

УДК 639.31(075)

Л. Ю. Лагуткина, А. С. Мартьянов, Р. В. Степанов, К. Г. Шейхгасанов

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ КОРМЛЕНИЯ АВСТРАЛИЙСКИХ РАКОВ С ПОМОЩЬЮ РЕЦЕПТУР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КОРМОВ

Разработаны рецептуры экспериментальных кормов (стартового и продукционного), предназначенных для кормления австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus*. Уникальность разработанных рецептур обеспечивают добавки из местного сырья в соответствии с пищевыми потребностями личинок и молоди (в сложный постличиночный период – в момент линек и быстрого образования хитина) и производителей (при формировании репродуктивной системы для получения жизнестойкого потомства). Опытные партии кормов при замене водопроводной воды на минеральную при приготовлении отвечали следующим характеристикам: высокое качество, пищевая активность объектов на корма – 100 %, поедаемость кормов – 100 %, гранулы кормов не размываются и оседают, плавучесть отрицательная. Молодь, выращенная на стартовых кормах, массой 5 г, переведенная в прудовые условия, за 3–4 месяца вырастает до массы 100 г при выживаемости 80 %. Результаты исследования убеждают в эффективности применения оптимизированной технологии кормления производителей и молоди австралийских раков, положительном влиянии на рыбоводно-биологические и физиологические показатели. Это подтверждает 100 %-я выживаемость объектов, удовлетворительное состояние организма и высокая скорость роста самцов и самок: 0,5–0,6 % – на экспериментальном продукционном корме и 0,8 % – на экспериментальном стартовом корме. Корма на основе местного сырья в десятки раз дешевле кормов для австралийских раков, представленных на рынке.

**Ключевые слова:** австралийские раки, кормление, выращивание, оптимизация, рецептура, корм, бассейны, пруды.

### Введение

В России комбикорма для ракообразных в промышленных масштабах не производятся. Вследствие этого, при переходе массового производства ракообразных на различные системы культивирования, в том числе интенсивные, одной из основных проблем стал малый ассортимент комбикормов и их высокая стоимость, что естественным образом влечет за собой удорожание товарной продукции российских предприятий аквакультуры. Зарубежные аналоги кормов для товарного выращивания раков малоэффективны, их основные компоненты – усилители цвета, обеспечивающие красивый окрас и презентабельность вида, что необходимо только при декоративном содержании в аквариумах.

Вышеназванная проблема, имеющая место при разведении красноклешневых австралийских раков *Cherax quadricarinatus* в Астраханской области, обусловила основную цель наших исследований – оптимизация технологии кормления, разработка эффективных экспериментальных рецептур и создание на их основе стартовых и продукционных кормов, более выгодных с точки зрения стоимости и производства за счет использования местного сырья [1, 2]. Последнее упомянутое обстоятельство позволит обеспечить процесс импортозамещения кормов для товарного получения продукции аквакультуры.

Для достижения поставленной цели был тщательно проанализирован рынок предлагаемых кормов, некоторые были испытаны непосредственно на объектах, при этом точная рецептура оставалась неизвестной, т. к. она является коммерческой тайной собственников технологий производства соответствующих фирменных кормов. Известно, что австралийским ракам подходят практически все корма, которые используются при кормлении рыб, поедают они и отмершие части растений, и рыбу, и улиток. Выкармливать молодь можно готовыми кормами для мальков рыб, резаным трубочником, артемией, но при этом обязательна подкормка сухими листьями бука, дуба и ольховыми шишками [3, 4]. Для того чтобы раки получали кальций не только из пищи или воды (при выращивании в жесткой воде это вполне возможно), им следует давать специальные минеральные подкормки.

Исследования по оптимизации технологии кормления раков на основе разработки экспериментальных рецептур стартового и продукционного кормов, учитывающих основные потреб-

ности личинок и молоди в сложный постличиночный период (в момент линек и быстрого образования хитина) и производителей (в период формирования репродуктивной системы), проводятся впервые. Впервые вместо водопроводной воды при изготовлении корма использовалась минеральная вода с высоким содержанием кальция. Кроме того, в кормах была произведена частичная замена рыбной муки на дафний и гаммарусов. Впервые в состав рецептуры стартового корма были включены безопасные добавки – белковая и кальциевая; в состав производственного корма – добавка на основе биомассы прудовых экосистем, собранной при спуске прудов на малом инновационном предприятии – в фермерском хозяйстве «Современный рыбоводный комплекс «Шараповский» (СРК «Шараповский»), предварительно высушенной и обработанной. Кормление кормами на основе прудовой биомассы при выращивании объектов тепловодной аквакультуры впервые было предложено в работах Л. Ю. Лагуткиной и С. В. Пономарёва [1, 2].

Новизна исследования определяется комплексным подходом к решению следующих взаимосвязанных задач:

1. Анализ имеющихся аналогов кормов зарубежных фирм с точки зрения доступности и сходства относительного содержания основных питательных компонентов.
2. Оптимизация на основе существующих кормов рецептуры производственного корма для производителей австралийских раков с частичной заменой рыбной муки на дафний, гаммарусов, с введением биомассы прудовых экосистем.
3. Оптимизация на основе существующих кормов рецептуры стартового корма для молоди австралийских раков с частичной заменой рыбной муки на дафний, гаммарусов, с введением кальциевой добавки и витграсса.
4. Изготовление опытных партий экспериментальных кормов с заменой водопроводной воды на минеральную.
5. Проведение в пилотном режиме испытаний экспериментальных кормов на молоди и производителей австралийских раков в условиях инновационного центра Астраханского государственного технического университета (АГТУ) «Биоаквапарк – научно-технический центр аквакультуры» с оценкой эффективного действия оптимизированных рецептур на объекты.
6. Проведение в пилотном режиме выращивания молоди австралийских раков в прудах СРК «Шараповский» до товарной массы.

#### **Материал и методы исследований**

Экспериментальная часть исследования и камеральная обработка данных проводились в 2014–2015 гг. в АГТУ на базе кафедры «Аквакультура и водные биоресурсы» и инновационного центра «Биоаквапарк – научно-технический центр аквакультуры».

Объектом исследования являлись производители, личинки после схода с плеоподов и молодь австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus*, которые содержались в аквариумах емкостью 400 л и бассейнах ИЦА-2, с искусственной аэрацией и фильтрацией, а также с подогревом воды и отдельных садках в этих емкостях, оснащенных укрытиями – домиками из керамики и садками из пластика.

Взвешивание раков проводили на электронных весах с точностью до 1 мг. Перед взвешиванием удаляли избыток влаги, имевшейся на панцире, особенно между основанием ходильных ног и плеоподов.

**Температурный фактор** при содержании австралийских раков является важнейшим условием, определяющим развитие, рост и размножение этого вида. Высокая температура стимулирует рост гонад, а значит, в этот период необходимо строго соблюдать все меры по поддержанию оптимальных условий: наличие достаточного водообмена; удаление продуктов метаболизма, несъеденных остатков корма, фекалий; наличие системы водоподготовки, поддержание оптимального качества воды, обеспечение бесперебойной подачи в аквариумы чистой пресной воды, отвечающей принятым рыбоводным нормам (ОСТ 15.372.87).

Необходимость поддержания высоких значений температуры подтверждают и исследования по получению в потомстве самцов, т. к. именно высокая температура воды является фактором детерминации пола [5].

В ходе наших исследований было установлено, что личинки, после покидания самок, ищут в аквариуме более застойные зоны. Так, большее скопление молоди мы наблюдали возле

фильтра и напротив него – в дальнем углу аквариума, где течение, производимое фильтром, практически отсутствует. Следует отметить, что указанные зоны наиболее подвержены загрязнению остатками корма и органики.

С целью профилактики и оптимизации состава водопроводной воды, являющейся агрессивной средой по отношению к выращиваемым ракам, необходимо применять профилактические меры. Именно поэтому наши исследования были ориентированы именно на изучение положительного эффекта профилактических мер при высоких значениях температуры воды и создание кормов из доступного сырья.

Обработку воды при содержании производителей, личинок и молоди австралийских раков проводили препаратом Антипар (*Antiparum*), который предназначен для лечения паразитарных болезней аквариумных рыб и представляет собой жидкость темно-синего цвета с запахом формалина. В состав препарата входят малахитовый зеленый, метиленовый синий, стабилизированный формалин.

Активные компоненты, входящие в состав препарата Антипар, оказывают губительное действие на возбудителей бактериальных и грибковых инфекций, а также на простейших и гельминтов, локализующихся на покровных тканях тела, жабр и плавников, и способствуют заживлению травматических повреждений кожи. Терапевтическое действие препарата основано на связывании внутриклеточных цитоплазматических структур малахитовым зеленым и денатурации белков формалином, что полностью нарушает обмен веществ у возбудителей болезней. Антипар умеренно токсичен для теплокровных животных (3 класс опасности по ГОСТ 12.1.007-76), малотоксичен для рыб, в рекомендуемых концентрациях не вызывает местно-раздражающего и резорбтивно-токсического действия.

С учетом необходимости замещения импортных кормов использовался комплекс методов по созданию экспериментального корма для различных возрастных групп австралийских раков, который был изготовлен хозяйственным способом (хозспособом).

Впервые в состав такого корма была введена минеральная вода. Было принято решение использовать минеральную воду с высоким содержанием кальция, учитывая ее уникальные свойства и состав [6]. Наиболее важно поступление кальция через пищу при линьках и интенсивном росте на ранних этапах развития личинок в условиях искусственного содержания. В качестве источника кальция и витаминов группы В нами впервые в состав рецептуры был включен витграсс – ростки проросшей пшеницы, также полученные собственными силами, в другую рецептуру экспериментального корма была включена добавка на основе биомассы прудовых экосистем.

В настоящее время на рынке корма для ракообразных представлены фирменными марками Tetra (содержание белка – 43 %, жира – 8 %, клетчатки – 2–4 %, обогащены витаминами и минеральными веществами) и Sera crabs natural (содержание белка – 25 %, жира – 5 %, клетчатки – 2 % (универсальный корм, пригодный в том числе и для выращивания эвригаллиных ракообразных)). Качественный состав этих кормов (компоненты животного и растительного происхождения), а также данные литературных источников [7, 8] послужили основой для создания экспериментальных рецептур стартового и производственного корма для австралийских раков. Рецептуры кормов, в том числе экспериментальных, представлены в табл. 1.

Экспериментальные корма изготавливали в лабораторных условиях с применением кормовых компонентов отечественного производства (на все компоненты были получены удостоверения качества). До начала приготовления корма все компоненты, входящие в его состав, дополнительно смальывали и просеивали (рис. 1). Компоненты растительного происхождения были подвергнуты предварительной микронизации для повышения питательной ценности корма.

После добавления премикса смесь тщательно перемешивали и добавляли 25–30 % минеральной воды. Влажная кормосмесь имела вид цилиндрических нитей диаметром от 3 до 7 мм. Перемешивая и разрывая вручную нити, формировали гранулы цилиндрической формы с соотношением длины к диаметру не более 1 : 5. Затем влажные гранулы охлаждали до комнатной температуры и размещали в термостате. Гранулы высушивали теплым воздухом, используя для этого нагревательный прибор с продувкой воздуха – термостат. Нагретый воздух подавали снизу и удаляли через отверстия и вытяжную трубу термостата. Сушку полученных гранул осуществляли при температуре воздуха 55–65 °С.

Состав кормов для производителей и молоди австралийских раков

Компоненты	Tetra	Sera	Экспериментальные корма*	
			Вариант 1	Вариант 2
Компоненты животного происхождения				
Рыбная мука	+	-	+	+
Мука мясокостная	+	-	+	+
Гаммарус	+	-	+	+
Дафнии	-	-	+	+
Мука из зеленых губчатых моллюсков	+	-	-	-
Компоненты растительного происхождения				
Пшеничная мука	+	-	+	+
Витграсс	-	-	-	+
Спирулина	+	+	-	-
Морские водоросли	+	+	-	-
Люцерна	+	-	-	-
Крапива	+	+	-	-
Кора ольхи/ивы	+	+	-	-
Ольховые шишки	+	+	-	-
Петрушка	+	-	+	+
Паприка	+	+	-	-
Шпинат	+	-	-	-
Тархун	-	-	+	+
Сельдерей	-	-	+	+
Морковь	+	-	+	+
Чеснок	+	-	+	+
Минеральные вещества и добавки				
Кальциевая добавка	-	-	-	+
Кальций	+	-	-	-
Жировые добавки				
Рыбий жир	+	-	+	+
Растительное масло	+	-	-	-
Компоненты микробияльного происхождения				
Пивные дрожжи	+	-	+	+
Премикс				
Минеральный премикс	+	-	+	+
Дополнительные компоненты				
Биомасса, собранная при спуске прудов	-	-	+	+
Состав питательных веществ, %				
Сырой протеин	43	25	40	42
Жир	8	5	9	8

\* Рецепт корма вариантов 1 и 2 скрыт, т. к. находится на стадии патентования.



Рис. 1. Компоненты корма для австралийских раков:  
а – петрушка, чеснок; б – гаммарусы; в – витграсс; г – дрожжи; д – вода

Технология приготовления сухого корма включала процессы подготовки, измельчения, производства гранул и крупки. Полностью высушенные гранулы после нанесения на них жира, согласно рецептуре, представляли собой готовый продукт, который и скармливали ракам после приготовления или хранения в специальной таре.

Корм задавали вручную, при этом норма кормления в дневные сутки составила от 2 до 4 % от массы тела. Эффективность кормления австралийских раков определяли по рыбопродуктивно-биологическим показателям выживаемости и среднесуточного прироста. Контрольные взвешивания и промеры проводили один раз в две недели.

При искусственном содержании были созданы оптимальные условия водообмена и аэрации воды, количество растворенного в воде кислорода составило 7 мг/л, температура воды – 25–27 °С. Плотность посадки австралийских раков устанавливали с учетом частоты их линьки и роста.

Выращенную молодь транспортировали в пруды малого инновационного предприятия «СРК «Шараповский» (площадь – 0,3 га, глубина – 0,9 м с уклоном до 0,5 м). Транспортировку молоди австралийских раков осуществляли в брезентовом чане размерами 0,5 × 1,0 × 0,5 с постоянной аэрацией воды.

Для обработки данных использовались стандартные методы описательной статистики, а также дисперсионный анализ – наиболее общий параметрический статистический метод сравнения средних. В процессе обработки данных использовалось программное обеспечение Microsoft Excel 2007 и STATISTICA 6. Для производителей использовался двухфакторный вариант дисперсионного анализа (с предикторами «Пол» и «Тип корма»), для молоди – однофакторный.

### Результаты исследований

В процессе выращивания австралийских раков поддерживались следующие условия: рН – 7,2; жесткость 7, содержание кислорода – 7,8. Так как температура является важным фактором, оказывающим влияние на рост, развитие раков и на интенсивность ферментативных процессов, которые напрямую влияют на активность потребления пищи, характер обмена веществ у австралийских раков, то её необходимо поддерживать на уровне не ниже 27 °С.

Кислород оказывает большое влияние на основные жизненные функции водных животных, в частности на потребление ими корма. Так, при наличии в воде от 6 до 8 мг/л кислорода (72–100 % насыщения при температуре 22 °С) интенсивность потребления корма раками постоянна и находится в пределах нормы, но с уменьшением содержания в воде кислорода она постепенно снижается пропорционально его концентрации. При концентрации кислорода 2 мг/л потребление пищи раками составляет всего  $\frac{1}{3}$  от его потребления в условиях полного насыщения воды кислородом [8]. Вода в бассейнах с объектом должна иметь щелочную среду, т. к. в кислой среде наблюдается угнетение роста молоди, панцирь становится мягким и тонким, что нежелательно [3].

В период поддержания равномерного температурного режима количество линек увеличивается, однако при повышении температуры это количество, напротив, снижается, что указывает на угнетенное состояние раков. Можно утверждать следующее: в этот момент происходит снижение концентрации растворенного кислорода, что негативно влияет на весь организм.

В наших экспериментах средняя температура воды составила 28,2 °С, содержание  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  и  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  было в пределах допустимой нормы. Однако австралийские раки могут нападать на сородичей, только что прошедших процесс линьки, вследствие чего последние теряют клешни и получают травмы. Во время линьки рак переворачивается на бок или на спину. Перевернувшись, резким движением живота он вытягивает еще мягкое брюшко. Задняя часть его головогрудного щита поднимается и отделяется от головогруды. Новое брюшко приподнимается и укладывается поверх сброшенного панциря. Следующим резким движением брюшка рак выдергивает вверх сброшенного панциря переднюю часть тела и клешни. Вместе с панцирем рак сбрасывает хитиновую оболочку глаз, жабр, пищевода и других органов. Процесс линьки продолжается несколько часов. В этот период рак часто травмируется и может погибнуть. Так как линька у раков даже одного возраста – процесс несинхронный, особей, уже прошедших линьку, временно изолировали от сородичей, чтобы избежать возможных травм и гибели вследствие каннибализма.

В этот период для профилактики и терапевтического эффекта применяли Антипар, выживаемость выращиваемых беспозвоночных составила 100 %.

Сравнение групп молоди, содержавшихся в условиях периодического проведения профилактической обработки препаратом Антипар и без нее, показало, что выживаемость в первом случае была выше, кроме того, такая обработка приводит к ускорению темпа роста молоди и, как следствие, увеличению абсолютного прироста.

Пищевые предпочтения австралийских раков – растительная пища, детрит, кроме того, к излюбленным объектам питания можно отнести улиток, червей и мелкую рыбу.

В результате экспериментов были получены данные по пищевым предпочтениям австралийских раков в отношении фирменных кормов Tetra, Sera crabs natural, а также оптимизированных на их основе стартовых и продукционных кормов с добавлением питательных компонентов (табл. 2).

**Показатель  
среднесуточной скорости роста австралийских раков  
при выращивании на различных вариантах корма**

Пол	Среднесуточная скорость роста, %
Tetra	
♂	0,14 ± 0,3
♀	0,13 ± 0,1
Juven	1,4 ± 1,9
Sera crabs natural	
♂	0,1 ± 0,1
♀	0,1 ± 0,07
Juven	0,1 ± 0,02
Экспериментальный корм	
♂	0,6 ± 0,2
♀	0,5 ± 0,4
Juven	0,8 ± 0,2

Расчет велся в соответствии с содержанием питательных веществ в кормовых компонентах кормов и их процентным содержанием в оптимизированных рецептурах с доведением уровня содержания белков и жиров до определенных значений.

Таким образом, эффективность питания и самого процесса выращивания оценивали по основному показателю – среднесуточной скорости роста производителей и молоди австралийских раков. Лучший темп роста у производителей на экспериментальном продукционном корме и корме Tetra для производителей с добавлением биомассы прудовых экосистем, с частичной заменой рыбной муки на дафний и гаммарусов, показала группа самцов. Это связано с физиологическими особенностями, т. к. самкам для перехода в половозрелую стадию необходимо большее накопление питательных веществ для формирования репродуктивной системы. Можно сделать вывод, что в момент полового созревания, а именно при массе 35–40 г, когда раки переходят в репродуктивную зону роста, темпы роста самок и самцов различаются. Самки, в отличие от самцов, расходуют дополнительное количество питательных веществ на формирование репродуктивной системы. Именно по этой причине необходим корм, который будет эффективен в этот период. Лучший темп роста показала группа молоди, выращенная на корме Tetra и экспериментальном стартовом корме.

Для получения более точных представлений о влиянии экспериментального корма на скорость роста результаты измерений у молоди и взрослых особей были подвергнуты дисперсионному анализу. Для результатов по молоди использовался однофакторный дисперсионный анализ (исследовалось влияние фактора «Тип корма»), а для аналогичных результатов по производителям – двухфакторный (влияющие факторы – «Тип корма» и «Пол»). Результаты дисперсионного анализа влияния типа корма на скорость роста молоди австралийских раков представлены на рис. 2.

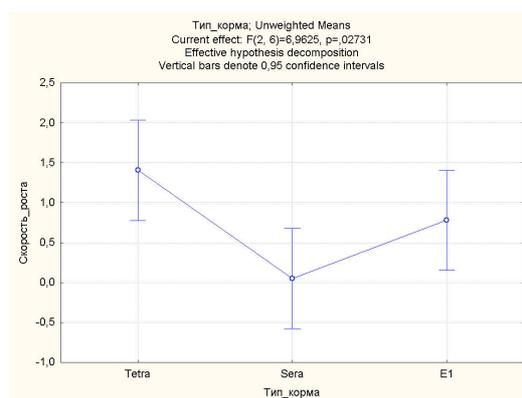


Рис. 2. Результаты дисперсионного анализа влияния типа корма на скорость роста молоди австралийских раков. E1, здесь и далее, – экспериментальный корм

Результаты апостериорного сравнения анализируемых групп приведены в табл. 3. Данные табл. 3 уточняют визуальное представление различий. Очевидно, что в случае молоди значимые различия в скорости роста наблюдаются между особями, выращивавшимися на кормах Tetra и Sera, при этом для особей, выращиваемых на корме Tetra, явно наблюдается более высокая скорость роста.

**Анализ значимости различий  
при апостериорном сравнении исследуемых групп молоди\***

Тип корма	<b>Tetra</b>	<b>Sera</b>	<b>E1</b>
<b>Tetra</b>	<b>1,4067</b>	<b>0,05333</b>	<b>0,78333</b>
<b>Sera</b>	<b>0,029288</b>	<b>0,029288</b>	0,410388
<b>E1</b>	0,410388	0,273167	

\* Полу жирным шрифтом выделены значимые различия.

Для производителей процедура анализа была несколько усложнена, чтобы учесть, наряду с типом корма, используемым при культивировании, половые различия производителей. Таким образом, анализировалось влияние на скорость роста факторов «Тип корма», «Пол» и возможное совместное действие двух факторов (рис. 3).

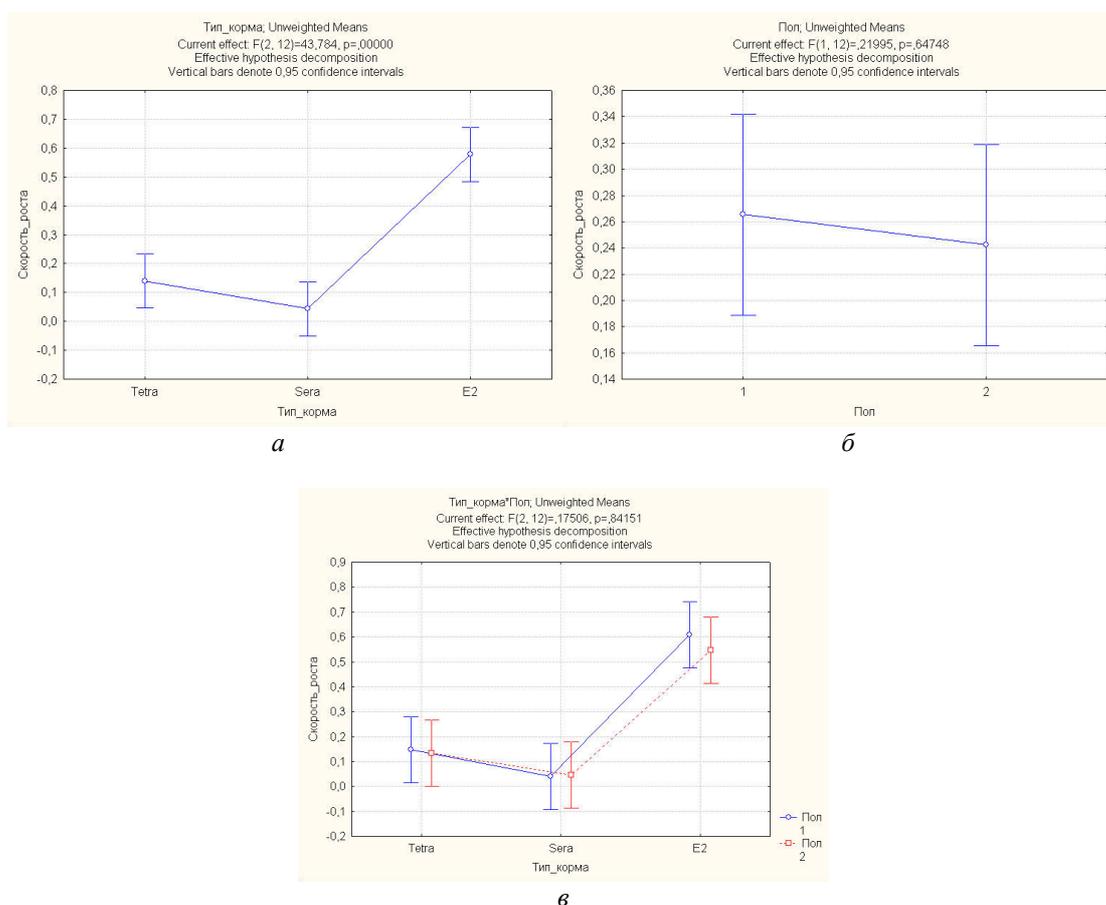


Рис. 3. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по скорости роста производителей в отношении:  
 а – фактора «Тип корма»; б – фактора «Пол»; в – совместного действия двух факторов.  
 E2, здесь и далее, – экспериментальный корм

С учетом апостериорных сравнений групп по скорости роста с помощью теста Бонферрони (табл. 4–6) можно сделать вывод о том, что ни совместное действие факторов «Тип корма» и «Пол», ни действие фактора «Пол» не являются значимыми. Значимые различия между сравниваемыми группами обусловлены лишь типом корма. В данном случае скорость роста особей, культивируемых на экспериментальном продукционном корме, существенно превышает скорость роста аналогичных групп, выращиваемых на кормах Tetra и Sera.

Таблица 4

**Анализ значимости различий  
при апостериорном сравнении исследуемых групп производителей,  
культивируемых на различных типах корма\***

Тип корма	Tetra	Sera	E2
		<b>0,14000</b>	<b>0,04333</b>
Tetra	–	0,415893	<b>0,000033</b>
Sera	0,415893	–	<b>0,000004</b>
E2	<b>0,000033</b>	<b>0,000004</b>	–

\* Полужирным шрифтом выделены значимые различия.

Таблица 5

**Анализ значимости различий  
при апостериорном сравнении  
исследуемых групп производителей разного пола\***

Пол	♂	♀
		<b>0,26556</b>
♂	–	0,647484
♀	0,647484	–

\* Полужирным шрифтом выделены значимые различия.

Таблица 6

**Анализ значимости различий  
при апостериорном сравнении исследуемых групп производителей\***

Тип корма	Пол	♂	♀	♂	♀	♂	♀
			<b>0,14667</b>	<b>0,13333</b>	<b>0,04000</b>	<b>0,04667</b>	<b>0,61000</b>
Tetra	♂	–	1,000000	1,000000	1,000000	<b>0,002494</b>	<b>0,008527</b>
	♀	1,000000	–	1,000000	1,000000	<b>0,001943</b>	<b>0,006542</b>
Sera	♂	1,000000	1,000000	–	1,000000	<b>0,000373</b>	<b>0,001123</b>
	♀	1,000000	1,000000	1,000000	–	<b>0,000417</b>	<b>0,001267</b>
E2	♂	<b>0,002494</b>	<b>0,001943</b>	<b>0,000373</b>	<b>0,000417</b>	–	1,000000
	♀	<b>0,008527</b>	<b>0,006542</b>	<b>0,001123</b>	<b>0,001267</b>	1,000000	–

\* Полужирным шрифтом выделены значимые различия.

Несмотря на то, что самки визуально отставали по темпу от самцов, двухфакторный дисперсионный анализ не установил значимых различий выборочных средних при анализе возможного влияния фактора «Пол» исследуемых особей на скорость роста.

*Молодь, выращенная на контрольном корме Tetra, имела темп роста несколько выше, чем рыбы других возрастных групп, однако результаты сравнения выборочных средних скорости роста молоди с помощью дисперсионного анализа не выявили значимых отличий между группами молоди, выращенными на корме Tetra и на экспериментальном. Значимо различаются по влиянию на темп роста корма Tetra и Sera crabs natural, ко второму корму производители рекомендуют дополнительно время от времени подкормку Sera marin gourmet nori.*

Постличиночный период характеризуется быстрым образованием хитина и откладыванием неорганических солей, интенсивным ростом тканей и уменьшением гастролитов. Через 24 часа после линьки гастролиты в желудке раков полностью исчезают. В первую очередь затвердевают ротовые придатки, что позволяет раку сразу начать питаться кормом, богатым известью [3]. Именно поэтому стартовый корм на основе кальциевой добавки и витграсса с высоким содержанием кальция давал положительный эффект в период постличиночного развития.

Таким образом, результаты использования экспериментальной рецептуры стартового корма для молоди в период регулярной активной линьки позволяют считать его взаимозаменяемым с кормами Tetra и Sera crabs natural.

В ходе экспериментов выживаемость австралийских раков составила 100 %. По данным биологического роста и выживаемости можно говорить о положительном результате выращивания австралийских раков на экспериментальных кормах – как производителей, так и молоди. По окончании выращивания было отмечено также, что принципиально допустимо полностью перейти на корма из местного сырья, подтверждена возможность замены рыбной муки на дафний, гаммарусов, биомассу прудовых экосистем в кормах для производителей, а для молоди в качестве источника растительного белка можно использовать витграсс. Такое замещение существенно снизит затраты на кормление, не только не сказавшись на выживаемости, но и не замедлив в большинстве случаев и темп роста.

Необходимо отметить, что самки австралийских раков созревают при меньших размерах, чем самцы. Кроме того, самцы отличаются большим темпом роста. Именно поэтому одним из возможных путей повышения рентабельности культивирования этого вида является производство популяции с большим количеством самцов.

Известно, что удаление андрогенной железы на ранних стадиях развития приводит к инверсии пола у самцов гигантских пресноводных креветок. Установлено, что дифференциация гонад по мужскому или женскому пути развития у австралийских раков начинается в возрасте 40–50 дней [5]. Для повышения рентабельности товарного выращивания австралийских раков, по нашему мнению, необходимо применять технологии, с помощью которых возможна инверсия пола. Так, повышение температуры или добавление в стартовые корма кормовых добавок будут наиболее эффективными до достижения молодью раков этого возраста. Следовательно, настоящее исследование может внести вклад в создание теоретической основы широкого применения технологий по изменению пола австралийских раков в аквакультуре [5].

Молодь австралийских раков массой 5 г, выращенная на стартовых кормах, в середине июня 2015 г. была переведена в пруды СРК «Шараповский». Существенное влияние на рост австралийских раков оказало удовлетворительное состояние биомассы зообентоса и детрита, кроме того, небольшие площади пруда с западной стороны заросли высшей водной растительностью, различными макрофитами, которые были представлены видами рогозов и осок (рис. 4). Австралийские раки охотно обгладывали их стебли, листья и молодые побеги. В начале сентября была получена товарная продукция, конечная масса австралийских раков составила от 80 до 100 г, выживаемость – 80 %. По результатам выращивания австралийских раков в рыбоводном пруду можно утверждать, что данный процесс обеспечивает высокий темп роста и, как следствие, достижение за короткий срок достаточно высокой товарной конечной массы.



Рис. 4. Пруды для выращивания австралийских раков в «СРК Шараповский»

В дальнейших исследованиях необходимо комплексное исследование физиологических показателей, а также проведение гистологических и гистохимических анализов австралийских раков, выращиваемых в бассейновых и прудовых условиях.

### Заключение

В настоящее время кормление австралийских раков *Cherax quadricarinatus* осуществляется с помощью дорогостоящих универсальных кормов, в том числе для эвригалинных ракообразных.

В ходе исследований установлено, что принципиально допустимо осуществлять выращивание австралийских раков полностью на базе кормов из местного сырья, с заменой рыбной муки на дафний и гаммарусов, с добавлением биомассы прудовых экосистем, выловленной при сбросе воды из прудов рыбоводных хозяйств, с последующей переработкой.

Показано, что корм с введением кальциевой добавки и заменой растительного белка на витграсс с высоким содержанием кальция более эффективен в период регулярной активной линьки постличиночного развития молоди австралийских раков.

Отмечено, что замена (обычной) воды на минеральную воду при приготовлении экспериментальных партий кормов способствовала повышению их качества: пищевая активность объектов на корма составила 100 %, поедаемость корма – 100 %, гранулы кормов не размываются и оседают, плавучесть отрицательная, что является необходимым условием при выращивании донных объектов аквакультуры.

Результаты испытаний экспериментальных рецептур стартового и производственного корма на молоди и производителях австралийских раков в условиях инновационного центра «Биоак-

вапарк – научно-технический центр аквакультуры» позволяют дать высокую оценку их эффективности (выживаемость раков – 100 %, среднесуточная скорость роста – до единицы) и рекомендовать опробованные рецептуры и технологии при промышленном производстве партий продукционных и стартовых комбикормов.

Подрощенную молодь при кормлении стартовым кормом оптимально переводить в пруды на экстенсивное выращивание массой 5 г. За три – четыре месяца (с июня по сентябрь) товарная масса австралийских раков составила не менее 80–100 г при выживаемости 80 %, что позволяет дать рыбоводно-биологическое обоснование возможности эффективного промышленного производства товарной продукции ракообразных в условиях Астраханской области.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лагуткина Л. Ю. Создание кормов на основе биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем для объектов тепловодной аквакультуры / Л. Ю. Лагуткина, С. В. Пономарёв // Изв. высш. учеб. завед. Северо-Кавказ. регион. Сер.: Естественные науки. 2011. № 2. С. 57–61.
2. Пат. 2437566. Комбикорм для тропических раков и пресноводных креветок / Лагуткина Л. Ю., Пономарёв С. В., Пахомов М. М.; заявл. 28.06.2010; опубл. 27.12.2011.
3. Черкашина Н. Я. Сборник инструкций по культивированию раков и динамике их популяций / Н. Я. Черкашина. Ростов н/Д: Медиа-полис, 2007. 118 с.
4. <http://shrimpsplanet.com/cryfish/cherax/230-quadracarinaratus> (дата обращения: 11.05.2015).
5. Тует Н. Т. Особенности развития гонад у австралийских раков *Cherax quadricarinatus* / Н. Т. Тует, В. Н. Крючков // Естественные науки. Астрахань. 2014. № 2 (47). С. 55–61.
6. <http://www.rusmedserver.ru> (дата обращения: 11.05.2015).
7. Колмыков Е. В. Инструкция по разведению речных раков / Е. В. Колмыков. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2004. 30 с.
8. Рахманов А. И. Речные раки. Содержание и разведение / А. И. Рахманов. М.: Аквариум-Принт, 2007. 48 с.

Статья поступила в редакцию 29.09.2015,  
в окончательном варианте – 14.01.2016

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Лагуткина Лина Юрьевна** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. биол. наук, доцент; доцент кафедры «Аквакультура и водные биоресурсы»; lagutkina\_lina@mail.ru.

**Мартьянов Александр Сергеевич** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. биол. наук; младший научный сотрудник лаборатории физиологии питания рыб; martalex.84@list.ru.

**Шейхгасанов Кади Гагжиевич** – Россия, 416323, Астраханская область; прудовое хозяйство «Современный рыбоводный комплекс «Шараповский»; директор; kafavb@yandex.ru.

**Степанов Роман Валерьевич** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; магистрант кафедры «Аквакультура и водные биоресурсы»; stepanov\_roman\_94x@mail.ru.



*L. Yu. Lagutkina, A. S. Martyanov, R. V. Stepanov, K. G. Sheikhgasanov*

#### OPTIMIZATION OF THE TECHNOLOGY OF FEEDING AUSTRALIAN CRAYFISH THROUGH THE USE OF EXPERIMENTAL FEEDS FORMULAS

**Abstract.** The experimental formulas of feed (starter feed and productive feed) intended for feeding Australian red crayfish *Cherax quadricarinatus* are developed. The uniqueness of the developed formulations is provided due to additives from local raw materials according to the nutri-

tional needs of larvae and juveniles (a complex post-larval period – at the moment of molting and rapid formation of chitin) and breeders (while developing the reproductive system to produce a viable offspring). Experimental batches of feed when replacing the tap water for mineral one in the preparation meet the following characteristics: high quality, nutritional feed activity of the objects – 100 %, palatability of feed – 100 %, feed pellets are not eroded and deposited, negative buoyancy. Fry grown on starter feed, weight 5 g moved to the pond conditions in 3–4 months grows up to a weight of 100 g with a survival rate of 80 %. The results of the study confirm the effectiveness of the optimized feeding technology for breeder and young Australian crayfish, positive impact on fish breeding, biological and physiological characteristics. This is proved by 100 % survival rate, satisfactory condition of the body and high growth rate of males and females while using experimental productive feed 0.5–0.6 % and experimental starter feed 0.8 %. Feed based on the local raw materials in tens times cheaper than the feed for the Australian crayfish, presented on the market.

**Key words:** Australian crayfish, feeding, breeding, optimization, formulas, feed, basins, ponds.

#### REFERENCES

1. Lagutkina L. Iu., Ponomarev S. V. Sozdanie kormov na osnove biomassy rastitel'nogo i zhitovnogo planktona prudovykh ekosistem dlia ob"ektov teplovodnoi akvakul'tury [Production of the feed based on biomass of plant and animal plankton of pond ecosystems for the objects of warm water aquaculture]. *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Seriya: Estestvennye nauki*, 2011, no. 2, pp. 57–61.
2. Lagutkina L. Iu., Ponomarev S. V., Pakhomov M. M. *Kombikorm dlia tropicheskikh rakov i presnovodnykh krevetok* [Combined feed for tropical crayfish and freshwater shrimps]. Patent RF 2437566, 28.06.2010.
3. Cherkashina N. Ia. *Sbornik instruktsii po kul'tivirovaniuu rakov i dinamike ikh populiatsii* [Collection of instructions on breeding crayfish and dynamics of their populations]. Rostov-on-Don, Media-polis Publ., 2007. 118 p.
4. <http://shrimpsplanet.com/cryfish/cherax/230-quadricarinatus> (accessed: 11.05.2015).
5. Tuet N. T., Kriuchkov V. N. Osobennosti razvitiia gonad u avstraliiskikh rakov Sherakh quadrisarinatus [Peculiarities of development of gonads of Australian crayfish *Cherax quadricarinatus*]. *Estestvennye nauki. Astrakhan*, 2014, no. 2 (47), pp. 55–61.
6. <http://www.rusmedserver.ru> (accessed: 11.05.2015).
7. Kolmykov E. V. *Instruktsiia po razvedeniiu rechnykh rakov* [Instructions on breeding crayfish]. Astrakhan, Izd-vo KaspNIRKh, 2004. 30 p.
8. Rakhmanov A. I. *Rechnye raki. Soderzhanie i razvedenie* [River crayfish. Stocking and rearing]. Moscow, OOO «Akvarium-Print», 2007. 48 p.

The article submitted to the editors 29.09.2015,  
in the final version – 14.01.2016

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Lagutkina Lina Yurievna** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University, Candidate of Biology; Assistant Professor, Assistant Professor of the Department "Aquaculture and Water Bioresources"; lagutkina\_lina@mail.ru.

**Martyanov Alexander Sergeevich** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Biology; Junior Researcher of the Laboratory "Physiology of Fish Nutrition"; martalex.84@list.ru.

**Sheykhgasanov Kadi Gadzhiyevich** – Russia, 416323, Astrakhan region; Pond Farm "Modern Fish Farming Complex "Sharapovskiy"; Director; kafavb@yandex.ru.

**Stepanov Roman Valeryevich** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Master's Student of the Department "Aquaculture and Water Bioresources"; stepanov\_roman\_94x@mail.ru.

