

Интенсивность дыхания и азотистого обмена у австралийского красноклешневого рака при содержании в искусственных условиях

УДК 639.517

А. В. Жигин¹ (д.с.-х.н.), Д. В. Тырин¹ (к.с.-х.н.),
В. А. Арыстангалиева², Н. П. Ковачева¹ (д.б.н.)

¹Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии,

²РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,
azhigin@gmail.com

Австралийский красноклешневый рак (*Cherax quadricarinatus*) обладает ценными потребительскими, хозяйственными качествами и является перспективным объектом выращивания. Цель исследований — определение количества потребляемого кислорода и выделяемого аммонийного азота у подрачиваемой молодежи австралийского красноклешневого рака в выявленном ранее оптимальном диапазоне температуры воды 27–29 °С (при среднем её значении 28,2 °С). Эти данные являются определяющими для разработки биотехники выращивания гидробионтов и технических параметров циркуляционных установок для ее осуществления. Работы проводились в условиях аквариальной лаборатории марикультуры ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (г. Москва). В условиях России выращивание этого теплолюбивого вида раков неразрывно связано с использованием установок с замкнутым водоиспользованием (УЗВ). Потребление кислорода и выделение аммония определяли балансовым методом. Установлено, что удельное потребление кислорода при средней массе особи $7,23 \pm 1,62$ г составило $871,1 \pm 273,8$ мг кислорода на 1 кг живой массы в час и снижалась до $427,7 \pm 107,2$ мг/кг в час по мере роста массы особи до $14,81 \pm 3,07$ г. Удельное выделение аммонийного азота не зависело от массы особей в диапазоне 7,64–23,79 г (средняя — $14,18 \pm 4,32$ г) и составила $96,7 \pm 31,12$ мг/кг в сутки (4,03 мг/кг в час). Полученные данные могут быть использованы для расчёта системы жизнеобеспечения (аэрации, водообмена, терморегуляции и биологической очистки воды) при выращивании раков в установках с замкнутым водоиспользованием.

Ключевые слова: австралийский красноклешневый рак, *Cherax quadricarinatus*, подрачивание молодежи, потребление кислорода, выделение аммонийного азота, установка с замкнутым водоиспользованием.

Введение

Работы по освоению австралийского красноклешневого рака (*Cherax quadricarinatus*) как объекта аквакультуры в мире начаты в 80-х годах прошлого века. По сравнению со многими другими ракообразными этот рак характеризуется отсутствием пелагических личиночных стадий развития, высокой скоростью роста (возможность достижения товарной массы за 9 месяцев с момента выхода из икры), неприхотливостью к условиям содержания, а самое главное — относительно низкими агрессивностью и проявлением каннибализма. Длина тела раков может достигать 20–25 см. Вес самцов — до 500 г, самок — до 400 г. Половой зрелости раки достигают в возрасте 7–12 месяцев при длине тела около 6–10 см. Средняя продолжительность жизни — около 5 лет [1, 2].

На территории России в качестве объекта аквакультуры австралийский крас-

ноклешневый рак появился сравнительно недавно, но благодаря перечисленным выше хозяйственно-полезным качествам, вызывает всё больший интерес у специалистов. Для условий нашей страны можно выделить три возможных направления выращивания красноклешневого рака:

- в прудах южных областей России (6 зона рыбоводства) в естественных климатических условиях (летний период);
- в прудах, садках и бассейнах на тёплых водах энергетических объектов;
- в установках с замкнутым водоиспользованием (УЗВ).

При этом все перечисленные направления связаны с применением замкнутых систем для содержания производителей в зимнее время, проведения нереста, инкубации и подрачивания молодежи. Поэтому изучение рыбоводно-биологических особенностей, отработка основных биотехнических принципов и создание технологии искусственного воспроизводства австралийского красноклешне-

вого рака с использованием УЗВ достаточно актуальны.

Наши предварительные исследования показали, что оптимальной температурой, при которой наилучшим образом сочетаются уровень энергозатрат, скорость роста, выживаемость и другие показатели выращивания австралийских красноклешневых раков является диапазон 27,1–29°C.

Дальнейшие исследования были направлены на изучение кислородных потребностей и азотистого обмена молоди раков при подращивании их в условиях УЗВ, так как эти данные являются определяющими для разработки биотехники выращивания особей и технических параметров таких установок.

Ракообразные дышат растворённым в воде кислородом, главным образом через жабры, поэтому содержание его в воде имеет для них первостепенное значение. Кислородные потребности ракообразных подробно рассмотрены в классической работе Л. М. Суцzeni [3] и изучались нами ранее [4–7], однако эти исследования не затрагивали австралийского красноклешневого рака.

Раки являются ярко выраженными аммонотеликами — у них главным конечным продуктом азотистого обмена является аммиак. Большая часть аммиака у них выделяется через жаберный эпителий. Аммиак (NH_3) — остро токсичное соединение и технологическая норма его содержания в оборотной воде УЗВ составляет всего 0,05 мг/л. Свободный аммиак активно взаимодействует с водой, образуя менее токсичное соединение — аммоний (NH_4OH или в ионизированной форме — NH_4^+), допустимая концентрация которого для ракообразных при длительном содержании в УЗВ составляет 0,2–0,3 мг/л. Этим определяется необходимость количественного определения выделяемого раками аммония в процессе их жизнедеятельности (для последующего подбора методов нейтрализации его воздействия).

Потребление кислорода и выделение аммонийного азота могут быть выражены в виде удельных величин: в пересчёте на 1 кг массы гидробионтов в единицу времени, например, мг/кг в час или в сутки.

Цель данной работы заключалась в определении количества потребляемого кислорода и выделяемого аммонийного азота у подращиваемой молоди австралийского красноклешневого рака в установленном ранее

оптимальном диапазоне температуры воды (при среднем её значении 28,2°C).

Материал и методы исследований

Работы проводились в условиях аквариальной лаборатории марикультуры ФГБНУ «ВНИРО» (г. Москва) по методике, ранее отработанной авторами [3]. Объектом исследования являлась молодь одной генерации, полученная от одной пары производителей, завезённых из Астраханской области.

В качестве экспериментальной системы использовали стеклянные аквариумы размерами 50x30x35 см с затемнёнными во избежание дополнительного стресса у раков чёрной полиэтиленовой плёнкой стенками и дном. Объём воды в аквариумах составлял 20 л, глубина — 15 см. Использовались нагреватели воды. При проведении эксперимента по определению кислородных потребностей раков аквариумы были дооборудованы циркуляционными насосами «Tunze 110.04», подававшим воду через шланги на электрод мультипараметрового зонда «YSI-550A». Температуру воды измеряли электронным термометром.

Перед определением уровня потребления кислорода молодь была разделена в зависимости от живой массы на 2 группы по 15 экземпляров. В группу 1 были отобраны особи с массой до 10 г (диапазон — 3,53–9,15 г, средняя — $7,23 \pm 1,62$ г), во вторую — с массой более 10 г (диапазон — 10,63–21,28 г, средняя — $14,81 \pm 3,07$ г). Таким образом, получилась двукратная разница по средней живой массе между группами.

До экспериментов особи содержались в общих аквариумах, в которых поддерживалась аналогичная средняя температура воды. Каждого рака взвешивали и поочерёдно помещали в экспериментальную систему, предварительно измерив начальную концентрацию кислорода (7,5–9,2 мг/л) или аммонийного азота (0,012–0,391 мг/л). После этого поверхность воды закрывали полиэтиленовой плёнкой во избежание диффузионных потерь кислорода и минимизации стресса у рака (в эксперименте по определению потребления кислорода). В ходе эксперимента по изучению кислородных потребностей рака измеряли промежуточные концентрации кислорода в воде и её температуру каждые 15 мин в течение трёх часов. Потребление кислорода вычисляли балансовым методом.

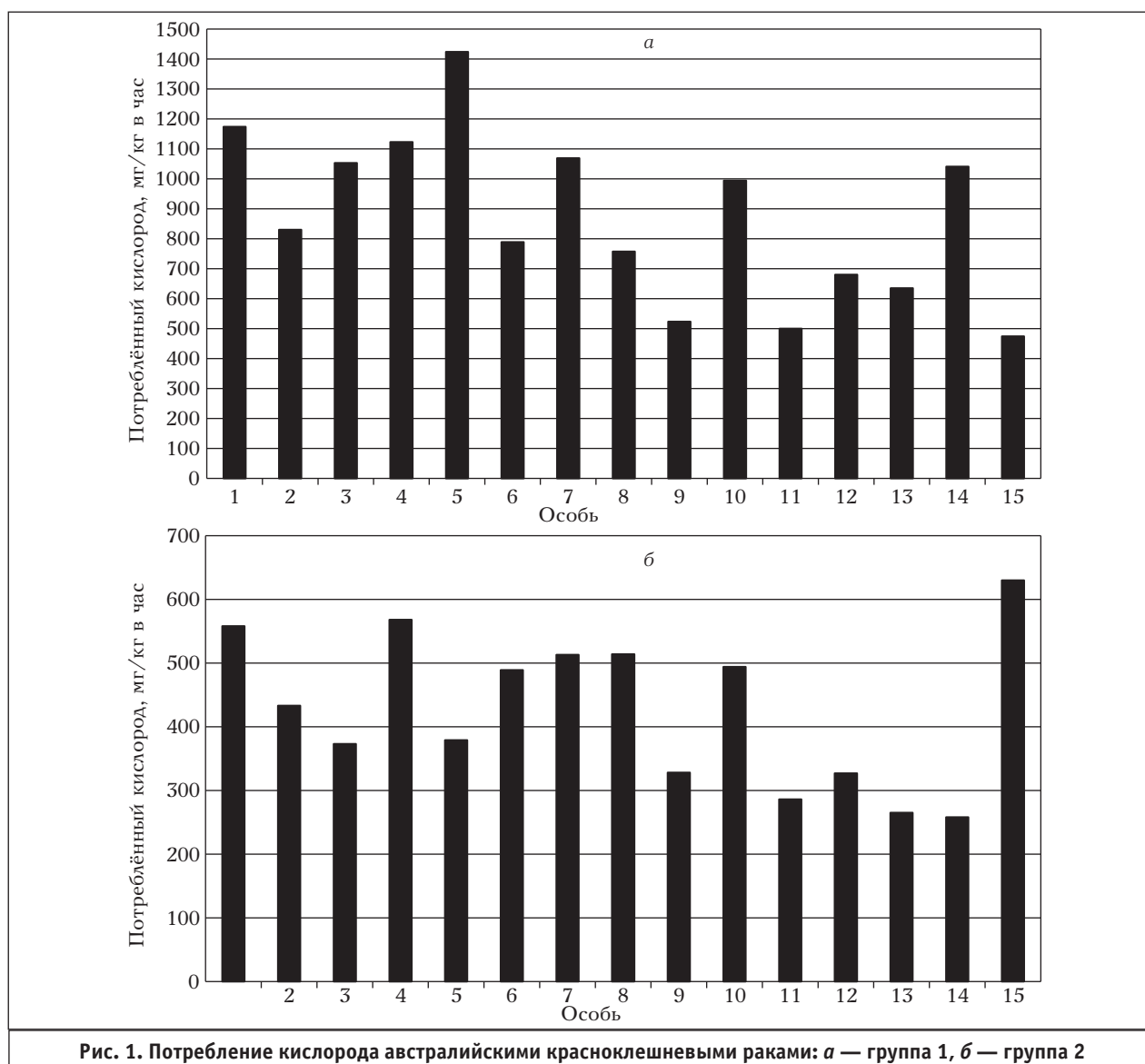


Рис. 1. Потребление кислорода австралийскими красноклешневыми раками: а — группа 1, б — группа 2

Для эксперимента по определению уровня выделения аммонийного азота отобрали 20 молодых особей обоих полов с живой массой 7,64–23,79 г (средняя — $14,18 \pm 4,32$ г). Каждую особь содержали в аквариуме одни сутки без кормления. По истечении суток её помещали в общую циркуляционную установку, отбирали пробу воды из экспериментального аквариума, вновь заливали отстоянную воду и помещали следующую особь.

Определение концентраций общего аммония проводили на спектрофотометре «AnalytikJenaSpekol 1300» методом Сэджи-Солорзано с использованием фенол-гипохлоритной реакции.

Количественные показатели результатов исследований подвергали вариационно-ста-

тистическому анализу с использованием Microsoft Excel 2007. Достоверность различий оценивали на основании критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследований установлено, что удельное потребление кислорода австралийским красноклешневым раком составляет в среднем $871,1 \pm 273,8$ мг кислорода на 1 кг живой массы в час для первой группы и $427,7 \pm 107,2$ мг/кг в час — для второй, т.е. разница между группами получилась двукратной. Данные по отдельным особям представлены на рис. 1.

Разница между группами статистически достоверна при $p=0,05$. Наибольшее по-

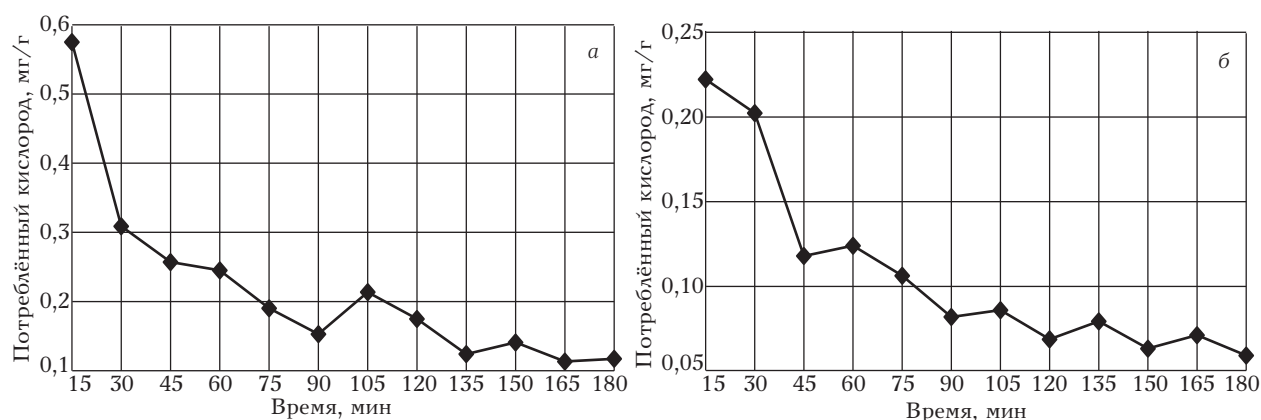


Рис. 2. Интенсивность дыхания у австралийских красноклешневых раков: а — группа 1, б — группа 2

ребление кислорода наблюдалось в первые 45 мин после посадки, а дальше потребление кислорода держалось примерно на одном уровне с тенденцией к снижению (рис. 2, а). Это можно объяснить относительно спокойным состоянием особей после первоначального стресса (они укрывались в углах аквариума, рядом с циркуляционным насосом, его шлангом или зондом оксиметра). У особей из группы 2 кривая интенсивности потребления кислорода более пологая (рис. 2, б), что, возможно, связано с меньшей восприимчивостью к стрессу у более крупных раков.

Результаты исследований по выделению аммонийного азота и накоплению его в обо-

ротной воде экспериментального аквариума представлены в таблице.

Суточное удельное выделение общего аммония вычислялось путём умножения величины прироста концентрации общего аммония на объём воды и деления полученного результата на живую массу рака (рис. 3). Начальный уровень концентрации аммония в воде не влиял на результат эксперимента в пределах измеренных концентраций.

Установлено, что за сутки раки в среднем выделяли $96,7 \pm 31,12$ мг аммонийного азота на 1 кг живой массы. Зависимость выделения общего аммония от массы животного в исследуемом её диапазоне была очень слабо-

Изменение концентраций аммонийного азота в воде				
Номер рака	Живая масса, г	Исходная концентрация, мг/л	Конечная концентрация, мг/л	Величина роста концентрации, мг/л
1	15,335	0,012	0,129	0,117
2	13,825	0,012	0,093	0,081
3	11,709	0,254	0,321	0,067
4	13,247	0,130	0,223	0,093
5	16,830	0,130	0,205	0,075
6	14,852	0,215	0,317	0,102
7	17,089	0,215	0,308	0,093
8	15,474	0,127	0,155	0,028
9	16,071	0,126	0,191	0,065
10	15,252	0,135	0,221	0,086
11	9,953	0,135	0,205	0,070
12	17,525	0,145	0,235	0,090
13	23,792	0,145	0,260	0,115
14	15,533	0,391	0,444	0,053
15	9,465	0,247	0,275	0,028
16	15,609	0,247	0,279	0,032
17	13,842	0,185	0,221	0,036
18	7,638	0,088	0,125	0,037
19	9,149	0,178	0,228	0,050
20	11,380	0,230	0,278	0,048

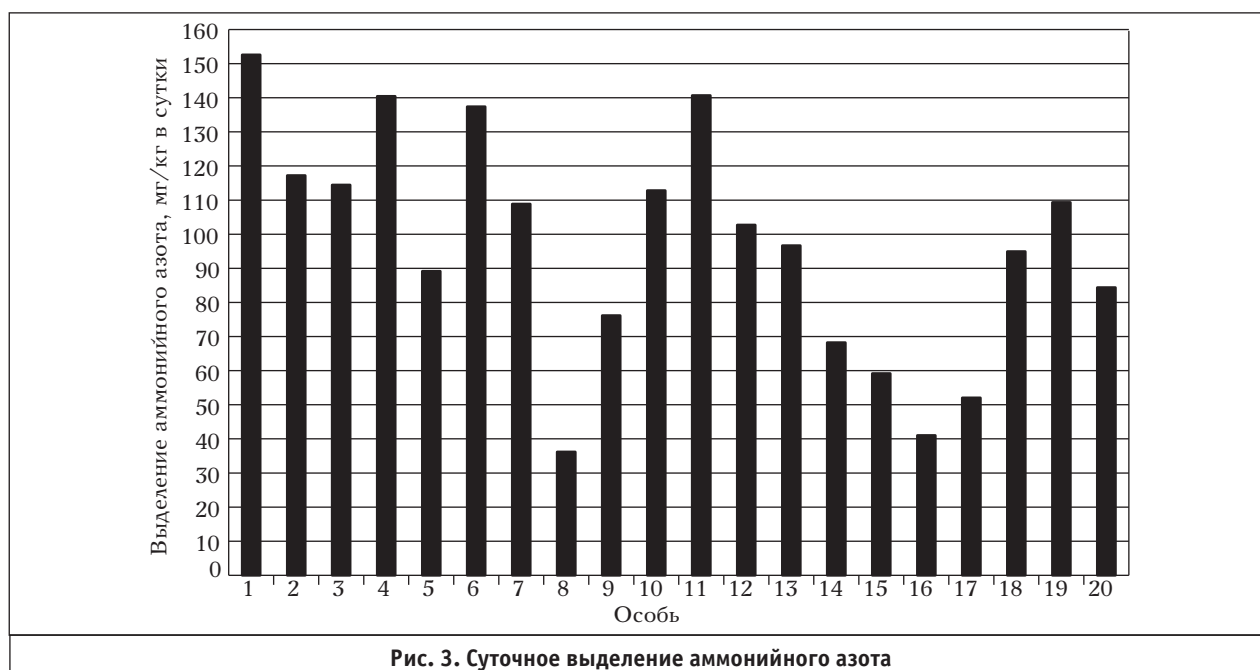


Рис. 3. Суточное выделение аммонийного азота

отрицательная (коэффициент корреляции Пирсона — 0,08276).

Проведённые нами исследования позволили определить средние удельные величины потребления кислорода и выделения аммонийного азота австралийским красноклешневым раком на этапе подращивания молоди до средней массы около 15 г. Полученные данные могут быть использованы для расчёта системы жизнеобеспечения (аэрации и биологической очистки воды) в УЗВ.

Выводы

В оптимальном для подращивания молоди австралийского красноклешневого рака диапазоне температур 27–29°C:

— удельное потребление кислорода при средней массе особи $7,23 \pm 1,62$ г составило $871,1 \pm 273,8$ мг кислорода на 1 кг живой массы в час и снижалась до $427,7 \pm 107,2$ мг/кг в час по мере роста массы особи до $14,81 \pm 3,07$ г.

— удельное выделение аммонийного азота не зависело от массы особей в диапазоне 7,64–23,79 г (средняя — $14,18 \pm 4,32$ г) и составила $96,7 \pm 31,12$ мг/кг в сутки ($4,03$ мг/кг в час).

Литература

1. Борисов, Р.Р. Биология и культивирование австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (VonMartens, 1868) / Р.Р. Борисов, Н.П. Ковачева, М.Ю. Акимова, А.В. Паршин-Чудин. -М.: Изд-во ВНИРО, 2013.- 48 с.
2. Лагуткина, Л.Ю. Новый объект тепловодной аквакультуры — австралийский красноклешневый рак (*Cherax quadricarinatus*) / Л.Ю. Лагуткина, С.В. Пономарев // Вестник АГТУ.- 2008.- № 6 (47).- С. 220-223.
3. Сущенко, Л.М. Интенсивность дыхания ракообразных / Л.М. Сущенко. -Киев: «Наукова думка», -1972. - 195 с.
4. Жигин, А.В. Потребление кислорода гигантскими пресноводными креветками при содержании в искусственных условиях / А.В. Жигин // Материалы и доклады междунар. науч.-практ. конф.: Рациональное использование пресноводных экосистем — перспективное направление реализации национального проекта «Развитие АПК», 17-19 декабря 2007 г. / ГНУ ВНИИР.- М.: Изд-во Россельхозакадемии, 2007.- С. 161-163.
5. Тырин Д.В. Биотехнические основы содержания камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* и американского омара *Homarus americanus* в установках с замкнутым водоиспользованием / Диссертация на соискание учёной степени канд. с.-х. наук // М.: РГАУ-МСХА, 2011.- 141 с.

6. Тырин, Д.В. Потребление кислорода и интенсивность дыхания гигантской пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii* в искусственных условиях / Д.В. Тырин, В.А. Арыстангалиева // Аграрная наука.- 2013.- № 2. -С. 25-27.
7. Romero M.C., Tapella F., Stevens B., Buck C.L. Effects of Reproductive Stage and Temperature on Rates of Oxygen Consumption in *Paralithodes platypus* (Decapoda: Anomura) // Journal of Crustacean Biology.- 2010.- Vol. 30 (3).- P. 393-400.

References

1. Borisov, R.R. Biologiya i kul'tivirovanie avstralijskogo krasnokleshneвого raka *Cherax quadricarinatus* (VonMartens, 1868) / R.R. Borisov, N.P. Kovacheva, M.Ju. Akimova, A.V. Parshin-Chudin. -M.: Izd-vo VNIRO, 2013.- 48 s.
2. Lagutkina, L.Ju. Novyj ob'ekt teplovodnoj akvakul'tury — avstralijskij krasnokleshnevyy rak (*Cherax quadricarinatus*) / L.Ju. Lagutkina, S.V. Ponomarev // Vestnik AGTU.- 2008.- № 6 (47).- S. 220-223.
3. Sushhenja, L.M. Intensivnost' dyhaniya rakoobraznyh / L.M. Sushhenja. -Kiev: «Naukova dumka», -1972. - 195 s.
4. Zhigin, A.V. Potreblenie kisloroda gigantскими presnovodnymi krevetkami pri sodержanii v iskusstvennyh usloviyah / A.V. Zhigin // Materialy i doklady mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: Racional'noe ispol'zovanie presnovodnyh ekosistem — perspektivnoe napravlenie realizacii nacional'nogo proekta «Razvitie APK», 17-19 dekabrja 2007 g. / GNU VNIIR.- M.: Izd-vo Rossel'hoz akademii, 2007.- S. 161-163.
5. Tyrin D.V. Biotehnicheskie osnovy sodержaniya kamchatskogo kraba *Paralithodes camtschaticus* i amerikanskogo omara *Homarus americanus* v ustanovkah s zamknutym vodoispol'zovaniem / Dissertacija na soiskanie uchjonoj stepeni kand. s.-h. nauk // M.: RGAU-MSHA, 2011.- 141 s.
6. Tyrin, D.V. Potreblenie kisloroda i intensivnost' dyhaniya gigantской presnovodnoj krevetki *Macrobrachium rosenbergii* v iskusstvennyh usloviyah / D.V. Tyrin, V.A. Arystangaliyeva // Agrarnaja nauka.- 2013.- № 2. -S. 25-27.
7. Romero M.C., Tapella F., Stevens B., Buck C.L. Effects of Reproductive Stage and Temperature on Rates of Oxygen Consumption in *Paralithodes platypus* (Decapoda: Anomura) // Journal of Crustacean Biology.- 2010.- Vol. 30 (3).- P. 393-400.

A. V. Zhigin¹, D. V. Tyrin¹, V. A. Arystangaliyeva², N. P. Kovacheva¹

¹Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
azhigin@gmail.com

RESPIRATION INTENSITY AND NITROGEN METABOLISM IN REDCLAW CRAYFISH UNDER ARTIFICIAL CONDITIONS

*Redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) has valuable consumer, economic qualities and is a promising object for commercial growing. The purpose of the study was to estimate oxygen amount consumed and ammonium nitrogen released in juvenile Australian redclaw crayfish in previously identified optimal temperature range of 27–29°C (average 28,2°C). These data are significant for biotechnology development of hydrobionts cultivation and technical parameters of circulating plants. The experiment were carried out in aquarium laboratory of mariculture of Russian Research Institute for Fishery and Oceanography (Moscow). Cultivation of crayfish thermophilic species in Russia demands using of installations with closed waters supply. Oxygen consumption and ammonium release were determined by the balance method. The experiment results showed that specific oxygen consumption at average crayfish mass of $7,23 \pm 1,62$ g was $871,1 \pm 273,8$ mg/kg/hour and decreased to $427,7 \pm 107,2$ mg/kg/hour as crayfish mass increased to $14,81 \pm 3,07$ g. Specific ammonium nitrogen released did not depend on crayfish mass in the range 7,64–23,79 g (average $14,18 \pm 4,32$ g) and was $96,7 \pm 31,12$ mg/kg/day ($4,03$ mg/kg/hour). The data obtained can be used to evaluate life support system (aeration, water exchange, thermoregulation and biological water purification) in crayfish cultivation in supplies with closed water system.*

Key words: redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, rearing of juveniles, oxygen consumption, excretion of ammonium, closed water supply.