ВОПРОСЫ РЫБОЛОВСТВА, 2026. Том 27. №2. С. 115–126
FISHERIES ISSUES, 2026. Vol. 27. №2. P. 115–126

АКВАКУЛЬТУРА И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО

УДК 639.517:639.084 *DOI: 10.36038/0234-2774-2026-27-2-115-126*
EDN WTAWRO

РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ СТАРТОВЫХ КОМБИКОРМОВ С КОРМОВЫМИ КОМПОНЕНТАМИ НА ОСНОВЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ И ВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МОЛОДИ ДЛИННОПАЛОГО РАКА *PONTASTACUS LEPTODACTYLUS*

© 2026 г. Р.Р. Борисов (spin: 5597-7051), **И.Н. Никонова** (spin: 8313-2770), **Н.В. Кряхова** (spin: 1180-6935), **Ю.А. Баскакова** (spin: 5286-5043), **А.В. Артёмов** (spin: 3464-4613)

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Россия, Москва, 105187
E-mail: borisovrr@vniro.ru

Поступила в редакцию 2.02.2026 г.

Цель работы – разработать и апробировать комбикорма с кормовыми компонентами на основе беспозвоночных и водорослей для молоди длиннопалого рака. Проведено два последовательных эксперимента на группах молоди длиннопалого рака по апробации комбикормов производства ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» с различными кормовыми компонентами. В первом эксперименте протестировано четыре варианта комбикормов: КРРАКр-База, КРРАКр-Гаммарус, КРРАКр-Львинка, КРРАКр-Хлорелла; во втором эксперименте – два варианта: КРРАКр-База и КРРАКр-База + замороженный *Arctodiaptomus salinus*. Продолжительность экспериментов составила 30 и 37 сут. По окончанию эксперимента оценивали выживаемость, прирост, кормовой коэффициент, интенсивность окраски молоди. Все апробированные комбикорма показали высокую привлекательность для молоди длиннопалого рака. Наблюдаемые различия в росте и выживаемости не были статистически значимы. За время эксперимента масса особей при температуре 22–23°С в среднем увеличилась в 2,8 раза, а при температуре 25–26°С в 4,2 раза. При этом наилучшие показатели по росту были получены при использовании комбикорма с повышенным содержанием гаммаруса. При кормлении комбикормами интенсивность окраски особей была низкой. Во втором эксперименте показано, что введение в рацион молоди замороженного зоопланктона с доминированием *Arctodiaptomus salinus* обеспечивает формирование у нее насыщенной естественной окраски. Разработанные и протестированные рецептуры могут быть использованы при создании стартовых и продукционных комбикормов для длиннопалого рака.

Ключевые слова: длиннопалый рак *Pontastacus leptodactylus*, комбикорма, кормовые компоненты, рост, окраска, гаммарус, черная львинка, хлорелла.

ВВЕДЕНИЕ

Пресноводные раки считаются деликатесным продуктом, благодаря высоким вкусовым качествам их мяса. На территории Российской Федерации обитают несколько видов пресноводных раков, наиболее распространенным из которых является длиннопалый рак *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823). Данный вид, встречающийся как в пресноводных, так и в солоноватых водоемах, является традиционным объектом промысла для многих регионов, но растущий на него спрос в последнее время привел к значительному снижению численности его естественных популяций (Белорусцева, Лукерин, 2022; Сафаралиев и др., 2023). Одним из способов восстановления популяций длиннопалого рака является организация питомников для получения посадочного материала и его последующего выпуска в естественные водоемы, а также соз-

дание специализированных хозяйств по выращиванию длиннопалого рака с целью получения товарной продукции.

Одной из самых важных составляющих процесса культивирования является обеспечение полноценного кормления на всех этапах развития организма. На данный момент выполнено большое количество работ по исследованию питания длиннопалого рака в естественных водоемах. Имеющиеся на сегодня данные о пищевых предпочтениях речных раков указывают на то, что им свойственна эврифагия и высокая пищевая пластичность, проявляющаяся в освоении новых пищевых объектов при сезонных или иных изменениях условий существования и в использовании разной пищи в разных водоемах (Куренков, 1951; Momot, 1995; Ackefors, 1998; Черкашина, 2002; Борисов и др., 2011). Помимо этого, были попытки создания специализированных комбикормов на основе рыбной муки с добавлением различных растительных и животных компонентов (Черкашина и др., 1986; Черкашина, 1989; 2007; Киселёв и др., 1995). Однако упомянутые в литературных источниках рецептуры комбикормов для длиннопалого рака не были внедрены в промышленное производство, и на сегодняшний день сбалансированные специализированные комбикорма для различных возрастных групп длиннопалого рака отсутствуют.

Особое значение имеет создание и использование полноценных комбикормов для начальных стадий жизненного цикла, как наиболее уязвимых и требовательных к составу пищи. Например, недостаток белка отрицательно сказывается на росте особей, и для молоди речных раков его содержание в кормах должно составлять не менее 35% (Борисов и др., 2022; Thompson et al., 2006). Входящие в состав комбикормов компоненты являются для раков не только энергетическим ресурсом, но и источником важных элементов, необходимых для роста, развития, формирования окраски и т.п. По этой причине, исследования, направленные на создание линейки комбикормов для выращивания молоди длиннопалого рака, имеют особую актуальность. При разработке рецептур комбикормов необходимо учитывать пищевые предпочтения и особенности поведения молоди раков, которые они демонстрируют в естественной среде. Например, молодь длиннопалого рака ведет донный образ жизни и активно поедает личинок насекомых и ракообразных (Будников, Третьяков, 1952; Румянцев, 1974; Черкашина, 1977; Борисов, и др., 2011). При создании комбикормов повышение эффективности от их применения возможно путем подбора оптимальных для молоди раков технологических характеристик (водостойкость, размер гранул, плавучесть, аттрактивность) комбикорма, а также использование в комбикормах специализированных компонентов с учетом пищевых потребностей молоди раков.

Цель данной работы – разработать и апробировать комбикорма с добавлением компонентов на основе беспозвоночных и водорослей для молоди длиннопалого рака.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовательские работы проведены на базе аквариальной отдела аквакультуры беспозвоночных ЦИ ФГБНУ «ВНИРО». Материалом для них послужила молодь длиннопалого рака, начиная с III стадии развития. Всего проведено два последовательных эксперимента, различавшихся возрастом молоди и составом использовавшихся комбикормов. Разработка рецептур комбикормов, а также их изготовление проведены отделом кормов и кормовых компонентов ЦИ ФГБНУ «ВНИРО». Схема экспериментов представлена в таблице 1.

В основе все комбикорма содержали: пшеницу, рыбную муку, глютен пшеничный, соевый белковый концентрат, дрожжи спиртовые, крахмал кукурузный, жмых подсолнечный, гемоглобин, витаминно-минеральный комплекс, клеточные стенки дрожжей, морковь сушеную, чеснок сушеный, астаксантин, масло соевое, масло рапсовое, лецитин соевый. В базовый рецепт (КРРАКр-

Таблица 1. Схема проведения рыбоводно-биологических испытаний комбикормов с разными кормовыми компонентами на основе беспозвоночных и водорослей для молоди длиннопалого рака

Номер эксперимента	1	2
Шифр испытываемых комбикормов	КРРАКр-База, КРРАКр-Гаммарус, КРРАКр-Львинка, КРРАКр-Хлорелла	КРРАКр-База и КРРАКр-База + замороженный *Arctodiaptomus salinus*
Размер гранул, мм	1,5–2	1,5–2
Температура воды, °С	22–23 и 25–26	25–26
Количество вариантов эксперимента	8	2
Возраст молоди от момента вылупления, сут.	14–21	44–51
Средняя начальная масса, г	0,064±0,005	0,31±0,13
Плотность посадки, экз./м^2	230	49
Условия содержания молоди: - система выращивания - объем емкостей, л - количество емкостей для каждого варианта эксперимента	 УЗВ 5,0 3	 УЗВ 200 1
Нормы кормления на момент посадки, далее по потреблению, % от биомассы	10 и 15	7
Способ кормления	ручной	ручной и автокормушки
Частота кормления	два раза в сутки	
Контроль параметров выращивания: - температура, - концентрация аммония, нитритов, нитратов, pH	Периодичность контроля: - ежедневно - раз в 15 сут.	
Биологические показатели: - масса и длина тела - поедаемость корма - интенсивность окраски	Периодичность контроля: 1 раз за эксперимент ежедневно 1 раз за эксперимент	
Продолжительность экспериментов, сут.	30	37
Рыбоводные показатели оценки кормов	выживаемость, прирост, кормовой коэффициент, интенсивность окраски	выживаемость, прирост, интенсивность окраски

База) помимо перечисленных ингредиентов входили сухой гаммарус (3%) и концентрат белковый из личинки черной львинки (2%). В первом эксперименте помимо базового комбикорма апробировано три варианта комбикормов, отличавшихся составом (табл. 2). В первом варианте (КРРАКр-Гаммарус) долю сухого гаммаруса увеличили до 6%, а концентрат из львинки исключили из рецепта. Во втором варианте (КРРАКр-Львинка) долю концентрата из личинки черной львинки увеличили до 6%, а сухой гаммарус исключили

Таблица 2. Химический состав и различия компонентного состава экспериментальных комбикормов

Показатель	Шифр испытываемых комбикормов			
	КРРАКр-База	КРРАКр-Гаммарус	КРРАКр-Львинка	КРРАКр-Хлорелла
Сырой протеин, %	45	45	45	45
Сырой жир, %	6	6	6	6
Валовая энергия, кДж	18,1	18,1	18,1	18,1
Сухой гаммарус, %	3	6	0	3
Концентрат из личинки львинки, %	2	0	6	2
Хлорелла, %	0	0	0	1

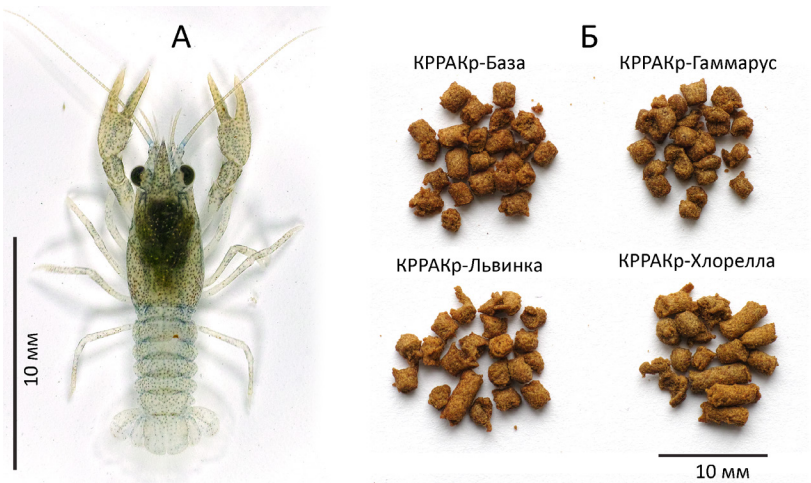


Рис. 1. А – Молодь длиннопалого рака (3 стадии); Б– внешний вид комбикормов.

из рецепта. В третьем варианте (КРРАКр-Хлорелла) в базовый рецепт добавили 1% хлореллы (рис. 1).

В эксперименте №1 использовали молодь, полученную от одной самки в возрасте две-три недели с момента выхода из яйца (рис. 1А).

Молодь содержали группами по 10 особей в емкостях объемом 5 л и площадью дна 0,043 м^2. Дно и три из четырех стенок емкостей имели черный цвет. Емкости были объединены в две группы по 12 шт. в каждой (рис. 2) и оснащены независимыми циркуляционными контурами, включающими системы биологической фильтрации (фильтр Eheim 2215), нагрева (нагреватели 200 Вт) и охлаждения (проточный холодильник Hailea). Эксперимент проводился в двух вариантах температур: 22–23°С и 25–26°С. Для освещения использованы светодиодные лампы с цветовой температурой 4000°К. Режим освещения 12/12 ч. В качестве укрытий в емкости для молоди раков разместили структурирующий объем субстрат из пластиковых нитей и убежища норного типа (10 шт. на емкость).

Для испытания каждого варианта комбикорма было задействовано по шесть емкостей (три при температуре 22–23°С и три при 25–26°С).

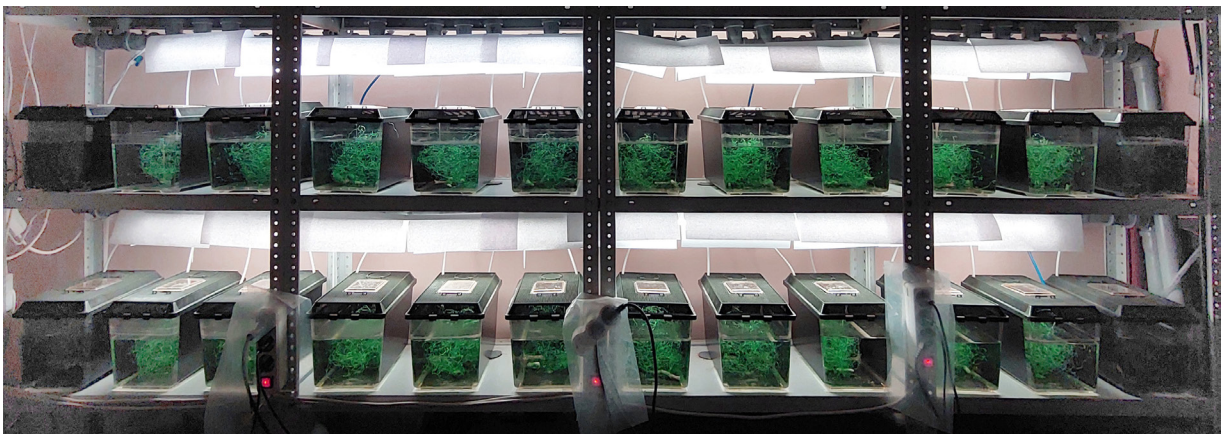


Рис. 2. Экспериментальная установка, использованная в эксперименте №1.

Таким образом, в эксперименте №1 выполнено 8 вариантов, в трех повторностях каждый. Кормление раков осуществляли два раза в сутки. Количество вносимого комбикорма корректировали в зависимости от потребления для каждого варианта температуры. Для каждого варианта температуры во все емкости вносили одинаковое количество комбикорма. Перед кормлением проводили осмотр и чистку емкостей, при этом учитывали количество несъеденного комбикорма, наличие линочных шкурок (экзувиев) и погибших особей. Несъеденный комбикорм и погибших особей изымали и определяли предположительные причины гибели. После внесения корма оценивали такие технологические качества комбикорма, как водостойкость, плавучесть. Помимо этого, отслеживали реакцию молоди на комбикорм и особенности ее поведения в процессе питания. Продолжительность эксперимента составила 30 сут.

По окончанию эксперимента №1 из молоди раков, содержавшихся при температуре 25–26°С, отобрали особей без повреждений конечностей и средней массой 0,31±0,13 г и высадили для проведения второго эксперимента в 2 емкости (объем воды 200 л, площадь дна 0,45 м^2). Емкости были объединены в единый циркуляционный контур, включающий систему биологической фильтрации (фильтр Eheim 2226), нагрева (нагреватели 200 Вт) и охлаждения (проточный холодильник Hailea). Дно и три из четырех стенок емкостей имели черный цвет. Молодь высадили из расчета 22 особей на емкость, что соответствовало плотности посадки 49 особей на м^2. Кормление осуществляли два раза в сутки. В качестве основного корма использовали комбикорм КРРАКр-База. Кроме того, в одну из емкостей один раз в сутки вносили 2,5 г замороженного корма из планктонных ракообразных (торговое название «Микропланктон», производство Prime, Россия), в другую – эквивалентную порцию комбикорма (0,35 г). Основу замороженного корма составляли веслоногие ракообразные (отряд Calanoida) *Arctodiaptomus (Rhabdodiaptomus) salinus* (Daday, 1885) и в меньшем количестве встречался один вид ракообразных из отряда Ostracoda. *Arctodiaptomus salinus* обитает в соленых водоемах аридной зоны Палеарктики. Он способен в больших количествах накапливать астаксантин, что делает его ярко-красным (Bodea et al., 1965). Продолжительность эксперимента составила 37 суток. По завершению экспериментов у всех особей измерена масса и длина тела, отмечены случаи утраты конечностей, а также проведена оценка интенсивности окраски. Длину особей измеряли от конца рострума до конца тельсона. Взвешивание проводили на электронных весах Acculab ALC-210d4 с точностью до 0,01 мг.

Оценку интенсивности окраски проводили по следующей методике. С помощью фотокамеры Sigma dp3 Merrill получены изо-

бражения молоди раков с дорзальной стороны. Анализ полученных изображений проводился в программе Adobe Photoshop CS6. Для всех изображений осуществлялась коррекция цвета по эталонному участку фона фотографии, после чего в цветовом пространстве CIELab (CIE L*a*b*) измеряли показатели, характеризующие окраску особи. Измерения проводили в дорзальной части второго сегмента абдомена. В цветовом пространстве *CIELab* координатой L задана яркостная составляющая – яркость или светлота (изменяется от 0 до 100, то есть от самого темного до самого светлого), а хроматическая составляющая – двумя декартовыми координатами a и b. Первая обозначает положение цвета в диапазоне от зеленого до красного, вторая – от синего до желтого. Показатель *L* лучше всего характеризует изменение интенсивности окраски особей: чем интенсивнее (темнее) окрашена особь, тем ниже значения показателя.

Статистическая обработка результатов выполнена в программе Statistica12. Для оценки статистической значимости различий в скорости роста и интенсивности окраски использовали t-критерий Стьюдента и однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Большая часть гранул всех четырех видов комбикормов после внесения опускалась на дно. Исключением являлся вариант комбикорма КРРАКр-Гаммарус, часть гранул которого имела положительную плавучесть и в результате оказывалась недоступна для раков.

Раки в эксперименте активно реагировали на внесение всех испытываемых комбикормов. После внесения комбикорма молодь демонстрировала поисковое поведение. Молодь захватывала корм клешненосными конечностями (чаще всего 2–3 пары), и далее он передавался ротовым конечностям. Значимых различий в реакции молоди раков на комбикорма не наблюдалось.

Все виды комбикормов имели достаточную водостойкость и длительное время сохраняли свою структуру, не распадаясь на отдельные части. Так, несъеденные гранулы сохраняли форму спустя 12 ч после внесения комбикорма.

В начале эксперимента №1 раки не могли употребить гранулы комбикорма за один подход и часто возвращались к ним несколько раз. Высокая водостойкость гранул позволяла это сделать. При достижении раками массы 0,2–0,4 г молодь могла поглощать гранулы мелких и средних размеров за один кормовой подход.

Основные размерно-весовые показатели, а также выживаемость и расход комбикормов, полученные в эксперименте № 1 при температурах 22–23 и 25–26°С, приведены на рисунке 3 и в таблицах 3 и 4.

Средние показатели выживаемости были близкими для всех испытанных типов комбикормов. При температуре 22–23°С средняя выживаемость изменялась от 43% (комбикорм КРРАКр-База) и 47% КРРАКр-Хлорелла, до 60% (комбикорма КРРАКр-Гаммарус и КРРАКр-Львинка). В варианте эксперимента с температурой 25–26°С выживаемость оказалась выше в варианте с комбикормом КРРАКр-База (63%) и в варианте с КРРАКр-Львинка (60%), а для вариантов КРРАКр-Гаммарус и КРРАКр-Хлорелла она составила 50%.

За время эксперимента масса особей при температуре 22–23°С в среднем увеличилась в 2,8 раза, а при температуре 25–26°С в 4,2 раза (табл. 3, 4). Из данных, приведенных на рисунке 3, хорошо видно, что более высокая температура способствовала быстрому росту молоди раков. Наблюдаемые различия в массе особей были статистически значимы ($p=0,000007$).

Максимальные средние (табл. 3, 4) и медианные (рис. 3) показатели массы как при температуре 22–23°С, так и при температуре 25–26°С зафиксированы в варианте с комбикормом КРРАКр-Гаммарус. Для этого варианта так же отмечены наиболее высокие

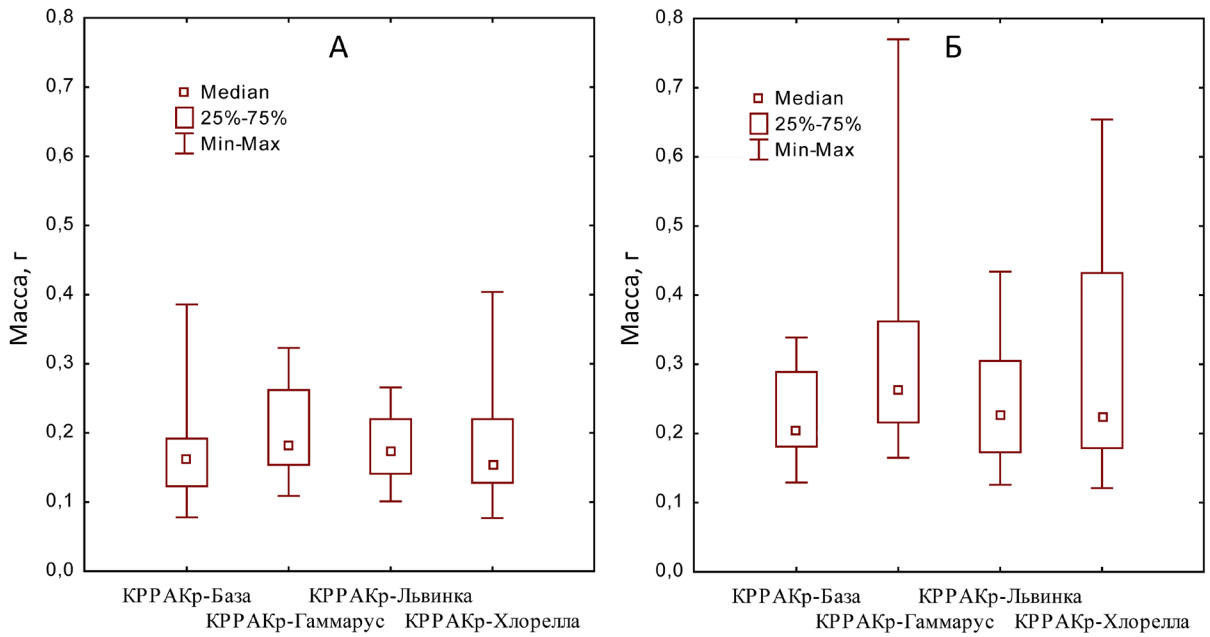


Рис. 3. Масса молоди длиннопалого рака в зависимости от использованных комбикормов при температурах: А – 22–23°С, Б – 25–26°С.

Таблица 3. Результаты выращивания ранней молоди длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus* в эксперименте № 1 при температуре 22–23°С

Показатель	Шифр испытываемых комбикормов			
	КРРАКр-База	КРРАКр-Гаммарус	КРРАКр-Львинка	КРРАКр-Хлорелла
Выживаемость, %	43±6	60±10	60±10	47±15
Длина средняя начальная, мм	13,77±0,32			
Длина средняя конечная, мм	18,77±2,62	20,03±2,17	19,07±2,03	19,21±2,92
Масса средняя начальная, г	0,064±0,005			
Масса средняя конечная, г	0,17±0,08	0,20±0,06	0,175±0,045	0,18±0,08
Прирост массы, г	0,11	0,14	0,11	0,11
Прирост биомассы на емкость, г	0,74±0,21	1,21±0,23	1,05±0,22	0,83±0,44
Затраты корма, г/г	2,24	1,61	1,93	2,17

показатели прироста биомассы и наилучший коэффициент кормовых затрат (табл. 3, 4). Кроме того, именно в варианте с этим комбикормом при температуре 25–26°С отмечены самые крупные особи (рис. 2Б). Вместе с тем необходимо отметить, что наблюдаемые отличия в массе особей между различными вариантами кормления ни при температуре 22–23°С, ни при 25–26°С не были статистически значимы (p=0,55 и p=0,12 соответственно). При температуре 25–26°С раки питались активней и потребляли в 1,5–2 раза больше комбикорма, чем при температуре 22–23°С. В среднем в эксперименте № 1 затраты корма составили около 2 г корма на 1 г живой массы. Такие высокие затраты комбикормов могли быть отчасти обусловлены неточностью учета остатков корма и высо-

Таблица 4. Результаты выращивания ранней молоди длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus* в эксперименте № 1 при температуре 25–26°С

Показатель	Шифр испытываемых комбикормов			
	КРРАКр-База	КРРАКр-Гаммарус	КРРАКр-Львинка	КРРАКр-Хлорелла
Выживаемость, %	63±6	50±12	60±10	50±26
Длина средняя начальная, мм	13,77±0,32			
Длина средняя конечная, мм	21,06±2,03	22,67±2,94	21,10±2,24	22,26±3,89
Масса средняя начальная, г	0,064±0,005			
Масса средняя конечная, г	0,22±0,06	0,32±0,17	0,24±0,08	0,30±0,17
Прирост массы, г	0,16	0,25	0,18	0,23
Прирост биомассы на емкость, г	1,42±0,27	1,58±0,16	1,47±0,29	1,48±0,56
Затраты корма, г/г	2,18	1,92	2,09	2,13

ким уровнем смертности и каннибализма в ряде повторностей эксперимента.

В эксперименте № 1 молодь при всех использованных вариантах комбикормов имела сходную окраску (рис. 4). Интенсивность окраски особей была низкой. Значения координаты *L* (яркостная составляющая) составляли 86±4 (КРРАКр-База), 85±4 (КРРАКр-Гаммарус), 85±5 (КРРАКр-Львинка) и 85±4 (КРРАКр-Хлорелла). В хроматической составляющей преобладали голубые и синие оттенки (рис. 4Д). Статистически значимых различий в яркостной и хроматической составляющих окраски молоди отмечено не было.

В эксперименте № 2 наблюдались существенные различия в окраске особей (рис. 5). Молодь раков, которая в качестве пищи помимо комбикорма КРРАКр-База получала замороженный зоопланктон с доминированием *A. salinus*, имела насыщенную темную, чаще всего бурую окраску (рис. 5А). Молодь, которую кормили исключительно комбикормом, имела светлую голубую или синюю окраску (рис. 5Б). Значения координаты *L* (яркостная составляющая) составляли 53±10 (КРРАКр-База + замороженный зоопланктон с доминированием *Arctodiaptomus salinus*) и 77±9 (КРРАКр-База). Различия показателей хроматической составляющей окраски молоди значительно отличались (рис. 5В). Отличия в хроматических и яркостных показателях окраски особей были статистически значимы ($p<0,00001$).

Выживаемость в эксперименте № 2 оказалась выше в варианте, где часть комбикорма заменили замороженным зоопланктоном с доминированием *A. salinus* – 81%, при использовании исключительно комбикорма КРРАКр-База выживаемость составила – 59%. При этом средняя масса особей напротив была выше в варианте, где молодь кормили только комбикормом – 0,73±0,47 г. При замене части комбикорма на замороженный зоопланктон с доминированием *A. salinus* средняя масса составила 0,62±0,35 г. Однако наблюдаемые различия в массе особей не были статистически значимы ($p=0,49$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Испытанные комбикорма обладали достаточно высокой привлекательностью для молоди рака. Об этом свидетельствует активное поисковое поведение, которое демонтировала молодь после попадания гранул комбикорма в воду. Отсутствие заметных различий в реакции молоди на предложенные варианты кормов указывает на то, что их аттрактивность обеспечивалась компонентами, входящими в базовую рецептуру комбикормов. Комби-

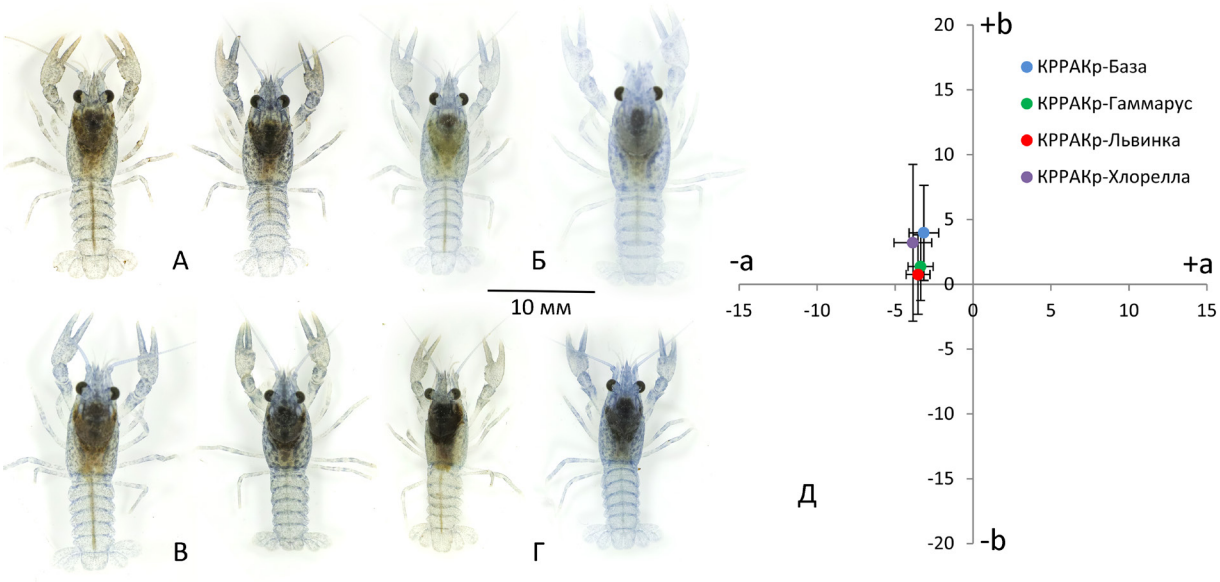


Рис. 4. Влияние комбикормов на окраску молоди длиннопалого рака в эксперименте №1: внешний вид молоди при кормлении комбикормами: А – КРРАКр-База, Б – КРРАКр-Гаммарус, В – КРРАКр-Львинка, Г – КРРАКр-Хлорелла; Д – показатели хроматической составляющей (координаты a и b в цветовом пространстве CIELab) окраски молоди.

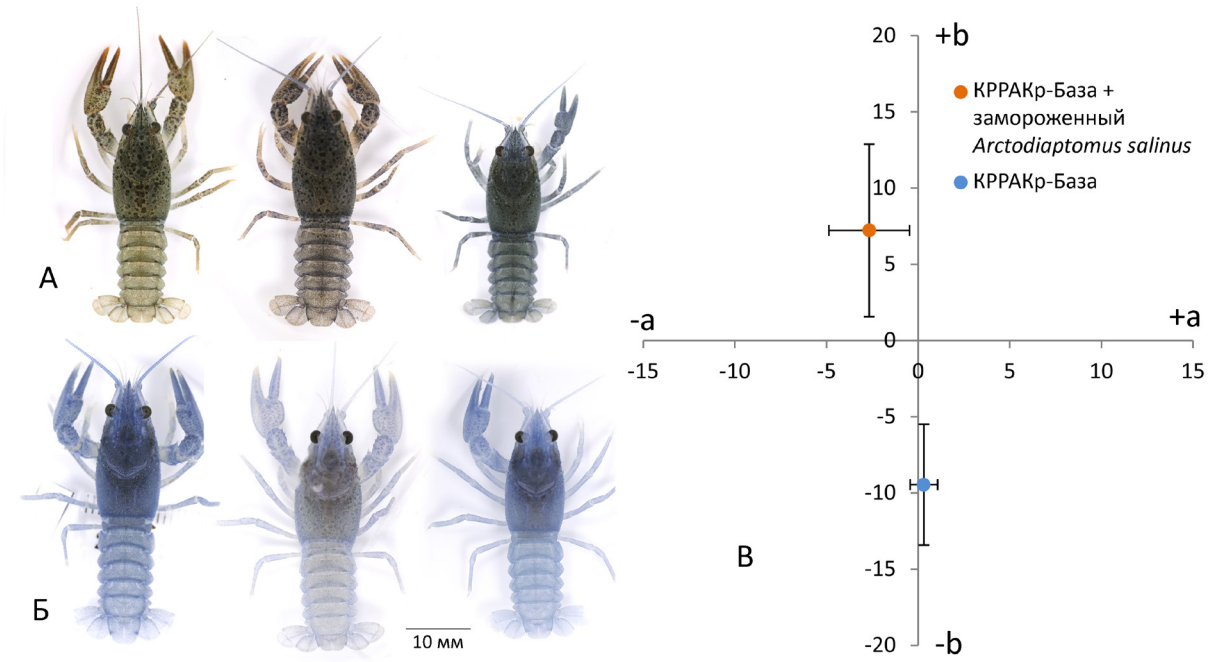


Рис. 5. Влияние частичной замены комбикорма КРРАКр-База замороженным зоопланктоном с доминированием *A. salinus*: А – внешний вид молоди при кормлении комбикормом КРРАКр-База и замороженным зоопланктоном с доминированием *A. salinus*, Б – внешний вид молоди при кормлении комбикормом КРРАКр-База, В – хроматическая составляющая (координаты a и b в цветовом пространстве CIELab) окраски обеих групп.

корм оказывался доступен для раков только после того, как гранулы опускались на дно. Поэтому, отрицательная плавучесть является необходимой характеристикой комбикорма для молоди раков. Недостаточная отрицательная плавучесть комбикорма может приводить к его потерям, как это было в случае с вариантом КРРАКр-Гаммарус в нашем эксперименте. Высокая водостойкость испробованных комбикормов позволяла ракам более эффективно использовать комбикорма в промежутках между кормлениями, что особенно актуально для вечерних кормлений. Размеры гранул экспериментальных комбикормов оказались слишком крупными для ранней молоди. Данный размер гранул может быть использован для кормления молоди по достижению ее массы 0,2–0,4 г.

Большинством исследователей длиннопалый рак рассматривается как эвритермный вид, способный длительное время существовать в диапазоне температур от 4 до 32°С (Souty-Grosset, et. al., 2006). При этом О.И. Мицкевич указывает, что оптимальной температурой для длиннопалого рака является диапазон 19–21°С, а температура верхней границы зоны толерантности является 24–25°С (Мицкевич, 2006). По данным Н.Я. Черкашиной (Черкашина, 2007) оптимальная температура для роста молоди длиннопалого рака находится в диапазоне 18–25°С. Полученные в эксперименте №1 данные показали, что интенсивность питания раков при температуре 25–26°С была выше, чем при температуре 22–23°С. Следствием активного питания стали статистически значимо более высокие показатели роста раков при 25–26°С. Полученные данные свидетельствуют, что температура 25–26°С находится в оптимальном для роста молоди диапазоне.

Исходя из полученных результатов эксперимента №1, можно сказать, что испытанные варианты рецептуры комбикормов не оказывали статистически значимого влияния на выживаемость и рост молоди раков. Полученные данные по выживаемости и темпам роста соответствовали аналогичным результатам других исследователей, тестировавших различные виды кормов (Özdogan, Koca, 2023). Однако наилучшие показатели выращивания отмечены при использовании комбикорма КРРАКр-Гаммарус, в рецепте которого была увеличена доля сухого гаммаруса. Такие результаты могут быть обусловлены большей долей хитина в комбикорме этого типа, что могло оказать положительное влияние на формирование новых покровов особей при линьке, что в свою очередь положительно сказалось на росте и выживаемости молоди.

Окраска молоди раков в конце эксперимента №1 свидетельствует, что содержащихся в комбикормах пигментов оказалось недостаточно для формирования естественной окраски. Особи во всех группах были слабо окрашены с преобладанием голубых, серовато-зеленых оттенков. Низкая интенсивность окраски особей, по-видимому, связана с недостатком в комбикормах астаксантина. Каротиноид астаксантин является наиболее распространенным пигментом десятиногих ракообразных. Он имеет красный цвет, но при взаимодействии с белком крустацианином образует каротино-протеиновый комплекс, который дает различные варианты зеленой и синей окраски (Wade et al., 2012). Несмотря на широкое распространение, сами ракообразные не способны вырабатывать астаксантин и получают его из кормовых объектов (Tlusty et al., 2009) Поэтому при его отсутствии в корме яркую окраску они постепенно утрачивают. Подобная картина наблюдалась нами ранее в экспериментах с белоногой креветкой при использовании комбикормов, предназначенных для прудового выращивания (Борисов и др., 2021). Ярко красная окраска замороженного корма из планктонных ракообразных, использованного в эксперименте №2 в качестве дополнительной подкормки, обусловлена высоким содержанием астаксантина, накапливающегося в организме планктонных ракообразных, что делает их ярко-красными (Bodea et al., 1965). Молодь раков, получавшая в качестве дополнительного кормления замороженный зоопланктон с доминированием *A. salinus*, за время экс-

перимента приобрела яркую насыщенную окраску, характерную для особей из естественных водоемов. Эти результаты подтверждают наше предположение, что уровень каротиноидов в экспериментальных комбикормах оказался недостаточным. Следует отметить, что даже при отсутствии влияния на рост и выживаемость в период культивирования изменение окраски может иметь опосредованный негативный эффект при выпуске молоди в естественную среду. Нарушение окраски может сделать молодь более заметной для хищников и тем самым снизить ее выживаемость.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Протестированные комбикорма по своему составу и физическим качествам в целом отвечают пищевым потребностям молоди раков. Наилучшие показатели выживаемости и роста были зафиксированы при использовании комбикорма с увеличением доли гаммаруса. Тем не менее, содержания пигментов в комбикормах оказалось недостаточным для формирования молодью естественной покровительственной окраски. Несмотря на это, на основании полученных результатов можно рекомендовать испытанные комбикорма для культивирования молоди длиннопалого рака. Для компенсации недостатка пигментов возможна дополнительная подкормка молоди кормами естественного происхождения, богатыми астаксантином. Дальнейшие работы по доработке рецептуры комбикормов могут быть направлены на увеличение и сохранение пигментов, необходимых молоди раков для формирования естественной окраски. Это особенно актуально при культивировании молоди для ее выпуска в естественные водоемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Белорусцева С.А., Лукерин А.Ю. Состояние популяций, запасов и промысла раков в водоемах Алтайского края в период 2010–2021 годов. // Рыбн. хозяйство. 2022. №5. С. 65–68.

Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Артёмов Р.В. и др. Оценка эффекта применения комбикормов с различным уровнем белка для молоди австралийского красноклешневого рака в условиях УЗВ. // Тр. ВНИРО. 2022. Т. 187. С. 128–137

Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Чертопруд Е.С. Биология, воспроизводство и культивирование речных раков. М.: Изд-во ВНИРО, 2011. 96 с.

Борисов Р.Р., Никонова И.Н., Паршин-Чудин А.В. и др. Оценка эффективности методов регулирования окраски белоногой креветки *Penaeus vannamei* в аквакультуре // Тр. ВНИРО. 2021. Т. 183. С. 87–95.

Будников К.Н., Третьяков Ф.Ф. Речные раки и их промысел. М.: Пищепромиздат, 1952. 25 с.

Киселёв А.Ю., Новосельцев Г.Е., Филатов В.И. Технология выращивания молоди раков до массы 1 г в установках с замкнутым водоснабжением. М.: ВНИИПРХ, 1995. 12 с.

Куренков И.И. Питание речного рака // Тр. Московского технологического института рыбной промышленности и хозяйства. 1951. № 4. С. 82–90.

Мицкевич, О.И. Раколовство и раководство на водоемах европейской части России / О.И. Мицкевич (ред.) С. Пб.: ФГНУ ГосНИОРХ, 2006. 207 с.

Румянцев В.Д. Речные раки Волго-Каспия. М.: Пищевая промышленность, 1974. 86 с.

Сафаралиев И.А., Барабанов В.В., Мазникова О.А. Индикаторный подход в качественной оценке состояния запаса длиннопалого рака в реке Волга и ее водотоках (Астраханская область). // Тр. ВНИРО. 2023. Т. 191. С. 25–36.

Черкашина Н.Я. Рост и питание молоди длиннопалого рака *Astacus leptodactylus* (Decapoda, Astacidae) // Зоол. Журн. 1977. Т. LVI. Вып. 5. С. 704–708.

Черкашина Н.Я. Технология получения личинок раков в управляемой среде. Краснодар, 1989. 24 с.

Черкашина Н.Я. Динамика популяций раков родов *Pontastacus и Caspiastacus* (Crustacea, Decapoda, Astacidae) и пути их увеличения. М.: Нацрыбресурс, 2002. 256 с.

Черкашина Н.Я. Сборник инструкций по культивированию раков и динамике их популяций. Ростов-на-Дону: Медиа-полис, 2007. 118 с.

Черкашина Н.Я., Коломыйцева Е.Н., Сыроватка И.В. Комбикорм для раков из рода *Astacus*

// Сб. науч. тр. ВНИПРХ «Биологические основы рационального кормления рыбы». 1986. Вып. 49. С. 186–189.

Ackefors H. The culture and capture crayfish fisheries in Europe // World Aquaculture. 1998. V. 29. № 2. P. 18–24.

Momot W.T. Redefining the role of crayfish in aquatic ecosystems // Reviews in Fisheries Science. 1995. V. 3. № 1. P. 33–63.

Özdogan H.B.E, Koca H.U. Effects of different diets on growth and survival of first feeding second-stage juvenile *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) (Decapoda, Astacidea) // Crustaceana. 2023. V. 96 (7). P. 673–682.

Souty-Grosset C., Holdich D.M., Nol P.Y. et al. Atlas of crayfish in Europe / Paris, France: Museum national d'Histoire naturelle, 2006. 188 p.

Thompson K.R., Metts L.S., Muzinic L.A. et al. Effects of feeding practical diets containing different protein levels, with or without fish meal, on growth, survival, body composition and processing traits of male and female Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) grown in ponds // Aquaculture Nutrition. 2006. V. 12. № 3. P. 227–238. DOI: 10.1111/j.1365–2095.2006.00407.x.

Tlusty M.F., Metzler A., Huckabone S. et al. Morphological colour change in the american lobster (*Homarus americanus*) in response to background colour and UV light // New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. 2009. № 43. P. 247–255.

Wade N.M., Anderson M., Sellars M.J. et al. Mechanisms of colour adaptation in the prawn *Penaeus monodon* // J. Exp. Biol. 2012. V. 215. № 2. P. 343–350.

AQUACULTURE AND ARTIFICIAL REPRODUCTION

DEVELOPMENT AND TESTING OF STARTER COMPOUND FEEDS WITH COMPONENTS BASED ON INVERTEBRATES AND ALGAE FOR THE CULTIVATION OF JUVENILE NARROW-CLAWED CRAYFISH

© 2026 y. R.R. Borisov, I.N. Nikonova, N.V. Kryakhova, Yu.A. Baskakova, A.V. Artemov

State Scientific Center of the Russian Federation «VNIRO», Russia, Moscow, 105187

The aim of the work was to create and test compound feeds with components based on invertebrates and algae for juvenile narrow-clawed crayfish. Two successive experiments were conducted on groups of juvenile narrow-clawed crayfish to test compound feeds produced by Russian Federation Research Institute of Fishery and Oceanography (VNIRO) with different components. In the first experiment, four variants of compound feeds were tested: KRRR-Base, KRRR-Gammarus, KRRR-Lion, KRRR-Chlorella; in the second experiment, two variants of compound feeds were tested: KRRR-Base and KRRR-Base + microplankton. The experiments lasted 30 and 37 days, respectively. At the end of the experiment, the survival rate, growth rate, feeding ratio and color intensity of the juveniles were evaluated. All tested compound feeds have shown high attractiveness for juveniles. The observed differences in height and survival were not statistically significant. During the experiment, the mass of individuals increased by an average of 2,8 times at a temperature of 22–23°C, and by 4,2 times at a temperature of 25–26° C. The best growth results were achieved using compound feed with a higher content of gammarus. The intensity of coloration of the individuals was low when feeding on compound feeds. The second experiment showed that including microplankton in the diet of the juveniles leads to the development of a rich natural coloration. The developed and tested formulations can be used to create starter and production compound feeds for narrow-clawed crayfish.

Keywords: narrow-clawed crayfish *Pontastacus leptodactylus,* formulated feeds, growth, coloration, gammarus, black soldier fly, chlorella.