок с икрой температуру плавно повышают до 24–25 °С, а производителей начинают подкармливать живыми кормами. При определении количества вносимых кормов следует ориентироваться на потребление их раками и избегать избыточного кормления.

После окончания работ по получению молоди производителей пересаживают в ёмкости для поддержки и содержат в течение месяца при температуре 25–26 °С. В этот период для дополнительной подкорм-

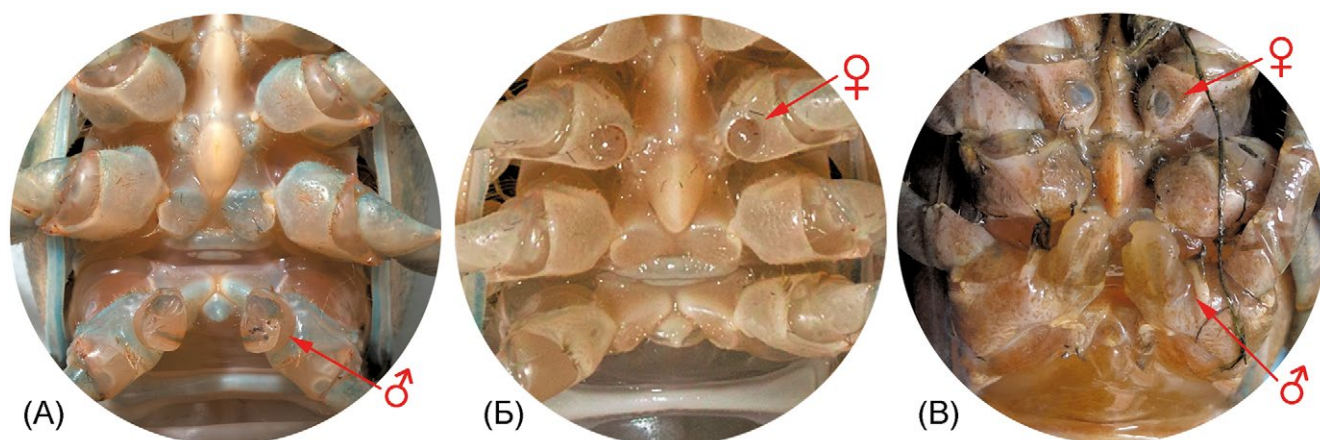


Рис. 3. Основание 3–5 пары переопод у половозрелых австралийских красноклешнёвых раков: самец (А); самка (Б); интерсекс (В)

Fig. 3. Base of 3–5 pairs of pereopods by Australian redclaw crayfish adults: male (A), female (B); intersex (B)

Таблица 3. Биотехнические показатели этапа 1 «Отбор и содержание производителей»
Table 3. Biotechnical indices of stage 1 «Selection and housing of brood stock»

| Показатель | Значение |
|---|---------------------------------------|
| Биологические показатели | |
| Стадия жизненного цикла | Половозрелые особи |
| Масса самцов не менее (средняя), г | 50 (100) |
| Масса самок не менее (средняя), г | 40 (80) |
| Способ содержания | Раздельное содержание самцов и самок |
| Плотность посадки, экз./м ² | 10–15 |
| Продолжительность этапа | Круглогодично |
| Выживаемость, % | 70 |
| Параметры среды содержания | |
| Температура воды, °С | 22–26 |
| Режим освещения свет/темнота, ч | 10/14 |
| Кормовые показатели | |
| Вид корма | Комбикорм, живые и замороженные корма |
| Содержание белков / жиров в комбикорме, % | 30–40 / 5–8 |
| Рекомендуемый диаметр гранул корма, мм | 3–5 |
| Норма кормления, % от биомассы в сут. | |
| Комбикорм | 0,5–1,5 |
| Живые и замороженные корма | В начале и в конце этапа 1–2% |
| Кратность кормления, раз/сут. | 1–2 |
| Характеристики ёмкостей | |
| Размер ёмкостей, м | 4,0×1,5×0,35 |
| Уровень воды, м | 0,30 |
| Убежища норного типа, шт./особь | 3 |
| Структурирующий объём субстрат | Крупноячеистый |

мки производителей используют живые и замороженные корма. Затем температуру плавно понижают до 22–23 °С.

3.2. Этап 2 «Спаривание и получение самок с икрой»

Для проведения спаривания и получения самок с икрой производителей после бонитировки высаживают в специализированные ёмкости. Содержание самцов и самок осуществляют в соотношении 1: 3, т. е. 2 самца и 6 самок на ёмкость при площади дна 0,6 м². Ёмкости должны иметь прозрачные передние стенки для контроля, поиска и обнаружения самок с икрой. Для снижения интенсивности агрессивных контактов в ёмкостях, помимо убежищ норного типа, устанавливают структурирующие объём субстраты, позволяющие ракам более эффективно использовать объём ёмкости. Биотехнические показатели этапа 2 приведены в табл. 4.

После размещения производителей в ёмкостях в течение 5–7 суток производят повышение темпера-

туры воды и продолжительности светового дня до оптимальных для стимуляции размножения диапазонов [Jones et al., 1998²; Bugnot et al., 2009]. В кормлении чередуют использование комбикормов, живых и замороженных кормов, ориентируясь на потребление их раками, чтобы избежать избыточного кормления. Ежедневно проводят осмотр ёмкостей на предмет появления самок с икрой. В случае обнаружения икры проводят их осмотр и оценку количества и степени зрелости икры (рис. 4). Самок с икрой пересаживают, формируя группы самок с икрой на одинаковой стадии развития, что обеспечивает синхронизацию получения одновозрастной молоди.

Единовременно для спаривания размещают не всех самок. В начале в ёмкости высаживают 60–70% самок из маточного стада. По мере спаривания и откладки яиц самок пересаживают в ёмкости для проведения следующего технологического этапа. На освободившиеся места размещают новых самок из ёмкостей с производителями. В случае гибели или

Таблица 4. Биотехнические показатели этапа 2 «Спаривание и получение самок с икрой»

Table 4. Biotechnical indices of stage 2 «Mating and obtaining gravid females»

| Показатель | Значение |
|---|---------------------------------------|
| Биологические показатели | |
| Стадия жизненного цикла | Половозрелые особи, икра |
| Соотношение самцов и самок | 1:3 |
| Масса самцов не менее (средняя), г | 50 (100) |
| Масса самок не менее (средняя), г | 40 (80) |
| Способ содержания | Совместное содержание самцов и самок |
| Плотность посадки, экз./м ² | 16 |
| Продолжительность этапа, мес. | 2–3 |
| Выживаемость производителей при содержании, % | 90 |
| Максимальная плодовитость, икринок/самку | 1000 |
| Средняя плодовитость, икринок/самку | 400 |
| Доля полученных икранных самок, % | 70 |
| Параметры среды содержания | |
| Температура воды, °С | |
| - в начале этапа | 24–25 |
| - в дальнейшем | 27–29 |
| Режим освещения свет/темнота, ч | 14/10 |
| Кормовые показатели | |
| Вид корма | Комбикорм, живые и замороженные корма |
| Содержание белков / жиров в комбикорме, % | 35–45 / 5–8 |
| Рекомендуемый диаметр кормовых гранул, мм | 3–5 |
| Норма кормления, % от биомассы в сут.: | |
| Комбикорм | 0,5–1,5 |
| Живые и замороженные корма | 1–2% |
| Кратность кормления, раз/сут. | 1–2 |
| Характеристики ёмкостей | |
| Размер ёмкостей, м | 0,6×1,0×0,4 |
| Уровень воды, м | 0,35 |
| Убежища норного типа, шт./особь | 3 |
| Структурирующий объём субстрат | Крупноячеистый |

отсутствия оплодотворённых самок проводят замену самцов.

3.3. Этап 3 «Содержание самок с икрой и ранней молодью»

Икранных самок содержат в ёмкостях со специальными отсадниками с перфорированными стенками, в которых в дальнейшем будет проводиться подращивание молоди. Такой способ содержания упрощает контроль за самками и икрой, исключает контакты самок между собой, но не препятствует молоди, покидая самок, перемещаться за пределы отсадников. Биотехнические показатели содержания самок с икрой и молодью приведены в табл. 5. На момент размещения

самок с икрой оценивается приблизительное время, необходимое для завершения развития эмбрионов (рис. 4), и определяется предполагаемая дата достижения молодью 3 стадии (табл. 5). Через две недели с момента посадки самок начинают подготовку к появлению молоди, выставляя в бассейны, за пределами отсадников, убежища и субстраты для молоди.

После выхода из яйца рачки по общему плану строения в целом соответствуют взрослым особям, но имеют ряд существенных отличий (рис. 5 А). Большая часть конечностей и придатков тела ещё сильно недоразвита и не функционирует, глаза сидячие, антенны I–II загнуты вниз и назад, рострум маленький и загнут вниз, уropоды и тельсон находятся внутри



Рис. 4. Развитие икры и молоди австралийского красноклешнёвого рака на плеоподах самки при температуре 28 °С: 1–2 сут. после нереста (А); 4–6 сут. после нереста (Б); 10–11 сут. после нереста (В); 15–16 сут. после нереста (Г); вылупление молоди (25–26 сут. после нереста) (Д); молодь первой стадии (Е); молодь второй стадии (Ж); молодь третьей стадии (З)

Fig. 4. Development of the Australian redclaw crayfish eggs and juveniles on the female pleopods at the temperature of 28 °C: 1–2 days after spawning (A); 4–6 days after spawning (B); 10–11 days after spawning (B); 15–16 days after spawning (Г); juveniles (25–26 days after spawning) (Д); I stage juveniles (Е); II stage juveniles (Ж); III stage juveniles (З)

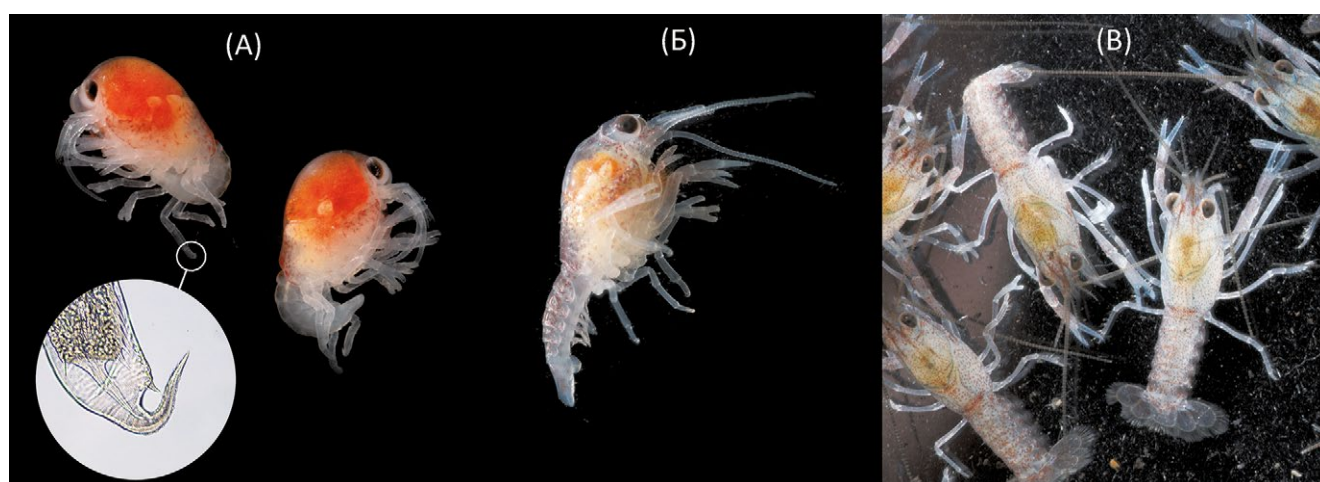


Рис. 5. Ранние стадии развития молоди австралийского красноклешнёвого рака: 1-я стадия (А); 2-я стадия (Б); 3-я стадия (Б)
Fig. 5. Early stages of Australian redclaw crayfish juveniles: I stage (A); II stage (B); III stage (B)

Таблица 5. Биотехнические показатели этапа 3 «Содержание самок с икрой и ранней молодью»
Table 5. Biotechnical indices of stage 3 « Maintenance of females with eggs and early juveniles »

| Показатель | Значение |
|---|---|
| Биологические показатели | |
| Стадия жизненного цикла | Самки с икрой и молодью 1–3-й стадий |
| Масса самок не менее (средняя), г | 40 (80) |
| Способ содержания | Самки содержатся индивидуально в специальных отсадниках |
| Плотность посадки, экз./м ² | 1 |
| Продолжительность этапа, мес. | 1–2 (2–3*) |
| Выживаемость самок, % | 98 |
| Выживаемость икры и молоди, % | 75 |
| Средний выход молоди 3-й стадии на самку | 350 |
| Масса молоди 3-й стадии, г | 0,015–0,025 |
| Продолжительность этапов раннего онтогенеза при температуре 27–28 °С, сут.: | |
| Эмбриональный | 22–27 |
| Молодь 1-я стадия | 5–6 |
| Молодь 2-я стадия | 4–6 |
| Молодь 3-я стадия | 5–10 |
| Параметры среды содержания | |
| Температура воды, °С | 26–29 |
| Режим освещения свет/темнота, ч | 12/12 |
| Кормовые показатели | |
| Вид корма | Комбикорм, живые и замороженные корма |
| Содержание белков / жиров в комбикорме, % | 35–45 / 5–8 |
| Рекомендуемый диаметр кормовых гранул, мм | 3–5 |
| Норма кормления, % от биомассы в сут.: | |
| Комбикорм | 0,5–1 |
| Живые и замороженные корма | 0,5–1 (1–2 раза в неделю) |
| Кратность кормления, раз/сут. | 1 |
| Характеристики ёмкостей | |
| Размер ёмкостей, м | 4,0×1,5×0,35 |
| Уровень воды, м | 0,30 |
| Убежища норного типа для самок, шт./особь | 1 |

Примечание: * – общая продолжительность работ по выполнению технологического этапа.

единой хвостовой лопасти, покровы прозрачные, под ними видны красные хроматофоры (рис. 5 А). Развитие на первой, второй и частично третьей стадиях молоди происходит за счёт запасов желтка, занимающих большую часть головогруды, имеющей выпуклую форму (рис. 5 А, Б). Важную роль в развитии молоди играет забота самок о потомстве. Рачки не способны самостоятельно передвигаться и в течение первых двух стадий практически неподвижно висят на плеоподах самки. Сразу после выхода из яйца особь остаётся связанной с самкой за счёт нити тельсона, а в дальнейшем удерживается на плеоподах самки за счёт преобразованных в загнутые крючки дактилусов чет-

вёртой и пятой пар переопод (рис. 5А). В связи с имеющимися отличиями первые две стадии после вылупления часто называют личиночными или постэмбриональными. На взрослых раков молодь становится похожа после второй линьки (рис. 5 В), вскоре после которой исчезают остатки желтка, а молодь начинает покидать самку и питаться самостоятельно.

Спустя 5–7 сут. после предполагаемого появления молоди проводят оценку её развития (рис. 4). В дальнейшем ежедневно осматривают отсадники и бассейны, отмечая момент, когда молодь 3-й стадии начнёт покидать самку. С этого момента начинают внесение кормов для молоди. Самок изымают из ёмкости после

того, как их покинет 80–90% молоди. Оставшуюся молодь смывают с плеопод самок, а самок пересаживают в бассейны для содержания производителей.

Средняя продолжительность содержания самок с икрой и ранней молодью составляет 1,5 месяца, однако с учётом растянутого периода получения икранных самок работы по этапу продолжают 2–3 месяца.

3.4. Этап 4 «Подращивание молоди до 0,2–0,8 г»

Подращивание молоди от третьей стадии до массы 0,2–0,8 г проводится в тех же ёмкостях, в которых содержались самки с икрой и молодью. При этом не требуются отлов, пересадка и сортировка молоди в начале этапа, что позволяет избежать стресса, травмирования и гибели особей. Биотехнические показатели подращивания молоди до массы 0,2–0,8 г приведены в табл. 6. Для повышения скорости роста помимо комбикормов рекомендуется в начале этапа использовать живые и замороженные корма, в част-

ности, планктонных ракообразных. Долю живых и замороженных кормов в рационе молоди по мере её роста постепенно снижают. Также для увеличения скорости роста рекомендуется использовать комбикорма с содержанием белка выше, чем на других этапах культивирования.

Для снижения каннибализма из-за неравномерности роста рекомендуется через две-три недели осуществить визуальный осмотр выростных ёмкостей. В случае выявления существенной разноразмерности отсадить наиболее крупных раков.

Подращивание молоди осуществляется в течение 1 месяца, однако с учётом растянутого получения ранней молоди общая продолжительность работы по этапу составляет 3 месяца. Отловленную молодь сортируют по размеру: крупные особи, особи среднего размера, мелкие особи, дальнейшее культивирование которых нецелесообразно. В процессе сортировки осуществляется выбраковка особей с большим количеством повреждений или признаками заболеваний.

Таблица 6. Биотехнические показатели этапа 4 «Подращивание молоди до 0,2–0,8 г»

Table 6. Biotechnical indices of stage 4 «Ongrowing of juveniles to 0.2–0.8 g»

| Показатель | Значение |
|--|---------------------------------------|
| Биологические показатели | |
| Период жизненного цикла | Молодь |
| Масса молоди 3 стадии (начало этапа), г | 0,015–0,020 |
| Масса молоди в конце этапа, г | 0,2–0,8 |
| Плотность посадки (в среднем), экз./м ² | 200–400 (300) |
| Продолжительность этапа, мес. | 1 (3*) |
| Выживаемость молоди, % | 80 |
| Параметры среды содержания | |
| Температура воды, °C | 26–29 |
| Режим освещения свет/темнота, ч | 12/12 |
| Кормовые показатели | |
| Вид корма | Комбикорм, живые и замороженные корма |
| Содержание белков / жиров в комбикорме, % | 40–50 / 5–8 |
| Рекомендуемый диаметр кормовых гранул, мм | 0,5–1 |
| Норма кормления, % от биомассы в сут.: | |
| Комбикорм, в начале / в конце этапа | 10–15 / 5–10 |
| Живые и замороженные корма, в начале / в конце этапа | 10–15/ 1–2 |
| Кратность кормления, раз/сут. | 3–4 |
| Характеристики ёмкостей | |
| Размер ёмкостей, м | 4,0×1,5×0,35 |
| Уровень воды, м | 0,30 |
| Убежища норного типа, шт./особь | 2–3 |
| Структурирующий объем субстрат | Спутанные нити |

Примечание: * – общая продолжительность работ по выполнению технологического этапа.

Формируют группы из одноразмерных особей и рассаживают для дальнейшего культивирования.

3.5. Этап 5 «Подращивание молоди до 2–5 г»

Биотехнические показатели этапа подращивания молоди от 0,2–0,8 г до массы 2–5 г приведены в табл. 7. Начальная плотность посадки молоди составляет от 100 до 150 экз./м² в зависимости от среднего размера особей. Продолжительность этапа – 1,5–2 месяца. В ходе культивирования с интервалом в 2 недели проводят осмотр бассейнов с молодью. При появлении отдельных крупных особей их пересаживают в группы соответствующего размерного класса. Через месяц культивирования проводят выборочную бонитировку и сортировку особей по размеру. Плотность посадки снижают до 50–100 экз./м² в зависимости от размера особей в группах.

По завершении этапа проводят сортировку и выборочную бонитировку. Часть самцов и самок с наибольшей скоростью роста оставляют для дальнейшего выращивания и ремонта маточного стада.

В случае необходимости отправки молоди для дальнейшего культивирования в прудах проводятся мероприятия по подготовке её к транспортировке. Температуру воды в ёмкостях постепенно понижают до температуры, близкой к температуре транспортировки. Прекращают внесение кормов за сутки до момента транспортировки.

3.6. Этап 6 «Выращивание молоди для пополнения маточного стада»

Для дальнейшего дорощивания отбирают особей с высокой скоростью роста, без повреждений и признаков заболеваний. Количество и соотношение самцов и самок рассчитывают в соответствии с потребностями для пополнения маточного стада. Начальная плотность посадки составляет до 30 экз./м². Продолжительность культивирования составляет 3–4 месяца. Один раз в месяц проводят осмотр особей. Через два месяца раков сортируют по полу и рассаживают для отдельного содержания. При этом плотность посадки снижают до 15–20 экз./м². Биотехнические показатели

Таблица 7. Биотехнические показатели этапа 5 «Подращивание молоди до 2,0–5,0 г»

Table 7. Biotechnical indices of stage 5 «Ongrowing of juveniles from 0.2–0.8 g to 2–5 g»

| Показатель | Значение |
|--|----------------|
| Биологические показатели | |
| Стадия жизненного цикла | Молодь |
| Масса молоди в начале этапа, г | 0,2–0,8 |
| Масса молоди в конце этапа, г | 2,0–5,0 |
| Плотность посадки в начале этапа, экз./м ² | 100–150 |
| Плотность посадки через месяц, экз./м ² | 50–100 |
| Продолжительность этапа, мес. | 1,5–2 |
| Выживаемость молоди, % | 80 |
| Параметры среды содержания | |
| Температура воды, °С | 26–29 |
| Режим освещения свет/темнота, ч | 12/12 |
| Кормовые показатели | |
| Вид корма | Комбикорм |
| Содержание белков / жиров в комбикорме, % | 35–45 / 5–8 |
| Рекомендуемый диаметр гранул, мм | 1–2 |
| Норма кормления, % от биомассы в сут. Комбикорм, в начале / в конце этапа | 5–10 / 2–5 |
| Кратность кормления, раз/сут. | 2–3 |
| Характеристики ёмкостей | |
| Размер ёмкостей, м | 4,0×1,5×0,35 |
| Уровень воды, м | 0,30 |
| Убежища норного типа, шт./особь | 2–3 |
| Структурирующий объем субстрат | Спутанные нити |

ли этапа «Выращивание молоди для пополнения маточного стада» даны в табл. 8.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Успешность отбора и содержания производителей, а также содержание самок с икрой и ранней молодью зависит от физиологического состояния производителей. Подготовка производителей к спариванию включает изменение температурного и светового режимов, а также кормового рациона. При содержании самок с икрой и ранней молодью и её дальнейшем подращивании предусмотрено использование однотипных бассейнов. Специализация бассейнов для выполнения работ достигается за счёт установки отсадников для содержания самок с икрой, укрытий и структурирующих объём субстратов различных типов. Важным аспектом культивирования является снижение интенсивности каннибализма, которое может быть достигнуто за счёт использования укрытий и субстратов с учётом размерных характеристик культивируемых раков, планомерного снижения плотности содер-

жания, мероприятий, направленных на сокращение разноразмерности особей в группах. Применение предложенных биотехнических методов и подходов к получению и выращиванию молоди австралийского красноклешнёвого рака позволит оптимизировать культивирование вида, что будет способствовать развитию его выращивания в рыбоводных хозяйствах.

Благодарности

Авторы выражают огромную благодарность коллективу отдела аквакультуры беспозвоночных ФГБНУ «ВНИРО» за помощь в проведении экспериментов. Авторы так же признательны А.П. Завьялову за помощь в подготовке иллюстративного материала.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Таблица 8. Биотехнические показатели этапа 6 «Выращивание молоди для пополнения маточного стада»
Table 8. Biotechnical indices of stage 6 «Ongrowing of juveniles for broodstock remount»

| Показатель | Значение |
|---|---------------------------------------|
| Биологические показатели | |
| Стадия жизненного цикла | Молодь, половозрелые особи |
| Масса молоди в начале этапа, г | 5 и более |
| Масса половозрелых особей в конце этапа, г | 40–50 |
| Плотность посадки в начале этапа, экз./м ² | до 30 |
| Плотность посадки в конце этапа, экз./м ² | 15–20 |
| Продолжительность этапа, мес. | 3–4 |
| Выживаемость молоди, % | 75 |
| Параметры среды содержания | |
| Температура воды, °С | 25–28 |
| Режим освещения свет/темнота, ч | 12/12 |
| Кормовые показатели | |
| Вид корма | Комбикорм, живые и замороженные корма |
| Содержание белков / жиров в комбикорме, % | 35–45 / 5–8 |
| Рекомендуемый диаметр кормовых гранул, мм | 2–5 |
| Норма кормления, % от биомассы в сут.: | |
| - комбикорм в начале / в конце этапа | 2–5 / 1,5–3 |
| - живые и замороженные корма | 2–5 (1–2 раза в неделю) |
| Кратность кормления, раз/сут. | 2 |
| Характеристики ёмкостей | |
| Размер ёмкостей, м | 4,0×1,5×0,35 |
| Уровень воды, м | 0,30 |
| Убежища норного типа, шт./особь | 3–4 |
| Структурирующий объём субстрат | Крупноячеистый |

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «ВНИРО» по теме «Разработка полноточковых технологий выращивания перспективных объектов аквакультуры с учётом региональной специфики».

ЛИТЕРАТУРА

- Александрова Е.Н. 2013. Российские речные раки как объекты пищевого потребления // Вестник РАСХН. № 5. С. 59–63.
- Александрова Е.Н. 2014. Научные подходы к доместикации российских речных раков // Вестник РАСХН. № 1. С. 57–61.
- Анкешева Б.М., Тангатарова Р.Р., Пятикопова О.В. 2021. Формирование ремонтно-маточного стада австралийского красноклешнёвого рака (*Cherax quadricarinatus*) в индустриальной аквакультуре // Известия ТИПРО. Т. 201, Вып. 4. С. 948–959. DOI: 10.26428/1606–9919–2021–201–948–959
- Арыстангалиева В.А., Жигин А.В. 2016. Австралийский красноклешнёвый рак (*Cherax quadricarinatus*) – перспективный объект аквакультуры России // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны. Мат. нац. науч.-практ. конф. Саратов, 4–5 октября. Изд-во «Научная книга». С. 5–9.
- Бадрязлова Н.С., Асылбекова С.Ж., Койшыбаева С.К. 2023. Возможности выращивания товарной продукции австралийского красноклешнёвого рака (*Cherax quadricarinatus*) в Казахстане // Вестник науки Казахского АТУ им. Саке-на Сейфуллина Т. 117. № 2. С. 189–200. DOI: 10.51452/kazatu.2023.2(117).1397
- Борисов Р.Р., Никонова И.Н. 2018. Особенности роста десятиногих ракообразных в рециркуляционных установках на примере австралийского рака *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) // Морской биологический журнал. Т. 3. № 3. С. 3–12. DOI: 10.21072/MBJ.2018.03.3.01
- Борисов Р.Р. 2015. Аллометрия щетиночного вооружения ротовых конечностей гигантской пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii* и австралийского красноклешнёвого рака *Cherax quadricarinatus* (Decapoda) // Труды ВНИРО. Т. 155. С. 117–134.
- Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Акимова М.Ю., Паршин-Чудин А.В. 2013. Биология и культивирование австралийского красноклешнёвого рака *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868). М.: Изд-во ВНИРО. 48 с.
- Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Артемов Р.В., Никонова И.Н., Арнатуев М.В., Артемов А.В., Гершунская В.В. 2022 а. Оценка эффекта применения комбикормов с различным уровнем белка для молоди австралийского красноклешнёвого рака в условиях УЗВ // Труды ВНИРО. Т. 187. С. 128–137. DOI: 10.36038/2307–3497–2022–187–128–137
- Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Паршин-Чудин А.В. 2014. Управление пространственным распределением десятиногих ракообразных (отр. Decapoda) при культивировании в искусственных условиях // Рыбное хозяйство. № 3. С. 84–89.
- Борисов Р.Р., Никонова И.Н., Ковачева Н.П., Артемов Р.В. 2022 б. Вкусовые предпочтения молоди австралийского красноклешнёвого рака // Актуальные проблемы изучения ракообразных. Сб. тез. докл. науч.-практ. конф. ИБВВ им. И.Д. Папанина РАН. Борок, 23–25 мая 2022 г. С. 13.
- Борисов Р.Р., Тертицкая А.Г. 2005. Явление каннибализма у десятиногих ракообразных при содержании в искусственных условиях // Проблемы аквакультуры: Межвед. сб. науч. и науч.-метод. тр. Московский зоопарк. С. 102–104.
- Борисов Р.Р., Эпельбаум А.Б., Кряхова Н.В., Тертицкая А.Г., Ковачева Н.П. 2007. Каннибализм у камчатского краба при выращивании в искусственных условиях // Биология моря. Т. 33. № 4. С. 267–271.
- Воробьева Л.В., Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Пятикопова О.В. 2024. Пищевой спектр австралийского красноклешнёвого рака *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (Decapoda, Parastacidae) в прудах Астраханской области // Российский журнал биологических инвазий. № 1. С. 8–22. DOI:10.35885/1996–1499–17–1–08–22.
- Жигин А.В., Арыстангалиева В.А., Ковачева Н.П. 2017 а. Влияние температуры воды на рост и выживаемость австралийских красноклешнёвых раков // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование. Мат. VIII Всерос. науч.-практ. конф. Петропавловск-Камчатский. 12–14 апреля. Ч. 1. С. 86–89.
- Жигин А.В., Арыстангалиева В.А., Тырин Д.В., Ковачева Н.П. 2017 б. Определение оптимальной температуры и потребления кислорода при подращивании молоди австралийского красноклешнёвого рака // Природообустройство. № 3. 121–128.
- Жигин А.В., Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Загорская Д.С., Арыстангалиева В.А. 2017 в. Выращивание австралийского красноклешнёвого рака в циркуляционной установке // Рыбное хозяйство. № 1. С. 61–65.
- Жигин А.В., Тырин Д.В., Арыстангалиева В.А., Ковачева Н.П. 2017 г. Интенсивность дыхания и азотистого обмена у австралийского красноклешнёвого рака при содержании в искусственных условиях // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. № 2. С. 45–50.
- Жигин А.В. 2011. Замкнутые системы в аквакультуре. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 664 с.
- Жигин А.В., Арыстангалиева В.А., Ковачева Н.П. 2018. Влияние плотности посадки молоди австралийского рака на результаты подращивания в УЗВ // Актуальные проблемы науки и образования в области естественных и сельскохозяйственных наук. Т. 1. № 1. С. 67–70.
- Зволинский В.П., Зайцев В.Ф., Крючков В.Н., Волкова И.В., Матвеева Н.И., Исамбекова Г.Е. 2017. Изучение адаптивного потенциала австралийского рака *Cherax quadricarinatus*, культивируемого в Астраханской области. // Экологические аспекты природопользования Северного Прикаспия. Волгоград: Волгоградский ГАУ. С. 349–393.
- Лагуткина Л.Ю., Кузьмина Е.Г., Бирюкова М.Г., Першина Е.В. 2019. Биопродуктивность прудов VI рыбной зоны // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. № 4. С. 87–94. DOI: 10.24143/2073–5529–2019–4–87–94.

- Лагуткина Л.Ю., Пономарев С.В. 2008. Новый объект тепловодной аквакультуры – австралийский красноклешнёвый рак (*Cherax quadricarinatus*) // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. Т. 47. № 6. С. 220–223.
- Нгуен Т.Т., Крючков В.Н. 2014. Влияние температуры на развитие гонад австралийских раков *Cherax quadricarinatus* // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. № 3. С. 110–115.
- Пятикопова О.В., Анкешева Б.М., Тангатарова Р.Р., Бедрицкая И.Н. 2022. Гидрохимические условия выращивания австралийского красноклешнёвого рака (*Cherax quadricarinatus*) в Астраханской области // Водные биоресурсы и среда обитания. Т. 5. № 3. С. 32–47. DOI: 10.47921/2619–1024_2022_5_3_32
- Пятикопова О.В., Харченко Н.Н., Бедрицкая И.Н., Анкешева Б.М., Тангатарова Р.Р., Романенкова Е.Н. 2023. Рекомендации по выращиванию молоди австралийского красноклешнёвого рака (*Cherax quadricarinatus*) в индустриальных условиях // Рыбоводство и рыбное хозяйство. Т. 210. № 7. С. 458–469. DOI:10.33920/sel-09–2307–03
- Хорошко А.В., Крючков В.Н. 2010. Новые направления прудовой аквакультуры в южных регионах России // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. № 2. С. 51–54.
- Шокашева Д.И. 2018. Специфика многолетней доместикиции австралийского рака *Cherax quadricarinatus* в условиях западной части Российской Федерации // Известия ТИПРО. Т. 194. С. 188–192.
- BorISOV R.R., Tertitskaya A.G. 2010. The process of the tail fan formation in freshwater crayfish // Freshwater Crayfish. V. 17. P. 235–238.
- Bugnot A.B., López Greco L.S. 2009. Sperm production in the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda, Parastacidae) // Aquaculture. V. 295. P. 292–299. DOI: doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.07.021
- Franke R., Wessels S., Heorstgen-Schwark G. 2013. Enhancement of survival and growth in crowded groups: The road towards an intensive production of the noble crayfish *Astacus astacus* L. in indoor recirculation systems // Aquaculture Research. V. 44. № 3. P. 451–461. DOI: 10.1111/j.1365–2109.2011.03052.x
- Haubrock P., Oficialdegui F., Yiwen Z., Zeng Z., Patoka J., Yeo D.C.Y., Kouba A. 2021. The redclaw crayfish: A prominent aquaculture species with invasive potential in tropical and subtropical biodiversity hotspots // Reviews in Aquaculture. V. 13. P. 1488–1530. DOI: 10.1111/raq.12531
- Jeffs A. 2010. Status and challenges for advancing lobster aquaculture // J. of the Marine Biological Association of India. V. 52. P. 320–326.
- Jones C.M. 1995. Production of juvenile redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda, Parastacidae) I. Development of hatchery and nursery procedures // Aquaculture. V. 138. P. 221–238.
- Jones C.M., Grady J.-A. 2000. Redclaw from Harvest to Market. A Manual of Handling Procedures // Freshwater Fisheries and Aquaculture Centre Walkamin Q 4872 Australia. 32 p.
- Jones C.M., Valverde C. 2020. Development of mass production hatchery technology for the redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* // Freshwater Crayfish. V. 25. P. 1–6. DOI: 10.5869/fc.2020.v25–1.001.
- Jutagate T., Kwangkhwang W., Saowakoon S. 2023. Growth and competitions of the Australian red-claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) in Thailand: the experimental approaches // Aquatic Invasions. V. 18. № 1. P. 103–117. DOI: 10.3391/ai.2023.18.1.103301
- King C.R. 1994. Growth and survival of redclaw crayfish hatchlings (*Cherax quadricarinatus* von Martens) in relation to temperature, with comments on the relative suitability of *Cherax quadricarinatus* and *Cherax destructor* for culture in Queensland // Aquaculture. V. 122. P. 75. DOI: 10.1016/0044–8486(94)90335–2
- Lawrence C., Jones C. 2002. *Cherax* // Biology of Freshwater Crayfish / D.M. Holdich (ed). – Blackwell Scientific Press, Oxford. P. 635–670.
- Marufu L.T., Dalu T., Crispen P., Barson M., Simango R., Utete B., Nhwatiwa T. 2018. The diet of an invasive crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868), in Lake Kariba, inferred using stomach content and stable isotope analyses // BioInvasions Records. V. 7. № 2. P. 121–132. DOI: 10.3391/bir.2018.7.2.03
- Masser M.P., Rouse D.B. 1997. Australian red claw crayfish // Southern Regional Aquaculture Center. V. 244. P. 1–8.
- Rigg D.P., Seymour J.E., Courtney R.L., Jones C.M. 2020. A Review of Juvenile Redclaw Crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1898) Aquaculture: Global Production Practices and Innovation // Freshwater Crayfish V. 25. № 1. P. 13–30. DOI: 10.5869/fc.2020.v25–1.013
- Sallehuddin A.S., Kamarudin A.S., Ismail N. 2021. Review on the global distribution of wild population of Australian Redclaw Crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) // Bioscience research. V. 18. № 2. P. 194–207.
- Saoud I., Garza de Yta A., Ghanawi J. 2012. A review of nutritional biology and dietary requirements of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868) // Aquaculture Nutrition. V. 18. № 4. P. 349–368. DOI: 10.1111/j.1365–2095.2011.00925.x
- Saoud I., Ghanawi J., Thompson K.R., Webster C.D. 2013. A review of the culture and diseases of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens 1868) // J. of the World Aquaculture Society. V. 44. № 1. P. 1. DOI: 10.1111/jwas.12011
- Semple G., Rouse D., McLain K. 1995. *Cherax destructor*, *C. tenuimanus* and *C. quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae): a comparative review of biological traits relating to aquaculture potential // Freshwater Crayfish V. 8. P. 495.
- Shelley C., Lovatelli A. 2011. Mud crab aquaculture: A practical manual. Fisheries and Aquaculture Technical Paper 567. FAO Rome. 78 p.
- Villarreal H., Peláez J. 1999. Biología y cultivo de langosta de agua dulce, *Cherax quadricarinatus*. Manual de Producción. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste y Acuacultivos Santo Domingo, La Paz, B.C.S., Mexico 250 p.
- Zengeya T.A., Lombard R.J.-H., Nelwamondo V.E., Nunes A.L., Measey J., Weyl O.L. 2022. Trophic niche of an invasive generalist consumer: Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, in the Inkomati River Basin, South Africa // Austral Ecology. V. 47. P. 1480–1494. DOI: 10.1111/aec.13230

REFERENCES

- Aleksandrova E.N. 2013. Russian river crawfish as an object of food consumption // Vestnik of the Russian agricultural science. No. 5. P. 59–63. (In Russ.).
- Aleksandrova E.N. 2014. Scientific approaches to domestication of Russian river crayfish // Vestnik of the Russian agricultural science. No. 1. P. 57–61. (In Russ.).
- Ankesheva B.M., Tangatarova R.R., Pyatikopova O.V. 2021. Growing of replacement broodstock for Australian red-claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in industrial aquaculture // Izvestiya TINRO.V. 201. No. 4. P. 948–959. DOI: 10.26428/1606–9919–2021–201–948–959 (In Russ.).
- Arystangalieva V.A., Zhygin A.V. 2016. Australian redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) – the prospective object of Russian aquaculture // The state and development path of aquaculture in the Russia in view of import substitution and ensuring the country's food security. Research-in-Practice Conference proceedings. Saratov, 4–5th Oktober. «Nauchnaya kniga» Publishing. P. 5–9. (In Russ.).
- Badryzlova N.S., Asylbekova S.J., Koishybaeva S.K. 2023. The possibilities of growing commercial products of the Australian redclawed crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in Kazakhstan // Bulletin of science of the Sakena Seifullina Kazakh ATU. V. 117. No.2. P. 189–200. DOI: 10.51452/kazatu.2023.2(117).1397. (In Russ.).
- Borisov R.R., Nikonova I.N. 2018. Special aspects of decapod crustaceans growth in recirculating aquaculture systems as exemplified by Australian crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) // Marine Biological Journal. V. 3. No. 3. P. 3–12. DOI: 10.21072/MBJ.2018.03.3.01. (In Russ.).
- Borisov R.R. 2015. Allometry of setae of the mouthparts of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* and the Australian redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda) // Trudy VNIRO. V. 155. P. 117–134. (In Russ.).
- Borisov R.R., Kovatcheva N.P., Akimova M. Yu., Parshin-Chudin A.V. 2013. Biology and cultivation of Australian redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868). Moscow. VNIRO Publish. 48 pp. (In Russ.).
- Borisov R.R., Kovatcheva N.P., Artemov R.V., Nikonova I.N., Arnautov M.V., Artemov A.V., Gershunskaya V.V. 2022 a. Efficiency assessment of the use of compound feeds with protein different levels for juveniles Australian redclaw crayfish in RAS conditions // Trudy VNIRO. V. 187. P. 128–137. DOI: 10.36038/2307–3497–2022–187–128–137. (In Russ.).
- Borisov R.R., Kovatcheva N.P., Parshin-Chudin A.V. 2014. Decapoda spacing management of the process of cultivation under artificial conditions // Fisheries. No.3. P. 84–89. (In Russ.).
- Borisov R.R., Nikonova I.N., Kovatcheva N.P., Artemov R.V. 2022 b. Food excesses of Australian redclaw crayfish juveniles // Current issues in the crustaceans study. Book of Research-in-Practice Conf. abstr. Papanin IBIW RAS. Borok. 23–25th May. P. 13. (In Russ.).
- Borisov R.R., Tertitskaya A.G. 2005. The phenomenon of cannibalism in decapod crustaceans in artificial conditions // The problems of aquaculture. Interdepart. Coll. of scient. and scient.-methodol. papers. Moscow Zoo. P. 102–104. (In Russ.).
- Borisov R.R., Epelbam A.B., Kryakhova N.V., Tertitskaya A.G., Kovatcheva N.P. 2007. Cannibalistic behavior of red king crab reared under laboratory conditions // Marine Biology. V. 33. No. 4. P. 267–271. (In Russ.).
- Vorob'eva L.V., Borisov R.R., Kovatcheva N.P., Pyatikopova O.V. 2024. Food spectrum of the Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (Decapoda, Parastacidae) in the ponds of the Astrakhan region // Russian J. of Biological Invasions. № 1. P. 8–22. DOI:10.35885/1996–1499–17–1–08–22/ (In Russ.).
- Zhigin A.V., Arystangalieva V.A., Kovatcheva N.P. 2017 a. Influence of water temperature on growth and survival of Australian redclaw crayfish // Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use. Papers of VIII Russ. Scient. and Pract. Conf. Petropavlovsk-Kamtchatskiy. 12–14th April. Part 1. P. 86–89. (In Russ.).
- Zhigin A.V., Arystangalieva V.A., Tyrin D.V., Kovatcheva N.P. 2017 b. Determination of the optimal temperature and consumption of oxygen in rearing young Australian redclaw crayfish // Environmental engineering. No. 3. P. 121–128. (In Russ.).
- Zhigin A.V., Borisov R.R., Kovatcheva N.P., Zagorskaya D.S., Arystangalieva V.A. 2017 v. Cultivation of Australian redclaw crayfish in circulation systems // Fisheries. No.1. P. 61–65. (In Russ.).
- Zhigin A.V., Tyrin D.V., Arystangalieva V.A., Kovatcheva N.P. 2017 g. Respiration intensity and nitrogen metabolism in redclaw crayfish under artificial conditions // Theoretical and Applied Problems of Agro-industry. No.2. P. 45–50. (In Russ.).
- Zhigin A.V. 2011. Recirculating aquaculture systems. Moscow: RSAU Publishing. 664 pp. (In Russ.).
- Zhigin A.V., Arystangalieva V.A., Kovatcheva N.P. 2018. Impact of stocking density of Australian redclaw crayfish juveniles on cultivation in RAS results // Current problems of science and education in the field of natural and agricultural sciences. V. 1. No. 1. P. 67–70. (In Russ.).
- Zvolinsky V.P., Zaytsev V.F., Kryuchkov V.N., Volkova I.V., Matveeva N.I., Isambekova G.E. 2017. Study of adaptive resource of Australian crayfish *Cherax quadricarinatus* cultivating in the Astrakhan Region // Ecological aspects of environmental management of the Northern Caspian region. Volgograd: GAU Publishing. P. 349–393. (In Russ.).
- Lagutkina L. Yu., Kuzmina E.G., Biryukova M.G., Pershina E.V. 2019. Bioproductivity of ponds of VI fish-breeding zone // Vestnik of ASTU. Series: Fishing Industry. No. 4. P. 87–94. DOI: 10.24143/2073–5529–2019–4–87–94. (In Russ.).
- Lagutkina L. Yu., Ponomarev S.V. 2008. New object of aquaculture – Australian redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) // Vestnik of ASTU. Series: Fishing Industry. V. 47. No.6. P. 220–223. (In Russ.).
- Nguyen T.T., Kryuchkov V.N. 2014. Influence of the temperature on the development of the gonads of the Australian crayfish *Cherax quadricarinatus* // Vestnik of ASTU. Series: Fishing Industry. No. 3. P. 110–115. (In Russ.).
- Pyatikopova O.V., Ankesheva B.M., Tangatarova R.R., Bedritskaya I.N. 2022. Some aspects of the growing conditions of the Australian redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in the Astrakhan region // Aquatic Bioresources & Environment. V. 5. No. 3. P. 32–47. DOI: 10.47921/2619–1024_2022_5_3_32. (In Russ.).

- Pjaticopova O. V., Harchenko N. N., Bedrickaya I. N., Ankesheva B. M., Tangatarova R. R., Romanenkova E. N.* 2023. Recommendations for growing young Australian redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in industrial conditions // Fish breeding and Fisheries. V. 210. No. 7. P. 458–469. DOI:10.33920/sel-09–2307–03. (In Russ.).
- Khoroshko A. V., Kryuchkov V. N.* 2010. New directions of pond aquaculture in the southern regions of Russia // Theoretical and Applied Problems of Agro-industry. No. 2. P. 51–54. (In Russ.).
- Shokasheva D. I.* 2018. Specific features of long-term domestication of Australian crayfish *Cherax quadricarinatus* in conditions of the western part of Russian Federation // Izvestiya TINRO. V. 194. P. 188–192. (In Russ.).
- Borisov R. R., Tertitskaya A. G.* 2010. The process of the tail fan formation in freshwater crayfish // Freshwater Crayfish. V. 17. P. 235–238.
- Bugnot A. B., López Greco L. S.* 2009. Sperm production in the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda, Parastacidae) // Aquaculture. V. 295. P. 292–299. DOI: doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.07.021
- Franke R., Wessels S., Heorstgen-Schwark G.* 2013. Enhancement of survival and growth in crowded groups: The road towards an intensive production of the noble crayfish *Astacus astacus* L. in indoor recirculation systems // Aquaculture Research. V. 44. № 3. P. 451–461. DOI: 10.1111/j.1365–2109.2011.03052.x
- Haubrock P., Oficialdegui F., Yiwen Z., Zeng Z., Patoka J., Yeo D. C. Y., Kouba A.* 2021. The redclaw crayfish: A prominent aquaculture species with invasive potential in tropical and subtropical biodiversity hotspots // Reviews in Aquaculture. V. 13. P. 1488–1530. DOI: 10.1111/raq.12531
- Jeffs A.* 2010. Status and challenges for advancing lobster aquaculture // J. of the Marine Biological Association of India. V. 52. P. 320–326.
- Jones C. M.* 1995. Production of juvenile redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda, Parastacidae) I. Development of hatchery and nursery procedures // Aquaculture. V. 138. P. 221–238.
- Jones C. M., Grady J. A.* 2000. Redclaw from Harvest to Market. A Manual of Handling Procedures // Freshwater Fisheries and Aquaculture Centre Walkamin Q 4872 Australia. 32 p.
- Jones C. M., Valverde C.* 2020. Development of mass production hatchery technology for the redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* // Freshwater Crayfish. V. 25. P. 1–6. DOI: 10.5869/fc.2020.v25–1.001.
- Jutagate T., Kwangkhwang W., Saowakoon S.* 2023. Growth and competitions of the Australian red-claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) in Thailand: the experimental approaches // Aquatic Invasions. V. 18. № 1. P. 103–117. DOI: 10.3391/ai.2023.18.1.103301
- King C. R.* 1994 Growth and survival of redclaw crayfish hatchlings (*Cherax quadricarinatus* von Martens) in relation to temperature, with comments on the relative suitability of *Cherax quadricarinatus* and *Cherax destructor* for culture in Queensland // Aquaculture. V. 122. P. 75. DOI: 10.1016/0044–8486(94)90335–2
- Lawrence C., Jones C.* 2002. *Cherax* // Biology of Freshwater Crayfish / D. M. Holdich (ed). – Blackwell Scientific Press, Oxford. P. 635–670.
- Marufu L. T., Dalu T., Crispen P., Barson M., Simango R., Utete B., Nhiwatiwa T.* 2018. The diet of an invasive crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868), in Lake Kariba, inferred using stomach content and stable isotope analyses // BiolInvasions Records. V. 7. № 2. P. 121–132. DOI: 10.3391/bir.2018.7.2.03
- Masser M. P., Rouse D. B.* 1997. Australian red claw crayfish // Southern Regional Aquaculture Center. V. 244. P. 1–8.
- Rigg D. P., Seymour J. E., Courtney R. L., Jones C. M.* 2020. A Review of Juvenile Redclaw Crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1898) Aquaculture: Global Production Practices and Innovation // Freshwater Crayfish V. 25. № 1. P. 13–30. DOI: 10.5869/fc.2020.v25–1.013
- Sallehuddin A. S., Kamarudin A. S., Ismail N.* 2021. Review on the global distribution of wild population of Australian Redclaw Crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) // Bioscience research. V. 18. № 2. P. 194–207.
- Saoud I., Garza de Yta A., Ghanawi J.* 2012. A review of nutritional biology and dietary requirements of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868) // Aquaculture Nutrition. V. 18. № 4. P. 349–368. DOI: 10.1111/j.1365–2095.2011.00925.x
- Saoud I., Ghanawi J., Thompson K. R., Webster C. D.* 2013. A review of the culture and diseases of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens 1868) // J. of the World Aquaculture Society. V. 44. № 1. P. 1. DOI: 10.1111/jwas.12011
- Semple G., Rouse D., McLain K.* 1995. *Cherax destructor*, *C. tenuimanus* and *C. quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae): a comparative review of biological traits relating to aquaculture potential // Freshwater Crayfish V. 8. P. 495.
- Shelley C., Lovatelli A.* 2011. Mud crab aquaculture: A practical manual. Fisheries and Aquaculture Technical Paper 567. FAO Rome. 78 p.
- Villarreal H., Peláez J.* 1999. Biología y cultivo de langosta de agua dulce, *Cherax quadricarinatus*. Manual de Producción. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste y Acuacultivos Santo Domingo, La Paz, B.C.S., Mexico 250 p.
- Zengeya T. A., Lombard R. J.-H., Nelwamondo V. E., Nunes A. L., Measey J., Weyl O. L.* 2022. Trophic niche of an invasive generalist consumer: Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, in the Inkomati River Basin, South Africa // Austral Ecology. V. 47. P. 1480–1494. DOI: 10.1111/aec.13230

Поступила в редакцию 02.11.2023 г.
Принята после рецензии 11.12.2023 г.