

Рост и развитие белоногой креветки *Penaeus vannamei* при питании разными типами комбикормов в искусственных условиях

Рисунок 1. Взрослые особи белоногой креветки, *Penaeus vannamei*, выращенные в аквариальной отделе аквакультуры беспозвоночных ФГБНУ «ВНИРО» / **Figure 1.** Adults of white leg shrimp *Penaeus vannamei* being bred in aquaculture department of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography

Д-р. биол. наук **Н.П. Ковачева**;
канд. биол. наук **Р.Р. Борисов**;
И.Н. Никонова –

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»);

канд. биол. наук

Е.С. Чертопруд – Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»);

биологический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ им. М.В. Ломоносова)

@ kovatcheva@vniro.ru;
borisovrr@mail.ru;
ranico@yandex.ru;
horsax@yandex.ru

Ключевые слова:

белоногая креветка, *Penaeus vannamei*, комбикорма, аквакультура, УЗВ

Keywords:

white leg shrimp, *Penaeus vannamei*, mixed fodder, aquaculture, recirculating water system

THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF WHITE LEG SHRIMP *PENAEUS VANNAMEI* WHEN FEEDING WITH DIFFERENT TYPES OF MIXED FODDERS UNDER ARTIFICIAL CONDITIONS

Kovatcheva N.P., Doctor of Science, **Borisov R.R.**, PhD, **Nikonova I.N.** - Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, kovatcheva@vniro.ru; borisovrr@mail.ru; ranico@yandex.ru, **Chertoprud E.S.**, PhD - Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow State University, horsax@yandex.ru

The work evaluated the survival and growth of white leg shrimp *Penaeus vannamei* juveniles in recirculating water systems when feeding with different types of mixed fodders. It is shown that in the early stages of development from 25 to 150 days a fodder with negative buoyancy should be used. A protein content in a fodder between 45 to 57 % does not affect the growth of the white leg shrimp aged from 85 to 150 days. The study found that in order to enhance the color intensity of commercial products, it is necessary to use fodders with high astaxanthin content. When using high-grade fodder for over the 150 days of cultivation, it is possible to obtain individuals with an average weight of 25 g.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших аспектов в технологическом цикле выращивания любых гидробионтов является правильно подобранный состав комбикормов. Тихоокеанская белоногая креветка, *Penaeus vannamei* Воопе, 1931 (рис. 1), – наиболее популярный в аквакультуре вид креветок семейства Penaeidae, выращиваемый по всему миру. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), производство белоногой креветки ме-

тодами аквакультуры превышает 4,15 млн т [1], что составляет более половины всех, выращенных в искусственных условиях, десятиногих ракообразных. Одной из причин такого успеха является низкая потребность в белке (20-35%) взрослых особей белоногой креветки, по сравнению с другими видами креветок [2]. Вместе с тем, для молоди вида, имеющей массу до 1,2 г, потребности в белке значительно выше и могут достигать 50% [3; 11]. Ключевыми характеристиками в рецептуре

комбикормов являются: доля белка, необходимого для роста, и жиров, компенсирующих энергетические затраты [4; 5].

В установках замкнутого цикла водоиспользования (УЗВ) важно максимально точно определить необходимое количество вносимого комбикорма, в отличие от прудов и систем, использующих технологию биофлока, где избыток корма поглощается, а недостаток компенсируется развивающимися сообществами бактерий и простейших. Неполноценное питание в УЗВ может отрицательно сказаться на скорости роста, стрессоустойчивости культивируемых особей, увеличении сроков культивирования и качестве товарной продукции [6; 7], а избыточное внесение корма может привести к быстрому накоплению в воде азотосодержащих метаболитов и органических загрязнений [8]. В настоящей работе оценены рост и развитие молоди белоногой креветки в УЗВ при питании различными типами комбикормов. Предпринята попытка выявить оптимальные характеристики кормов для товарного выращивания вида в условиях замкнутого цикла водоиспользования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе исследований протестированы три комбикорма (рис. 2) с высоким содержанием белка: Gemma Diamond фракции 1,8 производства компании Skretting, Франция; TetraMin Granules и TetraWafer Mix производства компании Tetra, Германия. Комбикорма отличались размером, плавучестью гранул, содержанием белка и липидов (табл. 1). Комбикорма TetraMin Granules и TetraWafer Mix разработаны для аквариумистики и содержат каротиноид астаксантин для увеличения яркости и насыщенности окраски декоративных видов гидробионтов.

В ходе работ выполнено два эксперимента. В первом эксперименте (I) проводилось сравнение кормов Gemma Diamond и TetraMin Granules. Для этого в две ёмкости, объёмом 500 л и площадью дна 1 м², было посажено по 66 особей молоди белоногой креветки в возрасте около 25 сут. с момента перехода на стадию молоди. Комбикорм вносили 7-8 раз в сутки через равные промежутки времени, с ростом молоди число кормлений постепенно сократили – до 2-3 в сутки. В начале эксперимента корм вносили из расчёта 15% от массы особей, в дальнейшем ко-

В работе оценены выживаемость и рост молоди белоногой креветки *Penaeus vannamei* в установках замкнутого цикла водоиспользования, при питании различными типами комбикормов. При выращивании молоди белоногой креветки в возрасте от 25 до 150 суток необходимо использовать корма с отрицательной плавучестью. Содержание белка в корме в пределах от 45 до 57% не влияет на рост белоногой креветки в возрасте от 85 до 150 суток.

В ходе исследования установлено, что для усиления интенсивности окраски товарной продукции необходимо использовать корма с высоким содержанием астаксантина. За 150 суток выращивания, при использовании полноценных кормов, возможно получение особей со средней массой 25 граммов.

личество вносимого корма корректировали, в соответствии с его потреблением. Количество вносимого корма для обоих вариантов, на протяжении эксперимента, было одинаковым. Продолжительность эксперимента составила 60 суток.

Во втором эксперименте (II) проводилось сравнение кормов Gemma Diamond и TetraWafer Mix. В ёмкости объёмом 200 л и площадью дна 0,45 м², было посажено по 12 особей молоди белоногой креветки возраста около 85 сут. с момента перехода на стадию молоди. Комбикорм вносили 2-3 раза в сутки. В начале эксперимента корм вносили из расчёта 6% от массы особей, в дальнейшем количество вносимого корма корректировали, в соответствии с его потреблением. Количество вносимого корма для обоих вариантов на протяжении эксперимента было одинаковым. Эксперимент выполнен в двух повторностях для каждого варианта, его продолжительность составила 65 суток.

В начале и в конце экспериментов у всех особей измерены масса (с точностью до 0,01 г) и длина тела (от концов скафоцеритов до конца тельсона) (табл. 2, 3).

Эксперименты проводили при температуре воды 27,0-30,0°C, pH 7,5-8,0, солёности 12-14‰. Для очистки воды от продуктов азотистого обмена применяли внешние фильтры Eheim 2260. Гидрохимические показатели (NH₄⁺, NO₂⁻ и NO₃⁻) в период проведения экспериментов соответствовали нормативам [9].

Таблица 1. Характеристика комбикормов, использованных в экспериментах / **Table 1.** Characteristics of the fodders used in experiments

Комбикорм	Gemma Diamond	TetraMin Granules	TetraWafer Mix
Производитель	Skretting, Франция	Tetra, Германия	Tetra, Германия
Физические свойства гранул			
Диаметр гранулы, мм	1,8	1,0	6,0-7,0
Масса гранулы, г	0,04	≤0,01	0,06
Плавучесть гранулы	Быстро тонущая	Медленно тонущая	Быстро тонущая
Компоненты, %			
Сырой белок	57	46	45
Сырой жир	15	7	6
Сырая зола	10,5	10	11
Сырая клетчатка	0,2	2	2

Таблица 2. Рост и выживаемость молоди белоногой креветки при использовании комбикормов Gemma Diamond и TetraMin Granules (I) / **Table 2.** Growth dynamics and survival of shrimp juveniles when using Gemma Diamond and TetraMin Granules (I) mixed fodders

Комбикорм	Gemma Diamond	TetraMin Granules
Выживаемость, %	89	91
Длина начальная, мм	25,0±4,0	23,9±3,6
Длина конечная, мм	97,7±14,6	74,9±17,2
Масса начальная, г	0,16±0,09	0,13±0,07
Масса конечная	7,78±2,69	3,73±1,83
Биомасса начальная, г	10,5	8,9
Биомасса конечная, г	451,0	224,0
Градусо-дни	1619	1619
Затраты корма, г	328	327
Прирост, %	291	213
Привес, %	4763	2769
Прирост биомассы, %	4195	2417
Кормовой коэффициент	0,74	1,52



Рисунок 2. Используемые в экспериментах с белоногой креветкой комбикорма: А – Gemma Diamond; Б – TetraMin Granules; В – TetraWafer Mix

Figure 2. Different fodders used in experiments: А – Gemma Diamond; Б – TetraMin Granules; В – TetraWafer Mix



Рисунок 3. Поведение молоди белоногой креветки *Penaeus vannamei* в экспериментальной емкости во время кормления (возраст 30 суток с момента перехода на стадию молоди)

Figure 3. Behavior of white leg shrimp *Penaeus vannamei* in experimental aquarium during feeding (aged 30 days since juvenile)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На протяжении большей части экспериментов молодь креветки (особенно старшего возраста) основную часть времени находилась на дне емкостей и активнее собирала гранулы комбикормов со дна, чем из толщ воды (рис. 3). Захватив комбикорм, креветки могли подниматься в толщу воды (рис. 3, 4).

В обоих вариантах первого эксперимента выживаемость была высокой и составила около 90% (табл. 2). К концу эксперимента, в возрасте молоди 85 сут., при кормлении комбикормом Gemma Diamond, масса составила $7,78 \pm 2,69$ г, что почти в два раза больше, чем в варианте с комбикормом TetraMin Granules – $3,73 \pm 1,83$ грамма. Соответственно кормовой коэффициент для комбикорма Gemma Diamond оказался в два раза ниже и составил 0,74.

Причиной замедленного роста креветок, при использовании комбикорма TetraMin Granules, может быть, как его положительная плавучесть, так и сравнительно низкое содержание белка.

При проведении промеров у некоторых особей отмечалась иммобилизация мышц абдомена, которая приводила к их гибели или побелению части мышечных волокон. Согласно имеющимся литературным данным [6; 7], это явление называется синдромом мышечных спазмов, а его возникновение связывают с низкой устойчивостью особей к стрессу, вызванной дефицитом минералов, неполноценным питанием, снижением уровня кислорода.

Для ответа на вопрос о том, что замедляет рост молоди – пониженное содержание белка в корме или положительная плавучесть, во втором эксперименте был использован корм TetraWafer Mix, имеющий такое же содержание белка как TetraMin Granules, но при этом – отрицательную плавучесть.

Во втором эксперименте статистически значимых отличий в размерно-весовых характеристиках особей, выращенных на комбикормах Gemma Diamond и TetraWafer Mix выявлено не было (табл. 3). Полученные результаты свидетельствуют



Рисунок 4. Поведение молоди белоногой креветки *Penaeus vannamei* в экспериментальной емкости во время кормления (возраст 60 суток с момента перехода на стадию молоди)

Figure 4. Behavior of white leg shrimp *Penaeus vannamei* in experimental aquarium during feeding (aged 60 days since juvenile)

об отсутствии влияния содержания белка в корме в пределах от 45 до 57% и определяющей роли плавуности для потребления кормов и роста белоногой креветки в возрасте от 85 до 150 суток.

Во втором эксперименте особей содержали в черных емкостях при ярком освещении. При содержании в таких условиях окраска особей стано-

вится максимально выраженной [10], что позволило выявить влияние кормов на окраску креветок. Особи, потреблявшие комбикорм Gemma Diamond, не содержащий астаксантина, имели более бледную (голубовато-зеленоватую) окраску (рис. 5Б). Тогда как особи, которых кормили кормом TetraWafer Mix, содержащим астаксантин, имели более темную

Таблица 3. Рост и выживаемость молоди белоногой креветки при использовании комбикормов Gemma Diamond и TetraWafer Mix (II) / **Table 3.** Growth dynamics and survival of shrimp juveniles when using Gemma Diamond and TetraWafer Mix (II) mixed fodders

Комбикорм	Gemma Diamond	TetraMin Granules
Выживаемость, %	75±12	83±12
Длина начальная, мм	85,2±11,4	85,5±11,7
Длина конечная, мм	147,4±7,5	148,0±5,9
Масса начальная, г	5,28±2,15	5,24±2,07
Масса конечная	25,35±3,53	24,99±3,14
Биомасса начальная, г	125,7	126,6
Биомасса конечная, г	456,3	499,8
Градусо-дни	1847±1	1827±1
Затраты корма, г	637	644
Прирост, %	73	73
Привес, %	384	373
Прирост биомассы, %	263	295
Кормовой коэффициент	1,4	1,3

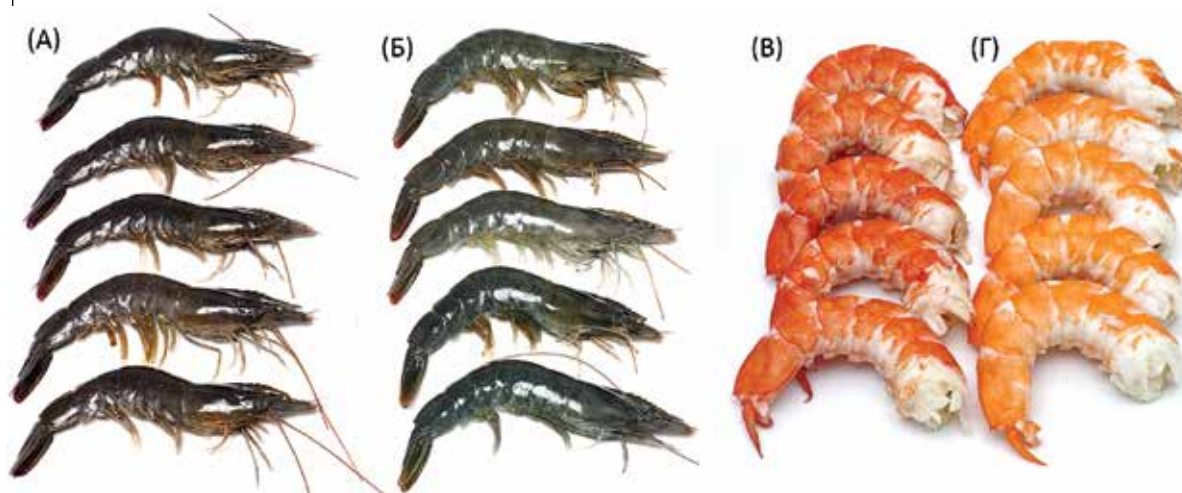


Рисунок 5. Различия в окраске особей и мяса после термической обработки белоногой креветки *Penaeus vannamei* в зависимости от типа использованных кормов: А, В – комбикорм TetraWafer Mix; Б, Г – комбикорм Gemma Diamond

Figure 5. Difference in color and meat appearance after temperature treatment leg shrimp *Penaeus vannamei* in dependence with fodder type: А, В – TetraWafer Mix mixed fodder; Б, Г – Gemma Diamond mixed fodder

буроватую окраску (рис. 5А). В окраске мяса креветок после термической обработки также наблюдались существенные различия (рис. 5В, Г). Мясо креветок, выращенных на комбикорме TetraWafer Mix (рис. 5В), после термической обработки имело более привлекательные цветовые характеристики.

Окраска ракообразных в основном зависит от наличия пигментов каротиноидов – преимущественно астаксантина, однако они не способны сами вырабатывать этот элемент и получают его с кормом [12; 13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выращивании молоди белоногой креветки можно рекомендовать использовать корма с отрицательной плавучестью.

Применение высокоэнергетических кормов с содержанием белка 57% положительно влияет на рост молоди белоногой креветки на ранних стадиях культивирования.

Для увеличения насыщенности цвета товарной продукции при культивировании белоногой креветки необходимо использовать корма с высоким содержанием астаксантина.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Fishery and Aquaculture Statistics. Global aquaculture production 1950-2016 (FishstatJ). In: FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome. Updated 2019. www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en
2. FAO (Food and Agriculture Organization). Introductions and movement of *Penaeus vannamei* and *Penaeus stylirostris* in Asia and the Pacific 2004. Briggs M., Funge-Smith S., Subasinghe R., Phillips M. (Eds.). Bangkok: FAO, 2004. 32 p.
3. Van Wyk P. Nutrition and feeding of *Litopenaeus vannamei* in intensive culture systems. In: Van Wyk P, Davis-Hodgkins M, Laramore R, Main KL, Mountain J, Scarpa J (Eds.) Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems. Chap. 7. Florida: Florida Department of Agriculture and Consumer Services - Harbor Branch Oceanic Institute, 1999. P. 125-140.
4. Kuresh N., Davis D.A. Metabolic requirement for protein by pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Avances en Nutrición

Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 2000. Cruz -Suárez L.E., Ricque-Marie D., Tapia-Salazar M., Olvera-Novoa M.A., Civera-Cerecedo R. (Eds.). Mérida, 2000. P. 161-180.

5. Lee C., Lee K-J. Dietary protein requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in three different growth stages // Fisheries and Aquatic Sciences. 2018. V.21. P.1-6.

6. George E.G.J., Jeyaraj G.P., Arumugham V.R. Effect of Extramin on growth enhancement of white leg shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in low saline semi-intensive pond culture system // International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 2017. V. 5. № 2. P. 479-486.

7. Gunalan B., Soundarapandian P., Anand T., Kotiya Anil S., Simon N.T. Disease occurrence in *Litopenaeus vannamei* shrimp culture systems in different geographical regions of India // International Journal of Aquacultur. 2014. V. 4. № 4. P. 24-28.

8. Hargreaves J.A. Biofloc production systems for aquaculture. SRAC. 2013. № 4503. 12 p.

9. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М: ВНИРО. 1999. 304 с.

9. Perechen' rybohozyajstvennyh normativov: predel'no dopustimyh koncentracij (PDK) i orientirovochno bezopasnyh urovnej vozdejstviya (OBUV) vrednyh veshchestv dlya vody vodnyh ob'ektov, imeyushchih rybohozyajstvennoe znachenie. M: VNIRO. 1999. 304 p.

10. Борисов Р.Р., Печёнкин Д.С., Ковачева Н.П. Формирование окраски и товарный вид гигантской пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii* // Рыбное хозяйство. 2016. №3. С. 60-66.

10. Borisov R.R., Pechyonkin D.S., Kovacheva N.P. Formirovanie okraski i tovarnyj vid gigantskoj presnovodnoj krevetki *Macrobrachium rosenbergii* // Rybnoe hozyajstvo. 2016. №3. S. 60-66.

11. Hung L.T., Quy O.M. On farm feeding and feed management in whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming in Viet Nam // FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. Ser. On-farm feeding and feed management in aquaculture. 2013. № 583. P. 337-357.

12. Latscha T. The role of astaxanthin in shrimp pigmentation // Advances in Tropical Aquaculture. 1989. V. 9. P. 319-325.

13. Tlusty M.F., Metzler A., Huckabone S., Suanda S., Guerrier S. 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. V. 43. P. 247-255.