

ИНТЕНСИВНОСТЬ ВЫДЕЛЕНИЯ АММОНИЙНОГО АЗОТА БЕЛОНОГОЙ КРЕВЕТКОЙ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ СОДЕРЖАНИЯ

КОВАЧЕВА Н.П., БОРИСОВ Р.Р., ЖИГИН А.В., ТЫРИН Д.В., ЗАГОРСКАЯ Д.С., НИКОНОВА И.Н.

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии

Ключевые слова: выращивание белоногой креветки, Penaeus vannamei, азотистый обмен креветок, выделение аммонийного азота, установки с замкнутым водоиспользованием.

В статье представлены результаты определения количественных показателей выделения аммонийного азота белоногой креветкой (Penaeus vannamei) при содержании в искусственных условиях. Установлено, что в отсутствие кормления выделение аммония при температуре воды 27-28°C в среднем составляет 0,15 г/кг живой массы в сутки. При внесении корма в количестве 1,26% от живой массы креветок в сутки, выделение аммония возрастает в 2,7 раза по сравнению с содержанием без кормления. В период линьки креветок выделение ими аммонийного азота возрастает в 1,5 раза, по сравнению с нелиняющими особями. Полученные данные могут быть использованы для расчета параметров биологической очистки воды в УЗВ для выращивания белоногих креветок.

Введение. Одна из задач, которая стоит перед отечественной аквакультурой, – не просто нарастить количественные показатели объема производства, но и добиться изменения видового состава выращиваемых объектов и активнее использовать индустриальные методы.

Ракообразные – группа гидробионтов, технологии выращивания которых в искусственных условиях находятся на стадии непрерывного совершенствования, а спектр их видов в аквакультуре постоянно расширяется. Одним из наиболее популярных и перспективных объектов мировой аквакультуры является белоногая креветка (*Penaeus vannamei*). По данным ФАО [7], объем производства этого вида в мире достиг в 2015 г. 3 879 тыс. т, что составляет более 50% от общего количества выращенных в искусственных условиях десятиногих ракообразных.

Развитие аквакультуры белоногой креветки в России находится на начальном этапе и в силу биологических особенностей вида тесно связано с использованием рециркуляционных установок. Только недавно начали функционировать несколько бассейновых комплексов с замкнутой системой водоиспользования в Средней полосе России, в Санкт-Петербурге и полносистемное креветочное хозяйство в Республике Крым.

Ракообразные являются аммонотеликами, т.е. у них главным конечным продуктом азотистого обмена является аммиак, большая часть которого выделяется через жаберный эпителий. Аммиак (NH_3) – остротоксичное соединение, технологическая норма его содержания в оборотной воде установок с замкнутым водоиспользованием (УЗВ) составляет всего 0,05 мг/л. Свободный аммиак активно взаимодействует с водой, образуя ионизированную форму – NH_4^+ (аммоний), допустимая концентрация ионов которой для ракообразных при длительном содержании в УЗВ составляет 2–4 мг/л [1]. Этим определяется необходимость количественной оценки выделяемого гидробионтами аммония в процессе их жизнедеятельности. Выделение аммонийного азота может быть выражено в виде удельной величины: в пересчете на единицу массы гидробионтов в единицу времени, например, мг/кг в час. В опубликованных научных работах вопрос выделения аммония промышленными ракообразными затрагивался только с точки зрения биохимического механизма этого процесса [6; 8], но количественные оценки выделяемого аммонийного азота отсутствуют. Поэтому, в связи с необходимостью применения УЗВ для выращивания белоногой креветки, определение количественных показателей приобретает особую актуальность.

Целью исследования являлось получение данных по количеству выделяемого белоногой креветкой аммонийного азота на единицу живой массы для последующего использования при расчете необходимых технических параметров применяемой УЗВ.

Методика исследований.

Исследования по определению количества аммонийного азота, выделяемого особями белоногой креветки, проводились в процессе выращивания молоди белоногой креветки *Penaeus vannamei* до товарного размера в 2018-2020 гг. на базе аквариальной отдела аквакультуры беспозвоночных ФГБНУ «ВНИРО» по модифицированной методике, ранее отработанной авторами [2-5].

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

Объектом исследования послужили особи с живой массой 12,10–27,59 г (средняя – $18,98 \pm 4,26$ г). Во время проведения эксперимента креветок содержали индивидуально в пластиковых емкостях с объёмом воды 10 л (рис. 1). Аэрация в экспериментальных емкостях осуществлялась с помощью компрессора-аэратора «Techno Takatsuki HIBLOW HP-80» (Япония) с распылителями воздуха. Использовали воду соленостью 17-18‰, приготовленную на основе морской соли Red Sea CORAL PRO (Израиль), разведённой в водопроводной воде, пропущенной через установку обратного осмоса «Осмо СМВ Рона-250» (Россия). Температура воды поддерживалась в диапазоне 27–28°C.



Рис. 1. Экспериментальные емкости с креветками, установленные в термостатирующем бассейне

Для проведения эксперимента креветок пересаживали из выростной емкости в экспериментальные. Через пять часов в емкостях полностью заменяли воду и отбирали контрольную пробу воды для определения исходной концентрации аммонийного азота. Через 24 ч осуществляли отбор пробы воды для определения изменений концентрации аммонийного азота, после чего выполняли полную смену воды и отбирали вторую контрольную пробу. Через следующие 24 ч осуществляли отбор второй пробы воды для определения изменений концентрации аммонийного азота, после чего выполняли полную смену воды и отбирали третью контрольную пробу. Через следующие 24 ч осуществляли отбор третьей пробы.

В течение первых суток эксперимента корм не вносился, во вторые и третьи – кормление производили 3 раза в сутки комбикормом Tetra WaferMix производства фирмы Tetra (Германия). Состав комбикорма: сырой белок – 45%; сырой жир – 6%; сырая клетчатка – 2%; влажность – 8%. Корм вносили из расчета 0,14 г на каждую креветку за 1 кормление, таким образом, суточная доза корма составляла 0,42 г, т.е. 1,26% от живой массы креветок. Особи съедали корм полностью.

По окончании эксперимента проводили определение массы креветок на электронных весах Kern EW150-3М с точностью до 0,01 мг и их длины от концов скафоцеритов до конца тельсона, с точностью до 1 мм. Определение концентраций общего аммония проводили на спектрофотометре «Analytik Jena Spekol 1300» (Германия) методом Сэджи-Солорзано с использованием фенол-гипохлоритной реакции.

В общей сложности в эксперименте было задействовано 22 особи белоногой креветки. Из них 4 креветки перелиняло в процессе эксперимента.

Статистическую обработку данных выполняли в программе Statistica 6.0 (StatSoft Inc.). Для определения достоверности различий использовали t-критерий Стьюдента для двух связанных групп.

Результаты исследований.

Как уже отмечалось, в ходе проведения эксперимента часть особей белоногой креветки перелиняло. Процесс линьки сопровождается существенными трансформациями, затрагивающими морфологию (происходит сбрасывание старых покровов и существенное увеличение размера), поведение особей и биохимические процессы, в том числе он может оказывать влияние на количество выделяемого особью аммонийного азота. В связи с этим по итогам эксперимента полученные данные были обработаны для двух групп креветок: основная группа или не линявшие в ходе эксперимента особи (18 экз.) и группа перелинявших особей (4 экз.). Это позволило провести предварительное сравнение показателей выделения аммонийного азота особями в период линьки и в межлиночный период.

Данные, полученные по выделению аммонийного азота креветками в отсутствие кормления в первые сутки эксперимента, приведены на рис. 2, 5. Для группы креветок, не линявших в процессе наблюдений, выделение аммония в среднем составило 0,15 г на 1 кг живой массы в сутки, или 2,79 мг на особь в сутки. Для линявших особей показатели были выше почти в 1,5 раза и составили 0,23 г аммония на килограмм живой массы в сутки или 3,73 мг на особь в сутки. Интересным является тот факт, что с увеличением массы особей выделение ими аммонийного азота возрастало не значительно (рис. 2, Б), а в пересчёте на живую массу наблюдалось небольшое снижения показателей (рис. 2, А), что закономерно.

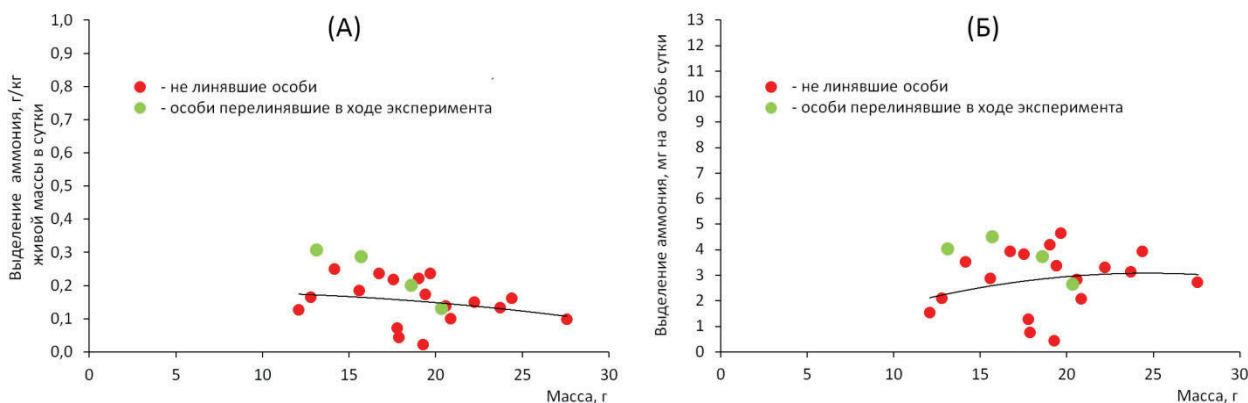


Рис. 2. Выделение аммония белоногой креветкой за первые сутки эксперимента:
А – в пересчете на 1 кг живой массы; Б – одной особью

Внесение корма на вторые сутки опыта послужило причиной статистически значимого увеличения выделения аммония особями (рис. 3, 5). Выделение аммония у особей основной группы (не линявшие) возросло в 2,7 раза до 0,41 г аммония на килограмм живой массы в сутки или 7,56 мг на особь в сутки. Аналогичный рост показателей был отмечен и в группе перелинявших особей, где выделение аммония увеличилось до 0,61 г на 1 кг живой массы в сутки, или 9,91 мг на особь в сутки. Так же, как и в первые сутки эксперимента, наблюдалась тенденция уменьшения выделения аммонийного азота в пересчёте на 1 кг живой массы у более крупных особей (рис. 3, А).

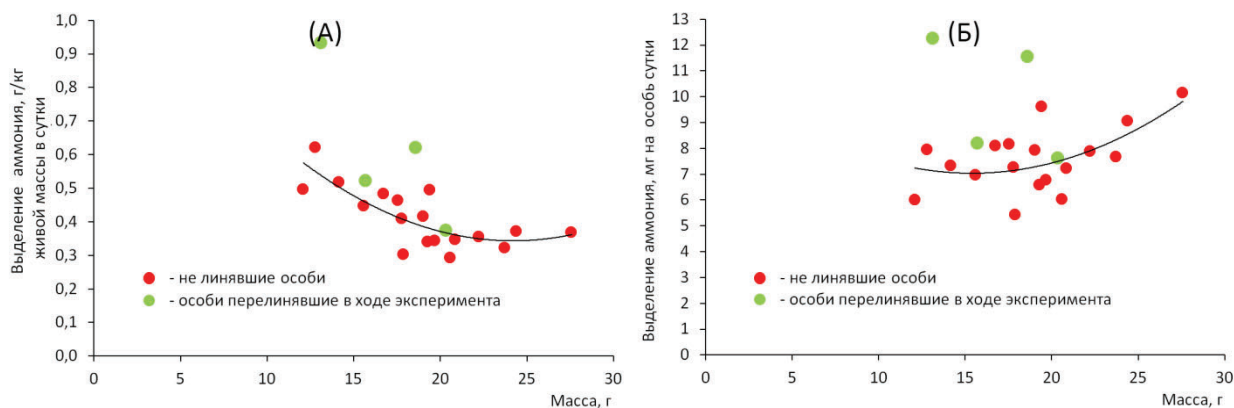


Рис. 3. Выделение аммония белоногой креветкой за вторые сутки эксперимента:
А – в пересчете на 1 кг живой массы; Б – одной особью

На третьи сутки кормление повторили по аналогичной схеме, и величина выделения аммония особями осталась на прежнем уровне (рис. 4, 5). Статистически значимых различий между выделением аммонийного азота особями во вторые и третьи сутки эксперимента зафиксировано не было ($p = 0,94$). Выделение аммония у особей основной группы (не линявшие) составило 0,41 г аммония на 1 кг живой массы в сутки, или 7,58 мг на особь в сутки. Выделение аммония в группе линявших креветок сохранилось на высоком уровне и составило 0,64 г аммония на 1 кг живой массы в сутки, или 10,72 мг на особь в сутки. Так же сохранилась тенденция уменьшения выделения аммонийного азота в пересчёте на массу у более крупных особей (рис. 4, А).

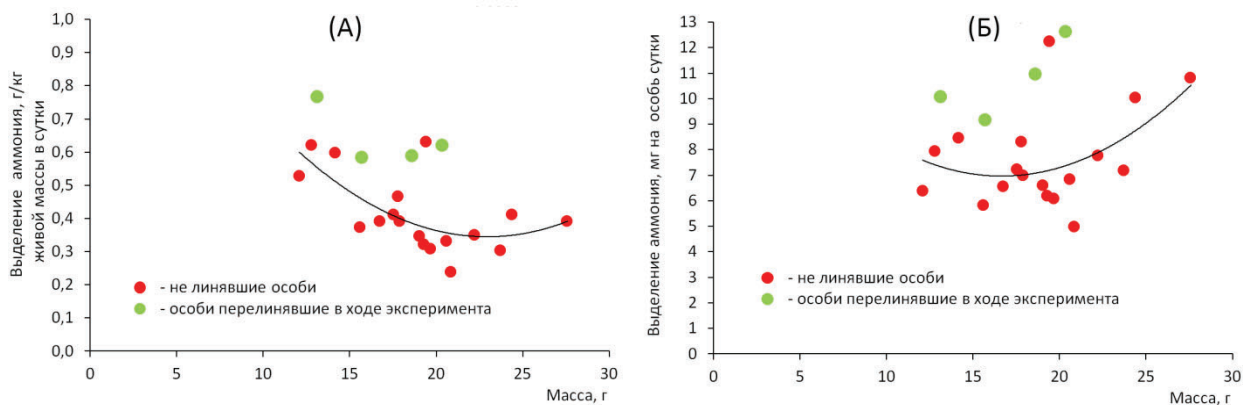


Рис. 4. Выделение аммония белологой креветкой за вторые сутки эксперимента:
А – в пересчете на 1 кг живой массы; Б – одной особью

Учитывая стабильность показателей выделения аммонийного азота на вторые и третьи сутки, можно заключить, что причиной повышения выделения аммонийного азота является внесение корма и потребление его креветками.

Как при внесении корма, так и в его отсутствии выделение аммония линявшими креветками оказалось значительно выше (рис. 5, Б), чем у особей, находящихся в межлиночном периоде (рис. 5, А), что связано с активизацией обменных процессов в организме. Из этого следует, что при содержании креветок в период массовых линек может происходить существенное увеличение аммонийной нагрузки на системы биологической очистки воды. Однако небольшое количество перелинявших в ходе эксперимента креветок (4 особи) не достаточно для статистически обоснованных заключений. В связи с этим для окончательного подтверждения полученных результатов необходимо проведение дополнительных исследований.

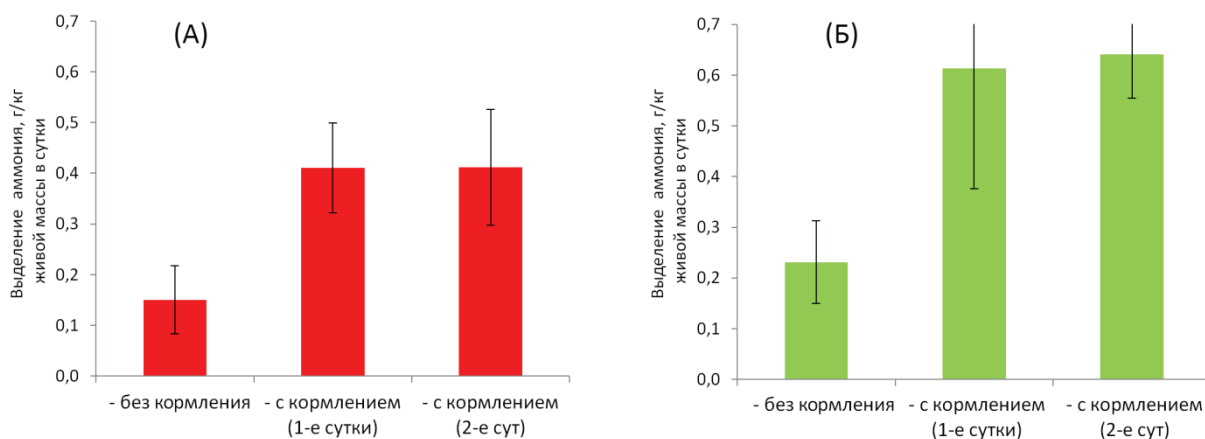


Рис. 5. Средние показатели выделения аммония белологой креветкой в пересчете на 1 кг живой массы: А – не линявшие особи; Б – особи, перелинявшие в ходе эксперимента

Заключение.

Проведённые исследования особенностей выделения аммонийного азота белологой креветкой позволили сформулировать следующие закономерности.

1. В отсутствии кормления выделение аммония особями белологой креветки при температуре воды 27-28°C в среднем составляет 0,15 г/кг живой массы в сутки.

2. При внесении корма в количестве 1,26% от живой массы креветок в сутки выделение ими аммония значительно возрастает (в 2,7 раза) по сравнению с содержанием без кормления.

3. С увеличением массы особи белоногий креветки величина выделения аммония в пересчете на живую массу закономерно постепенно снижается.

4. В период линьки креветок выделение ими аммонийного азота возрастает в 1,5 раза, по сравнению с нелиняющими особями, поэтому в период массовых линек креветок следует ожидать существенного увеличения выделения продуктов азотного обмена и соответствующего роста нагрузки на систему биологической очистки в УЗВ.

Полученные в результате исследований данные могут быть использованы для расчета параметров биологической очистки воды в УЗВ для выращивания белоногих креветок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жигин А.В. Замкнутые системы в аквакультуре. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. – 664 с.

2. Жигин А.В., Тырин Д.В., Арыстангалиева В.А., Ковачева Н.П. Интенсивность дыхания и азотистого обмена у австралийского красноклещевого рака при содержании в искусственных условиях // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2017. – № 2 (31). – С. 45–49.

3. Тырин Д.В. Биотехнические основы содержания камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* и американского омара *Homarus americanus* в установках с замкнутым водоиспользованием: дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 2011, 141 с.

4. Тырин Д.В. Определение количества потребляемого кислорода и интенсивности дыхания производителями колючего краба // Актуальные вопросы развития животноводства в современных условиях: сб. трудов Междунар. науч. конф. – М.: РГАУ-МСХА, 2015. – С. 184–188.

5. Тырин Д.В., Арыстангалиева В.А. Потребление кислорода и интенсивность дыхания гигантской пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii* в искусственных условиях // Аграрная наука. – 2013. – № 2. – С. 25–27.

6. Active ammonia excretion across the gills of the green shore crab (*Carcinus maenas*): participation of Na⁺ + ATPase, V-type H⁺-ATPase and functional microtubules / D. Weihrauch, A. Ziegler, D. Siebers, D.W. Towle // Journal of Experimental Biology. 2002. Vol. 205. P. 2765–2775.

7. FAO. Fishery and Aquaculture Statistics. Global aquaculture production 1950-2015. Online: www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en. Accessed: 18 December 2017.

8. Kormanik G.A., Cameron J.N. Ammonia excretion in the seawater Blue Crab (*Callinectes sapidus*) occurs by diffusion, and not Na⁺/NH₄⁺ exchange / G.A. Kormanik, J.N. Cameron // Journal of Comparative Physiology. 1981. Vol. 141. P. 457–462.

INTENSITY OF AMMONIUM NITROGEN EXTRACTION BY WHITELEG SHRIMP IN ARTIFICIAL CONDITIONS

Kovacheva N.P., Borisov R.R., Zhigin A.V., Tyrin D.V., Zagorskaya D.S., Nikonova I.N.

All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography

Keywords: *cultivation of whiteleg shrimp, *Penaeus vannamei*, nitrogene*

*The article presents the results of determining the quantitative indicators of the release of ammonium nitrogen by whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei*) in artificial condi-*

tions. It was found out that without feeding, the release of ammonium at a water temperature of 27-28 ° C averages 0.15 g/kg of live weight per day. With the introduction of feed in the amount of 1.26% of the live weight of shrimp per day, the release of ammonium increases 2.7 times compared with the content without feeding. During the period of shrimp molting, the release of ammonium nitrogen by them increases by 1.5 times, compared with non-shedding individuals. The data obtained can be used to calculate the parameters of biological water purification in the RAS for growing white-footed shrimps.