

В.Ф. КУЛЕШ, А.В. АЛЕХНОВИЧ

**ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ НА РОСТ И ВЫЖИВАЕМОСТЬ ВОСТОЧНОЙ
РЕЧНОЙ КРЕВЕТКИ В САДКАХ НА СБРОСНОЙ ВОДЕ
ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ.**

Восточная речная креветка *Macrobrachium nipponense* (De Naan) является одним из ключевых коммерческих видов и прежде всего в странах Юго-Восточной Азии. Достаточно заметить, что ее товарная продукция, полученная в аквакультуре, составляла приблизительно 50% общей продукции креветок в Китае [18]. По данным статистического бюллетеня ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН) с 2000 по 2007 гг производство восточной речной креветки увеличилось вдвое с 87 100 и до 192 400 т. Культивируемая продукция *M. nipponense* была оценена в 698 миллионов долларов, в то время как аналогичный показатель для гигантской пресноводной креветки *M. rosenbergii* составил 452 US\$ [11, 12]. По другим данным [6] только в 2006г в Китае было выращено 209166 тонн восточной речной креветки. Большие возможности для аквакультуры этого вида пресноводных креветок в умеренной географической зоне открываются с использованием сбросной подогретой воды энергетических объектов [4,5].

По сравнению с тропическими водоемами, где выращивание креветок возможно в течение года, вегетационный сезон для пресноводных креветок в умеренных зонах ограничен 120–150 сутками в течение вегетационного периода. Культура выращивания креветок в умеренной зоне требует особо тщательного подбора оптимальных режимов содержания для и получения рентабельной товарной продукции. Прежде всего, для получения посадочного материала, необходимо наличие послеличинок подходящего размера и количества, а также должна быть

определена соответствующая плотность при различных типах культивирования – выращивание в закрытых емкостях типа бетонных бассейнов, пластиковых лотках, аквариумах, прудово-садковых системах.

Если воздействие плотности посадки на ростовые потенции и выживаемость гигантской пресноводной креветки при различных способах выращивания достаточно хорошо изучено [1–3, 7–10, 15,17,20,21,24], то в отношении других видов рода *Macrobrachum* имеются только отрывочные сведения [16, 22, 25], а для восточной речной креветки таких данных нет. Экстраполировать данные по влиянию плотности на ростовые характеристики у *M. rosenbergii* на восточную речную креветку не представляется корректным, поскольку гигантской пресноводной креветке присуща сложная социальная структура, где преимущественно взаимодействие различных морфотипов самцов определяет скорость роста всей популяции [13, 14, 20, 23].

В этой связи целью данной работы было исследование влияние повышенной плотности посадки молоди восточной речной креветки на рост и выживаемость особей. Эксперименты проводились в садках в пруду на сбросной подогретой воде теплоэлектростанции.

Материал и методика. Молодь восточной речной креветки отлавливали креветколовушками из теплого сбросного канала Березовской ГРЭС в начале июля. Возраст отловленных креветок, считая от начала личиночного периода, составил порядка 1 месяца. Отбирали особей с длиной тела от 17 до 22 мм. Разница размеров особей в 5 мм обусловила довольно широкий диапазон массы тела – 0,042–0,110г. Начальная плотность посадки включала 3 варианта: I – 6, II – 12 и III – 24 экз/садок, что соответствовало 85, 170 и 340 экз/м². Каждый из вариантов плотности производился в 4-х повторностях. Известно, что такая величина начальной плотности посадки для послеличинок гигантской пресноводной креветки соответствует интенсивному и суперинтенсивному методу аквакультуры. Оптимальная плотность посадки для полунинтенсивной культуры не превышает 20 особей на 1м² [19–21]. Садки были помещены в земляной пруд недалеко от того места, где в него постоянно поступала вода из теплого канала водоема-охладителя

Березовской ГРЭС. Садки постоянно омывались проточной водой, что делало их открытой системой и исключало дефицит кислорода, поэтому нами и была выбрана такая высокая начальная плотность посадки.

Каркас садков был изготовлен из нержавеющей стали и представлял собой цилиндр с диаметром дна 30 см и высотой 50 см. Садки обтягивали делью с размером ячеи 0,4 см.

Креветки использовали в пищу в основном естественную кормовую базу, которая развивалась в садках. Примерно раз в 2 недели садки поднимали и вносили в них в качестве подкормки карповый комбикорм около 50-100 г на садок в зависимости от плотности посадки. Период роста длился с 10 июля по 28 сентября 2009г и составил 80 суток. За это время температура в пруду колебалась от 16 до 27°C, содержание кислорода не падало ниже 6,1 мг/л, интервал рН находился в пределах 7,9–8,5.

Изменчивость показателей роста оценивали, используя стандартное отклонение (*s.d.*). В качестве меры изменчивости был взят коэффициент вариации (*c.v.*,%). Удельную скорость весового роста (C_w , сут⁻¹) рассчитывали по формуле:

$$C_w = \ln W_\tau - \ln W_o / \tau \quad (1),$$

где W_τ – конечная масса, мг; W_o – начальная масса, мг; τ – период роста, сутки

Полученный материал обрабатывали с применением программного пакета «STATISTICA–6,0».

Результаты. В табл.1 приведены показатели роста креветок при трех плотностях посадки за 80 суток в закрытых садках, помещенных в земляной пруд. Средняя начальная масса креветок во всех трех вариантах плотности колебалась в пределах 0,077–0,079 г, что соответствовало возрасту примерно в 1 месяц после превращения личинок в стадию «последеличинка». Средние размеры особей статистически не различались. Значения *c.v.* изменялись в пределах 21,8–24,7 % (табл.1), что свидетельствует о некоторой разнородности начальной массы тела во всех вариантах.

На первом этапе продолжительностью 17 суток значения удельной скорости роста закономерно снижались с 0,094 до 0,077 сут⁻¹ с увеличением

плотности (табл.1). В дальнейшем в отрезке 17–80 суток с увеличением массы тела креветок C_w во всех вариантах выращивания имеет близкие величины, снижаясь в итоге до 0,012– 0,013 сут⁻¹.

Таблица 1. Параметры весового роста восточной речной креветки в садках на сбросной подогретой воде Березовской ГРЭС при различной плотности посадки.

Период роста, сутки	Масса тела, г			с.в. ,%	Удельная скорость роста, сут ⁻¹	Количество измерений
	средняя ± <i>s.d.</i>	минимальная	максимальная			
Плотность посадки – 85 экз/м ²						
0	0,078±0,017	0,048	0,100	21,8	–	24
17	0,388±0,159	0,171	0,710	39,0	0,094	22
37	0,618±0,229	0,255	1,132	37,9	0,023	22
80	1,071±0,344	0,485	1,984	32,1	0,013	21
Плотность посадки – 170 экз/м ²						
0	0,077±0,019	0,042	0,110	24,7	–	48
17	0,327±0,149	0,080	0,620	45,5	0,085	36
37	0,565±0,234	0,140	1,050	41,4	0,027	31
80	0,948±0,481	0,240	2,220	50,7	0,012	26
Плотность посадки – 340 экз/м ²						
0	0,079±0,017	0,044	0,110	22,3	–	96
15	0,293±0,106	0,050	0,528	36,8	0,077	55
37	0,458±0,193	0,137	1,055	42,1	0,022	49
80	0,785±0,467	0,181	2,345	59,5	0,013	33

Как видно из табл. 1 при плотности посадки 85 экз/м² средняя масса тела к концу эксперимента в 1,4 раза выше в сравнении с креветками, которые выращивались при плотности посадки 340 экз/м². В тоже время диапазон колебаний размеров особей был максимальным у креветок, которые

выращивались при максимальной плотности, что и отражается динамикой коэффициента вариации. Если при плотности посадки 85 экз/м² этот показатель мало изменяется, находясь в пределах 32,1–39,0%, то при увеличении плотности наблюдается его увеличение. При самой высокой плотности посадки к концу эксперимента с.в. составил 59,5%.

Анализ ростовых показателей выявил, что через 17 суток статистически достоверные различия средней массы отмечаются между крайними значениями плотности, т.е. I и III вариантом ($t=3,057$; $p=0,0031$), через 37 суток – между I и III ($t=3,047$; $p=0,0033$), между II и III ($t=2,215$; $p=0,030$), а через 80 суток только между I и III ($t=2,416$; $p=0,019$) (рис.1).

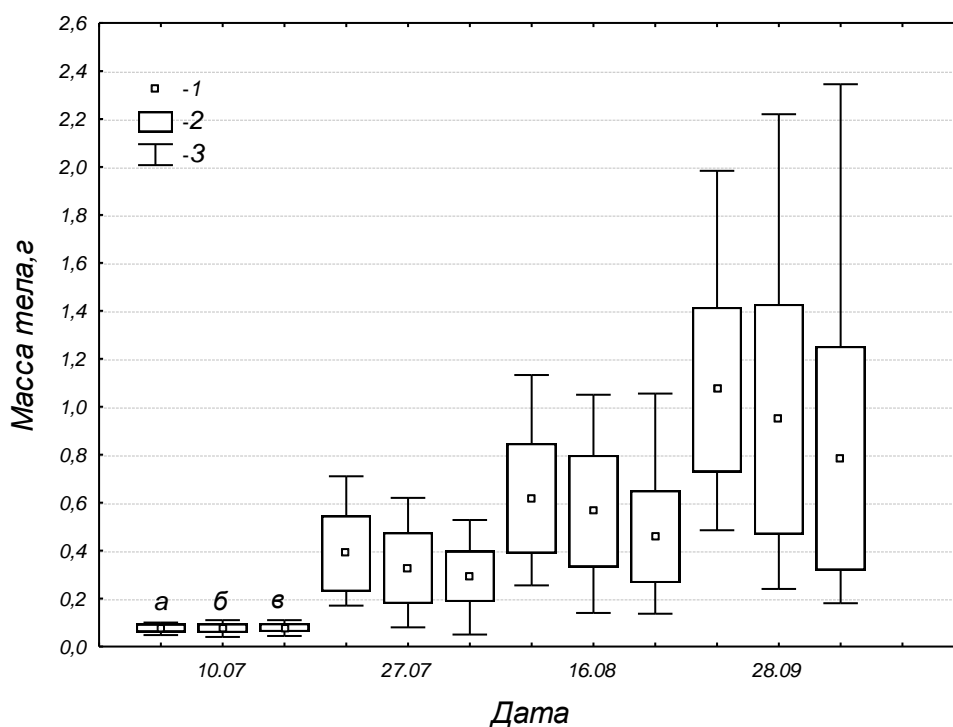


Рис. 1. Статистические показатели роста восточной речной креветки в садках при различной плотности посадки. 1– средняя масса, 2– стандартное отклонение (*s.d.*), 3– минимальное и максимальное значение; а– начальная плотность посадки – 85 экз/м², б – 170 экз/м², в– 340 экз/м².

Рост молоди восточной речной креветки при садковом содержании и различной плотности посадки может быть описан уравнением линейной регрессии типа:

$$W = a + b\tau, \quad (2)$$

где a и b – константы; W – масса тела, г; τ – продолжительность роста, сутки (рис.2). Численные значения параметров уравнений приведены в табл. 2.

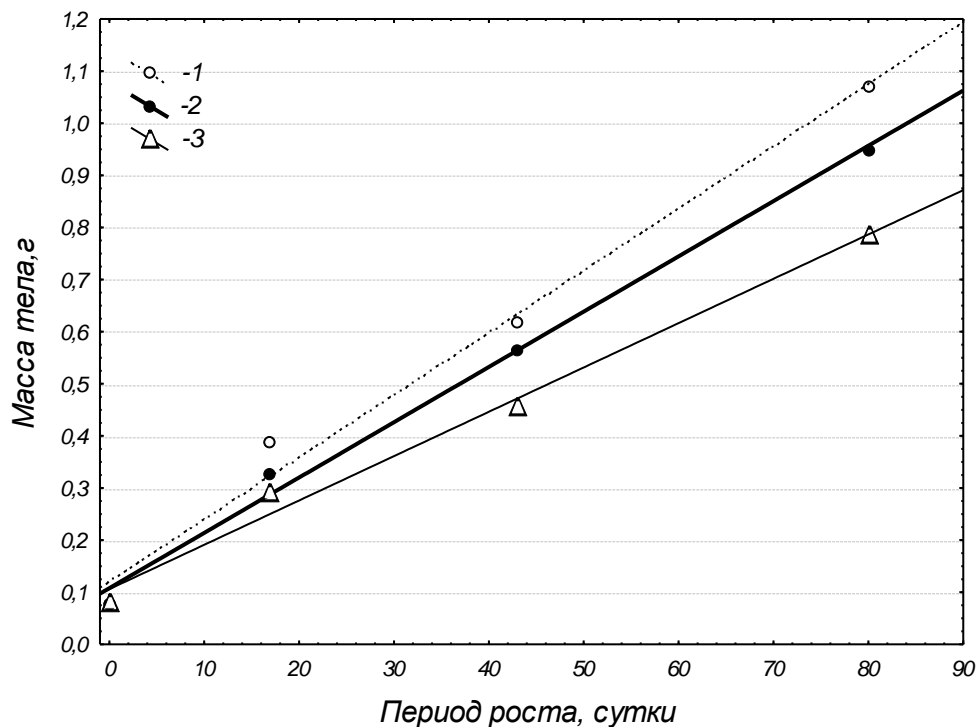


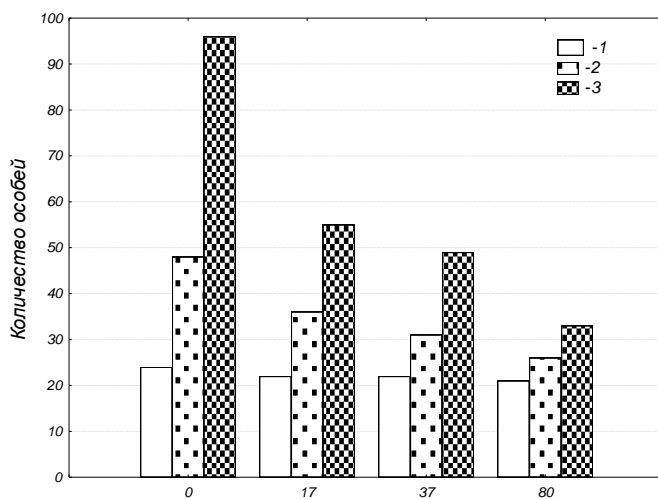
Рис. 2. Весовой рост восточной речной креветки в садках при различной плотности посадки. 1– плотность посадки – 85 экз/м², прямая согласно уравнения (3); 2 – 170 экз/м², прямая согласно уравнения (4); 3– 340 экз/м², прямая согласно уравнения (5).

Таблица 2. Параметры уравнений связи массы тела восточной речной креветки с продолжительностью выращивания при различной плотности посадки

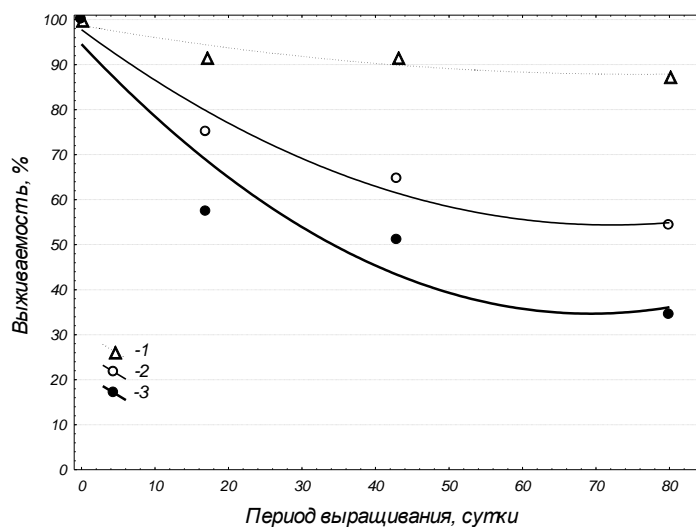
Плотность, экз/м ²	Диапазон массы тела, г	a	b	R^2	n	№ уравнений
85	0,078-1,071	0,1209	0,0119	0,988	21-24	3
170	0,077-0,948	0,1079	0,0106	0,994	26-48	4
340	0,079-0,785	0,1060	0,0085	0,989	33-96	5

В процессе роста при повышенных плотностях важное значение приобретает анализ выживаемости. Как видно из рис. 3а при плотности 85 экз/м² количество

особей за весь ростовой период изменилось очень незначительно. Через 17 суток выживаемость снизилась всего лишь до 91,7% в течение месяца, оставаясь на том же уровне, и к 80 суткам достигла 87,5% (рис.3.б). Более резко снизилась численность креветок при плотности посадки 170 и 340 экз/м². В последнем варианте уже через 17 суток суммарное количество молоди в садках уменьшилось почти в 2 раза (с 96 особей до 55 особей). Величина выживаемости за этот период снизилась до 57,3%. Интересно отметить, что к концу эксперимента количество креветок в садках при различной плотности посадки почти сравнялось составив для I II и III вариантов 21, 26 и 33 экземпляра соответственно (рис.3а). Таким образом, за 80 суток выращивания в садках при плотности посадки от 85 до 340 экз/м² выживаемость колебалась от 87,5% до 34,4%.



а



б

Рис. 3. Динамика численности (а) и выживаемости (б) восточной речной креветки в садках при различной плотности посадки. 1– плотность посадки 85 экз/м², 2 – 170 экз/м², 3– 340 экз/м²

Обсуждение. Плотность посадки в наших экспериментах выше, чем традиционно используемая для прудовой и садковой аквакультуры [1,5,19]. При сравнении с имеющимися данными по росту восточной речной креветки можно констатировать, что удельная скорость роста в первом и втором варианте плотности в возрасте, примерно, до 40 суток была близка к значению этого показателя для креветок такого же возраста, выращиваемых в садках при средней плотности посадки 36,7 экз/м² [5]. На последнем отрезке роста в 37–80 суток C_w в 2 раза ниже, чем при начальной плотности посадки в 36,7 экз/м² и ниже, чем при 33,3 экз/м² в экспериментах при и питании различными видами корма (личинки хирономид, брюхоногие моллюски, отходы карпового комбикорма) [5].

В сравнительном аспекте приведем имеющиеся литературные данные по влиянию плотности на рост и выживаемость близких по размерам других видов рода *Macrobrachium*. Близкие результаты были получены в экспериментах при исследовании влияния плотности посадки молоди креветки *M.nobilii*, которую выращивали в резервуарах на различных субстратах: песок, галька и галька с убежищами. Хотя плотность посадки была значительно ниже, чем в наших исследованиях (22, 38 и 77 экз./м²), ход кривых выживаемости, был аналогичен нашим результатам и диапазон изменчивости массы тела был более широким при высокой плотности [16]. В наших исследованиях максимальный коэффициент вариации (59,5%) был характерен также для самой высокой плотности посадки. Данный факт свидетельствует об увеличении изменчивости массы креветок с ростом плотности выращивания последних, что, очевидно, связано с более жесткими конкурентными отношениями и подавлением доминирующими особями креветок меньших размеров, прежде всего в борьбе за пищевые ресурсы, как это было установлено И. Карплусом [13] для гигантской пресноводной креветки.

Такие же данные были получены при исследовании воздействия плотности на рост и потребление корма пресноводной креветкой *M. lanchestery*. Показано, что стрессовое воздействие плотности негативно сказывается на уровне потребления корма, и, как следствие, наблюдается уменьшение среднесуточного прироста, снижаются коэффициенты K_1 экологической и чистой K_2 эффективности роста, линьки становятся редкими и беспорядочными [22].

В пластиковых бассейнах был исследован рост и выживаемость молоди *M. lamarrei* при плотности посадки от 100 до 350 экз/м² за 60 суток выращивания [25]. Так же как и для наших экспериментов, были получены аналогичные величины удельных скоростей роста. Показано, что масса тела статистически достоверно снижается с увеличением плотности, а величина продукции наоборот увеличивается с возрастанием плотности (ее максимальное значение 0,59 г/м² было получено при плотности 350 экз/м²). Величина выживаемости при минимальной плотности 100 экз/м² за 60 суток составила 81,7%, что несколько наших данных, полученных при выращивании молоди восточной речной креветки при плотности 85 экз/м² в течение 80 суток.

Достаточно сложно произвести оценку наших данных с аналогичными показателями для гигантской пресноводной креветки – вида с более высокой скоростью роста, другой размерной и социальной структурой популяции. Но попытаемся хотя бы приблизительно оценить результаты культивирования молоди гигантской пресноводной креветки в больших садках (площадь дна 2,5 м²), размещенных в тропическом озере на Филиппинах при различной плотности посадки в сравнительном аспекте с нашими данными по выращиванию восточной речной креветки в садках на сбросной воде теплоэлектростанции. Также как и в нашем исследовании одновозрастные (одномесечные, начальная масса 0,40±0,10г) ювенильные особи гигантской пресноводной креветки выращивали в течение 5 месяцев при плотности посадки 15, 30, 60 и 90 экз/м² [9]. В каждый большой садок снабжался двумя убежищами в виде гофрированной, полиэтиленовой сети. Креветок ежедневно кормили сбалансированным креветочным кормом (36% белка). Различие

в средней массе тела начали проявляться после месяца выращивания, в отличие от наших исследований, где уже на 17 сутки (табл.1, рис.1) рост становится дифференцированным. К трем месяцам креветки, которых содержали при плотности 15 экз/м² достигли массы 10 г. Также как и для восточной речной креветки статистически значимые различия в массе тела наблюдаются у особей при плотности посадки между крайними вариантами. Во всех вариантах плотности уже через 15 суток зарегистрировано резкое снижение величины выживаемости до 80-85%. В нашем же эксперименте резкое снижение выживаемости было характерно только для особей с повышенной плотностью 170 и 340 экз/м². Через 90 суток максимальная величина этого показателя при плотности посадки 15 экз/м² оказалась равной примерно 75% (цифра взята с рисунка), что ниже, чем в нашем эксперименте, возможно, это связано более высоким ростом и возникновением жестких конкурентных отношений между самцами гигантской пресноводной креветки. В остальных вариантах плотности величина выживаемости находится в пределах 50-65%.

Таким образом, эксперименты по выращиванию молоди в садках на сбросной воде показали, что садок - как открытая система, где происходит постоянный обмен водной среды и удаление метаболитов, выдерживает более высокую плотность посадки креветок чем в закрытых системах. С дальнейшей разработкой биотехники: использование дополнительных субстратов, селективное изъятие быстрорастущих особей, использование местных видов корма садковое культивирование молоди пресноводных креветок с целью подращивания послеличинок до стадии «посадочный материал» составит реальную альтернативу закрытым системам – бассейнам, лоткам и т.п. Для получения посадочного материала с высокими показателями массы тела и приемлемым уровнем выживаемости не рекомендуется начальную плотность посадки ювенильных креветок в садках увеличивать более чем 100 экз/м².

Литература

1. А л е х н о в и ч А. В., П а н ю ш к и н С. Н. // Докл. АН СССР.1991.Т. 321, № 3. С.626–628.
2. К у л е ш В. Ф. // Гидробиол. ж. 1996. Т. 32, № 4. С. 10–16.

3. Кулеш В. Ф., Гигиняк Ю. Г. Тез. докл. V Всесоюзн. конф. по промышленным беспозвоночным, г. Минск (Нарочь), 9-13 окт. 1990. М. 1990. С. 55–56.
4. Хмелева Н. Н., Гигиняк Ю. Г., Кулеш В. Ф. Пресноводные креветки. М. Агропромиздат. 1988. С.1–128.
5. Хмелева Н. Н., Кулеш В. Ф., Алехнович А. В., Гигиняк Ю. Г. Экология пресноводных креветок. Мн. Беларуская навука. 1997. С. 1–256.
6. Bellona s Aquaculture Web site. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bellona.org/aquaculture>. Дата доступа 18.11.2009.
7. Cohen D, Ra'anan Z. // Aquaculture. 1983. Vol.35. P 57–71.
8. Coyle S, Dasgupta S, Tidwell J., Van Arnum A., Bright L. // J. Appl. Aquacult. 2003. Vol. 14, No 1–2. P. 137–148.
9. Cuvin–Aralar M. L., Aralar E. V., Laron M., Westley R. // Aquacult. Res. 2007. Vol 38. P.288–294.
10. Daniels W. H., D' Abramo L. R. // Aquaculture. 1994. Vol. 122, P. 33–45.
11. F A O F i s h s t a t P l u s : Universal Software for Fishery Statistical. Time Series . Version 2.32. Issued 11.03.2008. Rome.FAO.
12. F A O F i s h s t a t P l u s : Universal Software for Fishery Statistical. Time Series . Version 2.32. Issued 02.03.2009. Rome.FAO.
13. Karpus I. // Aquacult. Res. 2005. Vol. 36. P. 238–254.
14. Kuris A., Ra'anan Z., Sagi A., Cohen D. // J. Crustac. Biol. 1987. Vol.7, No 2, P.219–237.
15. Lan L., Long D., Micha J. // Aquacult. Res. 2006. Vol. 37. P. 1297–1304.
16. Mariappan P., Balasundaram C. // J.Appl. Aquacult. 2004. Vol.15, No 3–4. P.51–62.
17. Marques H., Lombardi J., Brook M. V // Aquaculture. 2000. Vol.187. P.127–132.

18. M i a o W., G e X. // Aquaculture Asia. 2002. Vol. VII, No 1. P. 9–12.
19. N e w M. Farming freshwater prawns: a manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). FAO Fisheries Technical Paper. Rome. 2002. No 428. P.1–212
20. N e w M., V a l e n t i W. Freshwater Prawn Culture. Blackwell Science. Oxford. 2000. P. 1–443.
21. N e w M., S i n g h o l k a S. Freshwater prawn farming. A manual for the culture of *Macrobrachium rosenbergii*./ FAO Fisheries Technical Paper. Rome. 1982. No 225. P. 1– 116.
22. P o n n u c h a m y R., R e d d y S., K a t r e S. // Proc. Indian Acad. Sci. (Anim. Sci.). 1984. Vol 93, No 6. P.517–525.
23. S a g i A., R a ' a n a n Z. // J. Crustac. Biol. 1988. Vol.8, No 1. P.43–47.
24. S a n d i f e r P., S m i t h T. // Proc. World. Maricult. Soc. 1975. Vol 6. P. 43–53.
25. S i n g h H., Q u r e s h i T. Pakistan J. Zool. 1997. Vol. 29.No 2. P. 101–105.

Белорусский государственный
педагогический университет
им. Максима Танка, г. Минск

Научно производственный центр НАН Беларуси
по биоресурсам, г. Минск