СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

V ЮБИЛЕЙНОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

«РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АКВАКУЛЬТУРЫ» (КОНФЕРЕНЦИЯ «АКВАКУЛЬТУРА 2025»)

с. Дивноморское,
08 – 14 сентября 2025 г.

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS

V ANNIVERSARY INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE

"DEVELOPMENT AND MODERN PROBLEMS OF AQUACULTURE" ("AQUACULTURE 2025" CONFERENCE)

using remote technologies

Divnomorskoye,
September 08 – 14, 2025

Ростов-на-Дону | Rostov-on-Don
2025

УДК 001.891:378 (063)
Р17

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Б.Ч. Месхи – ректор Донского государственного технического университета, д-р техн. наук, профессор
Г.Г. Матишов – заместитель Президента Российской академии наук, научный руководитель ЮНЦ РАН, академик Российской академии наук
С.В. Бердников – директор Южного научного центра Российской академии наук, д-р геогр. наук
М.Т. Лионг – директор по медицинскому маркетингу компании Diprox, PhD (Китай)
А.Н. Неваленный – ректор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный технический университет», д-р биол. наук, профессор
А.В. Неврединов – руководитель Евразийского аквакультурного альянса, руководитель комиссии по аквакультуре, академик Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (ООН)
Е.Н. Пономарева – главный научный сотрудник Южного научного центра Российской академии наук, д-р биол. наук, профессор
Д.В. Рудой – руководитель специализированной организации территориального кластера «Долина Дона» Ростовской области, декан факультета «Агропромышленный» ДГТУ, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Центр агробиотехнологии» ДГТУ, д-р техн. наук, доцент
А.В. Ольшевская – заместитель декана факультета «Агропромышленный» ДГТУ, заместитель руководителя Центра развития территориального кластера «Долина Дона» ДГТУ, доцент кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса» ДГТУ, канд. техн. наук
В.Н. Шевченко – заместитель декана факультета «Агропромышленный», старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Центр агробиотехнологии», доцент кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса» ДГТУ, канд. биол. наук
Т.А. Мальцева – заведующий лабораторией «Биохимический и спектральный анализ пищевых продуктов», доцент кафедры «Техника и технологии пищевых производств» ДГТУ, канд. техн. наук
М.Ю. Одабашян – заместитель декана факультета «Агропромышленный» ДГТУ, руководитель Центра агробиоинженерии эфиромасличных и лекарственных растений, доцент кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса» ДГТУ, канд. биол. наук (отв. ред.)

Р17 **Развитие и современные проблемы аквакультуры (Конференция «Аквакультура 2025»):** сборник научных трудов V Юбилейной международной научно-практической конференции (с. Дивноморское, 08 – 14 сентября 2025 г.) / ред. кол. Б.Ч. Месхи [и др.]; ДГТУ – Ростов-на-Дону: ДГТУ-Принт, 2025. – 152 с.

ISBN 978-5-6054727-7-3

Настоящий сборник издан по итогам V Юбилейной международной научно-практической конференции «Развитие и современные проблемы аквакультуры» (Конференция «Аквакультура 2025»).

В сборнике представлены научные работы, охватывающие широкий спектр вопросов рыбного хозяйства: от современных технологий выращивания гидробионтов до экономических и экологических аспектов развития аквакультуры в России. Особое внимание уделено анализу текущего состояния отрасли, ключевым проблемам и перспективным направлениям её развития. Актуальность и глубина представленных исследований в очередной раз подчеркивают стратегическое значение аквакультуры для обеспечения продовольственной безопасности страны и устойчивого развития агропромышленного комплекса.

Издание предназначено для ученых, преподавателей, аспирантов, студентов аграрных и технических вузов, а также для специалистов-практиков, работающих в области аквакультуры и рыбного хозяйства.

ISBN 978-5-6054727-7-3 © ДГТУ-Принт, 2025

УДК 577.2
ГРНТИ 34.29.17
DOI:10.23947/aquaculture.2025.86-88

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕТИКИ РАЗМНОЖЕНИЯ И НАСЛЕДСТВЕННОСТИ У АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЕВОГО РАКА CHERAX QUADRICARINATUS (von MARTENS, 1868)

[1]Ковальчук Д.Ю., [1]Саркисян Д.С., [1]Чолутаева Э.Э., [1]Шевченко В.Н.

[1]Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Аннотация. Австралийский красноклешневый рак (*Cherax quadricarinatus*) является перспективным объектом коммерческой аквакультуры благодаря быстрому росту, высокой плодовитости и экологической пластичности. В обзоре представлен комплексный анализ биологии размножения и генетических механизмов, определяющих репродуктивные процессы и рост данного вида. Подробно рассмотрены ключевые факторы, влияющие на успешное разведение: параметры среды (температура, фотопериод), особенности питания, эмбриональное развитие и методы борьбы с каннибализмом. Приводятся результаты современных селекционно-генетических исследований, включая оценки наследуемости и генетических корреляций для хозяйственно ценных признаков роста, которые свидетельствуют о наличии ограниченного, но значимого генетического потенциала для селекционного улучшения. Обзор синтезирует последние достижения в области генетики и репродуктивной биологии *C. quadricarinatus*, предлагая научно обоснованные подходы для повышения эффективности его аквакультуры.

Ключевые слова. Австралийский красноклешневый рак, *Cherax quadricarinatus*, аквакультура, репродуктивная биология, генетика, половой диморфизм, андрогенная железа, ген Cq-IAG.

RESEARCH ON THE GENETICS OF REPRODUCTION AND HEREDITY IN THE AUSTRALIAN RED-CLAWED CRAYFISH *CHERAX QUADRICARINATUS* (von MARTENS, 1868)

[1]Kovalchuk D.Yu., [1]Sarkisyan D.S., [1]Cholutaeva E.E., [1]Shevchenko V.N.

[1]Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. The Australian red-clawed crayfish (Cherax quadricarinatus) is a promising commercial aquaculture target due to its rapid growth, high fertility, and ecological plasticity. The review presents a comprehensive analysis of the biology of reproduction and the genetic mechanisms that determine the reproductive processes and growth of this species. The key factors influencing successful breeding are considered in detail: environmental parameters (temperature, photoperiod), nutritional characteristics, embryonic development and methods of combating cannibalism. The results of modern breeding and genetic studies are presented, including estimates of heritability and genetic correlations for economically valuable growth traits, which indicate the presence of limited but significant genetic potential for breeding improvement. The review synthesizes the latest achievements in the field of genetics and reproductive biology of C. quadricarinatus, offering scientifically based approaches to improve the efficiency of its aquaculture.

Keywords. Australian red-clawed crayfish, Cherax quadricarinatus, aquaculture, reproductive biology, genetics, sexual dimorphism, androgen gland, Cq-IAG gene, vitellogenesis, breeding, heritability, genetic correlation, monosexual populations.

Австралийский красноклешневый рак (*Cherax quadricarinatus*) (семейство Parastacidae Huxley, 1879), является одним из наиболее экологически пластичных и экономически значимых видов среди десятиногих раков. Его естественный ареал охватывает пресноводные водоёмы северо-запада Австралии и Папуа-Новой Гвинеи [1]. Вид отличается выраженным половым диморфизмом, включая наличие характерного красного выступа на проподусе клешней у половозрелых самцов, что и дало ему видовое название. Благодаря таким биологическим особенностям, как быстрый рост, высокая плодовитость и устойчивость к широкому диапазону условий окружающей среды, *C. quadricarinatus* стал популярным объектом коммерческой аквакультуры во многих странах мира, включая государства Азии, Америки и Европы [2,3].

C. quadricarinatus характеризуется высоким репродуктивным потенциалом, что делает его перспективным объектом для аквакультуры. Этот вид достигает половой зрелости достаточно быстро, уже в возрасте 7–9 месяцев при оптимальных условиях содержания [4]. В природе размножение имеет сезонный характер, приуроченный к весенне-летнему периоду, однако в контролируемых условиях с регулируемой средой нерест может происходить круглогодично [7]. Ключевыми внешними факторами, управляющими процессом размножения, являются температура и фотопериод. Оптимальная температура для репродукции лежит в диапазоне 25–28°C, а стандартный световой режим составляет 14 часов света и 10 часов темноты [4,7]. Интересно, что манипуляции с этими параметрами, например, поддержание летней температуры при одновременном сокращении светового дня, позволяют эффективно стимулировать нерест вне естественного сезона [7].

Плодовитость самок считается умеренной и напрямую зависит от их размера, составляя в среднем от 7 до 10 яиц на грамм массы тела, а общее количество икры за один нерест варьирует от 100 до 1000 штук [1, 4]. Успешное воспроизводство невозможно без обеспечения маточного стада качественным питанием. Наилучшие результаты достигаются при использовании специализированных рационов, содержащих 30–35% сырого протеина, около 8–9% липидов, а также такие важные компоненты, как каротиноиды (астаксантин) и витамин А, которые критически важны для процессов вителлогенеза (образования желтка) и качества получаемой икры [5, 7].

После оплодотворения самка вынашивает крупныеяйца на плеоподах (брюшных ножках) в течение примерно 6–8 недель [1, 7]. Эмбриональное развитие является прямым, без личиночной стадии, что значительно упрощает технологию подращивания молоди в инкубаторах [3, 6]. Основными проблемами при интенсивном выращивании молоди являются донный образ жизни рачков и каннибализм, для предотвращения которых необходимо предоставлять им достаточное количество укрытий [3, 5].

Особый интерес для коммерческой аквакультуры представляет выраженный половой диморфизм в росте: самцы растут значительно быстрее и достигают больших размеров, чем самки [1, 4]. Перспективные методы решения этой задачи включают не только ручную сортировку, но и эндокринные манипуляции, такие как имплантация андрогенной железы, и генетические подходы, например, подавление активности специфического инсулиноподобного гена (Cq-IAG), ответственного за процесс накопления вторичных половых признаков мужского пола у особи женского пола [8]. Таким образом, понимание и управление репродуктивностью *C. quadricarinatus*, от контроля условий среды до направленного воздействия на его эндокринную систему, является залогом развития эффективной и рентабельной аквакультуры этого вида [4, 7].

Генетические механизмы, лежащие в основе размножения *C. quadricarinatus*, представляют значительный интерес как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения. Ключевым открытием в этой области стало идентификация и характеристика гена Cq-IAG — инсулиноподобного фактора андрогенной железы. Этот ген экспрессируется исключительно в андрогенной железе самцов и кодирует белок, структурно сходный с пептидами семейства инсулина [8, 9]. Функциональные исследования показали, что Cq-IAG играет центральную роль в определении и поддержании мужского пола: его подавление с помощью методов молекулярной биологии приводит к феминизации фенотипа, включая дегенерацию мужской репродуктивной системы и активацию вителлогенеза [8].

Этот генетический механизм напрямую связан с феноменом интерсексуальности, достаточно распространенным в популяциях данного вида. Согласно существующей гипотезе, интерсекс-особи являются генетически самками (предположительно с гетерогаметным полом ZW), но развивают мужской фенотип под влиянием активной андрогенной железы [8, 9]. Таким образом, андрогенная железа и её ключевой ген Cq-IAG выступают в роли главного "переключателя" пола, способного "переопределить" генетическую программу. Данное открытие имеет огромное практическое значение для аквакультуры, поскольку позволяет разрабатывать методы направленного получения монополых (преимущественно мужских) популяций, отличающихся более быстрым ростом [8].

Другим важным аспектом генетики размножения является изучение гена вителлогенина (GqVg), кодирующего основной желточный белок. Было установлено, что его экспрессия находится под мощным ингибирующим контролем со стороны андрогенной железы [8]. Исследования также свидетельствуют о возможном существовании нескольких генов вителлогенина (Vg1 и Vg2), экспрессирующихся как в яичнике, так и в гепатопанкреасе, что указывает на сложную систему синтеза желточных белков [9]. Помимо генов, непосредственно связанных с половой дифференцировкой и вителлогенезом, существуют другие генетические компоненты, влияющие на репродуктивный цикл, такие как гены белков матрицы гастролита (GAP 65, GAP 10) и хитин-деацетилазы (Cq-CDA1), активность которых регулируется гормонами линьки и тесно связана с репродуктивными процессами [9]. В совокупности эти исследования раскрывают сложную многоуровневую генетическую сеть, регулирующую размножение *C. quadricarinatus*, и открывают пути для управления ею в интересах аквакультуры [8, 9].

В ходе масштабного селекционного эксперимента, основанного на анализе 350 семей, были впервые для базовой популяции австралийского *C. quadricarinatus* в Китае получены оценки генетических параметров ключевых хозяйственных признаков роста [10]. Исследование выявило, что наследуемость массы тела, длины тела и длины карапакса при облове находится на низком уровне, составляя 0,138±0,051, 123±0,048 и 0,73±0,035 соответственно [10]. Это указывает на то, что, хоть генетический потенциал для селекционного улучшения роста существует, особенно по массе и общей длине тела, его величина ограничена. Существенный вклад в фенотипическую изменчивость вносят эффекты общей среды (c2c2), оцененные для этих признаков в диапазоне от 0,39 до 0,053, что частично объясняет низкие значения наследуемости и подчеркивает важность стандартизации условий выращивания на ранних этапах онтогенеза [10].

Важным результатом работы является установление сильных положительных генетических корреляций между всеми изученными признаками роста (от 0,863 до 0,970) [10]. Это означает, что селекция, направленная на увеличение, например, массы тела, будет приводить к сопутствующему положительному отклику по длине тела и карапакса, что позволяет эффективно фокусировать программу улучшения на одном-двух ключевых признаках [10].

Было продемонстрировано, что точность оценок генетических параметров критически зависит от масштаба эксперимента. Оценки наследуемости, полученные на основе менее 300 семей, имели большие стандартные ошибки и часто не отличались от нуля, тогда как использование 300 и более семей позволило получить статистически значимые и, предположительно, более надежные оценки. Это указывает на необходимость использования больших по объему выборок и сложной селекционной схемы с множеством семей для адекватного разделения аддитивной генетического и средового компонента дисперсии [10].

В целом, полученные данные свидетельствуют о том, что существующая селекционная популяция обладает некоторым запасом генетической изменчивости для улучшения скорости роста. Однако для обеспечения долгосрочного генетического прогресса и предотвращения последствий инбридинга, обусловленного длительным замкнутым разведением, будущие методы селекции должны быть дополнены периодическим вводом генетического материала из внешних источников для пополнения генетического разнообразия [10].

Исследование выполнено при поддержке гранта в рамках конкурса «Наука-2030».

Список использованных источников

1. Saoud, Imad. A Review of the Culture and Diseases of Redclaw Crayfish Cherax Quadricarinatus (Von Martens 1868). JOURNAL OF THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY Vol. 44, №. 1 February, 2013. P. 1 – 29

2. Saoud I. P. et al. A review of the culture and diseases of redclaw crayfish Cherax quadricarinatus (von Martens 1868) //Journal of the World Aquaculture Society. – 2013. – Т. 44. – №. 1. – С. 1-29.

3. Rigg D. et al. A review of juvenile redclaw crayfish Cherax quadricarinatus (von Martens, 1898) aquaculture: Global production practices and innovation //Freshwater Crayfish. – 2020. – Т. 25. – С. 13-30.

4. Борисов Р.Р., Жигин А.В., Ковачева Н.П., Кряхова Н.В., Никонова И.Н. Биологические аспекты культивирования австралийского красноклешневого рака Cherax quadricarinatus (von Martens, 1868) в России // Рыбное хозяйство. – 2025. – №. 3. – DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-80-92.

5. Jones C.M. Production of juvenile redclaw crayfish, Cherax quadricarinatus (von Martens) (Decapoda, Parastacidae) II. Juvenile nutrition and habitat //Aquaculture. – 1995. – Vol. 138 – No. 1-4. – P. 239-245. DOI: 10.1016/0044-8486(95)00069-0.

6. Masser M.P., Rouse D.B. Australian red claw crayfish // Southern Regional Aquaculture Center. – 1997.– Vol. 244. – P. 1-8

7. Ghanawi J., Saoud I.P. Molting, reproductive biology, and hatchery management of redclaw crayfish Cherax quadricarinatus (von Martens 1868) //Aquaculture. – 2012. – Т. 358. – С. 183-195.

8. Rosen O., Manor R., Weil S., Gafni O., Linial A., Aflalo E.D., et al. (2010) A Sexual Shift Induced by Silencing of a Single Insulin-Like Gene in Crayfish: Ovarian Upregulation and Testicular Degeneration. PLoS ONE 5(12): e15281.

9. Chen H., Zhang R., Liu F., Shao C., Liu F., Li W., Ren .J, Niu B., Liu H, Lou B. The chromosome-level genome of Cherax quadricarinatus. Sci Data. 2023 Apr 17;10(1):215. doi: 10.1038/s41597-023-02124-z. Erratum in: Sci Data. 2023 May 23;10(1):313.