

УДК 595.384.12:639.512

С.В. Статкевич\*

Институт биологии южных морей,  
299011, г. Севастополь, просп. Нахимова, 2**ПЛОДОВИТОСТЬ ГИГАНТСКОЙ ПРЕСНОВОДНОЙ КРЕВЕТКИ  
*MACROBRACHIUM ROSENBERGII* (DECAPODA: PALAEMONIDAE)  
В УСЛОВИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ**

Определены начальная реализованная плодовитость, конечная реализованная плодовитость и относительная реализованная плодовитость гигантской пресноводной креветки. Первые две прямо пропорционально зависят от длины и массы тела самки. Установлено, что начальная реализованная плодовитость в диапазоне линейных размеров самок 7,7–14,3 см и массы 5,15–38,40 г возрастает от 3071 до 54692 шт. яиц в одной кладке, а конечная реализованная плодовитость в диапазоне линейных размеров самок 7,5–14,2 см и массы 5,30–38,10 г варьирует от 678 до 39925 шт. яиц в одной кладке. Исследованы основные параметры яиц гигантской креветки на всех этапах эмбриогенеза. В процессе зародышевого развития происходит увеличение линейных размеров (в 1,5 раза) и массы (в 2,1 раза) яиц.

**Ключевые слова:** гигантская пресноводная креветка, *Macrobrachium rosenbergii*, эмбриогенез, плодовитость, выживаемость эмбрионов.

**Statkevich S.V.** Fecundity of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda: Palaemonidae) in conditions of aquaculture // Izv. TINRO. — 2015. — Vol. 182. — P. 242–248.

Giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* is one of the most prospective species of Decapoda for artificial reproduction. It is cultivated mostly in the areas with subtropical and moderate climate, but rare is grown to the maximal size. Investigations for improvement the biotechnological process of this species cultivation were conducted in Crimea in 2010–2013, in particular for the stage of early ontogenesis. In total, 245 individuals were used in the experiments. The embryonic development was divided into 5 stages. The eggs were taken from pleopods of vital females and observed by microscope with measurements by ocular micrometer and weighting. Initial realized fecundity (IRF) and finite realized fecundity (FRF) were determined by the weight method. IRF for the females with length 7.7–14.3 cm and weight 5.2–38.4 g was 3071–54692 eggs in one clutch; FRF for the females with length 7.5–14.2 cm and weight 5.3–38.1 g was 678–39925 eggs in one clutch. Both IRF and FRF increased with the length and weight of females increasing. During embryonic development, the eggs grew in 1.5 times in size and 2.1 times in weight. The volume of the eggs ovulated and just laid to pleopods was 0.08 mm<sup>3</sup> under the temperature 24 °C and 0.06 mm<sup>3</sup> under the temperature 28 °C.

**Key words:** giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, embryogenesis, fecundity, embryo survival.

\* Статкевич Светлана Вячеславовна, младший научный сотрудник, e-mail: statkevich.svetlana@mail.ru.

Statkevich Svetlana V., junior researcher, e-mail: statkevich.svetlana@mail.ru.

## Введение

Гигантская пресноводная креветка *Macrobrachium rosenbergii*, которая также известна как гигантская речная или малазийская креветка, является объектом массового культивирования в странах Юго-Восточной Азии. Этот вид легко размножается в искусственных условиях, отличается высоким темпом роста и относительно несложным циклом выращивания (Сальников, Суханова, 2000).

Активно размножаться креветки начинают, достигнув половой зрелости в возрасте 4–5 мес. Воспроизводство неразрывно связано с линочным циклом, поскольку самки способны спариваться только после завершения линьки, когда их панцирь мягкий. Спустя несколько часов после оплодотворения происходит откладка яиц. По одним источникам этот промежуток составляет от 5 до 10 ч (Хмелева и др., 1997), по другим — от 3 до 20 ч (Сальников, Суханова, 2000). Самки креветки *M. rosenbergii* откладывают икру на плеоподы (плавательные ножки) и вынашивают ее в течение всего периода развития эмбриона. Плодовитость у этого вида достаточно высокая, количество яиц в одной кладке может достигать 20–150 тыс. шт. (New, Valenti, 2000).

Цель настоящей работы — оценка основных репродуктивных характеристик самок гигантской креветки в условиях экспериментального креветочного хозяйства.

## Материалы и методы

Исследования проводили в 2010–2013 гг. в экспериментальном креветочном хозяйстве Научно-исследовательского центра «Государственный океанариум» (г. Севастополь). Материалом для изучения послужили яйценосные самки гигантской креветки, полученные в результате выращивания молоди в прудах Крыма в летний период. Взрослых особей креветки содержали в аквариумах, каждый объемом 500 л, при постоянной температуре (28 °С), аэрации и фильтрации воды.

У самок креветки измеряли общую длину (от конца рострума до конца тельсона) с помощью штангенциркуля с точностью до 1 мм. Индивидуальную массу определяли с помощью электронных весов (AXIS-500, точность до 0,01 г), предварительно обсушив анализируемый экземпляр фильтровальной бумагой.

Измерения яиц из кладки осуществляли с помощью окуляр-микрометра. Массу сырого и сухого вещества яиц определяли по общепринятой методике (Лебедева, Павлютин, 1968). Взвешивание производили с точностью до 0,001 мг на микроаналитических весах ВЛМ-1, предварительно обсушив яйца фильтровальной бумагой. Материал высушивали до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 60 °С. Для каждой стадии делали не менее 8 определений.

Стадии эмбрионального развития устанавливали по 5-балльной шкале (Буруковский, 1992), просматривая под микроскопом яйца, снятые с плеоподов живых самок:

I стадия — икра новая, только что отложенная на плеоподы, полупрозрачная, без следов дробления;

II стадия — начало дробления яйца, зародышевая полоска в виде полумесяца;

III стадия — икра приобретает бурый оттенок, можно разглядеть узенькую черточку — начало формирования глаза у эмбриона;

IV стадия — ярко выражен глаз у эмбриона;

V стадия — личинка полностью сформирована и готова к выходу из яичевой оболочки.

Поскольку яйца креветок имеют овальную форму и сохраняют её в течение всего эмбрионального развития, их объём определяли по формуле, описывающей эллипсоид:  $V = \pi Dd^2/6$ , где  $D$  и  $d$  соответственно большой и малый диаметры яйца (Краснов, 1982).

Начальную реализованную плодовитость (НРП) и конечную реализованную плодовитость (КРП) определяли весовым методом (Буруковский, 1992; Низяев и др., 2006). За НРП принимали количество свежеотложенных яиц на плеоподах самок в начале инкубационного периода, за КРП — количество икринок на плеоподах самок в конце инкубационного периода, перед выклевом личинок. Относительная реализованная плодовитость определялась как отношение НРП к массе тела самки.

Плодовитость и размерные параметры определяли у 245 самок гигантской креветки. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Microsoft Excel.

### Результаты и их обсуждение

**Плодовитость.** Плодовитость является одной из важных биологических характеристик, определяющих способность вида поддерживать и повышать свою численность.

При анализе плодовитости гигантской креветки были рассмотрены такие показатели, как начальная реализованная плодовитость, конечная реализованная плодовитость и относительная реализованная плодовитость.

Плодовитость (НРП и КРП) прямо пропорционально зависит от длины и массы тела самки, в оптимальных условиях она возрастает по мере увеличения размеров тела креветки, что закономерно для всех пойкилотермных животных (Хмелева, 1988). Согласно полученным данным, НРП в диапазоне линейных размеров самок 7,7–14,3 см и массы 5,15–38,4 г возрастает от 3071 до 54692 шт. яиц в одной кладке (рис. 1, 2).

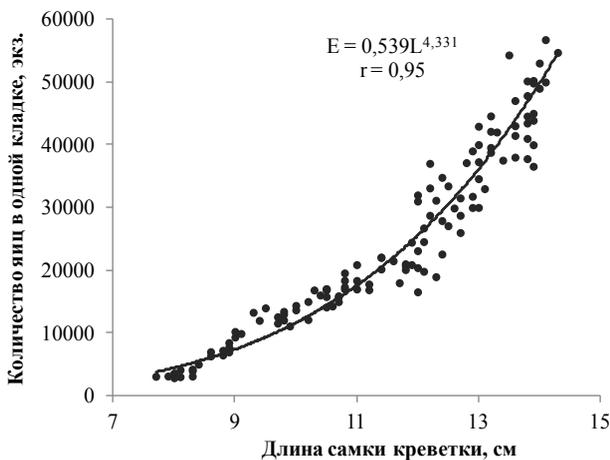


Рис. 1. Зависимость начальной реализованной плодовитости от линейных размеров самки гигантской креветки *M. rosenbergii*

Fig. 1. Dependence of initial realized fecundity of *M. rosenbergii* on total length of female

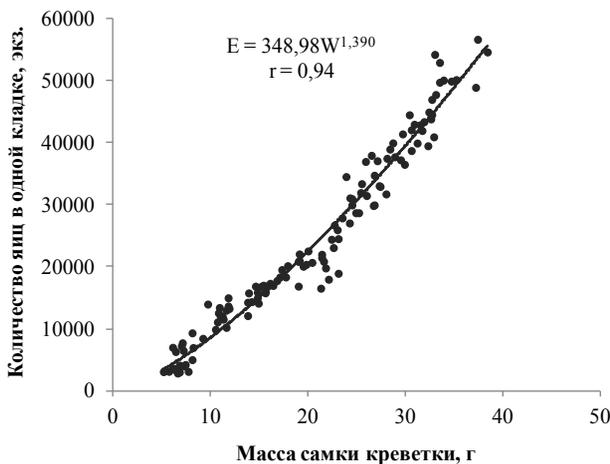


Рис. 2. Зависимость начальной реализованной плодовитости от массы самки гигантской креветки *M. rosenbergii*

Fig. 2. Dependence of initial realized fecundity of *M. rosenbergii* on weight of female

Зависимость НРП от размеров самки креветки описывается степенным уравнением

$$E = 0,539 L^{4,331} \quad (r = 0,95), \quad (1)$$

где  $E$  — количество яиц в одной кладке самки, экз.;  $L$  — длина самки от конца рострума до конца тельсона, см.

Зависимость НРП от массы самки гигантской креветки описывается степенным уравнением, которое в численной форме имеет вид

$$E = 348,98 W^{1,390} \quad (r = 0,94), \quad (2)$$

где  $E$  — количество яиц в одной кладке самки, экз.;  $W$  — масса самки креветки, г.

Начальная реализованная плодовитость имеет значимую корреляцию с длиной (0,95) и массой (0,94) креветки.

Существенным показателем воспроизводительных свойств особей популяции вида является относительная плодовитость, которая отражает репродуктивную способность самок. При ее определении пересчет делали на единицу живого веса креветки, поскольку при вскрытии происходит неучтенная потеря воды из внутренней полости, что значительно снижает точность определения массы и делает результат сомнительным (Низяев и др., 2006). В данной работе относительную реализованную плодовитость определяли как отношение начальной реализованной плодовитости к массе креветки (табл. 1).

Репродуктивные параметры самок гигантской креветки

Таблица 1

Table 1

Reproductive parameters of *M. rosenbergii* female

Масса креветки, г	Начальная реализованная плодовитость, шт.	Относительная реализованная плодовитость, шт.
5–10	5541 ± 2811	759 ± 293
10–15	13304 ± 1901	1072 ± 108
15–20	18717 ± 2022	1074 ± 44
20–25	24676 ± 4938	1074 ± 170
25–30	34991 ± 3659	1277 ± 104
30–35	45140 ± 4447	1396 ± 107

Конечная реализованная плодовитость количественно характеризует «рабочую» плодовитость. Фактически можно оценить как численность пополнения, так и динамику снижения численности поколения на начальных стадиях его развития (Низяев и др., 2006).

Результаты исследований показали, что в диапазоне линейных размеров самок от 7,5 до 14,2 см и массы от 5,3 до 38,1 г КРП варьирует от 678 до 39925 шт. яиц в одной кладке (рис. 3, 4).

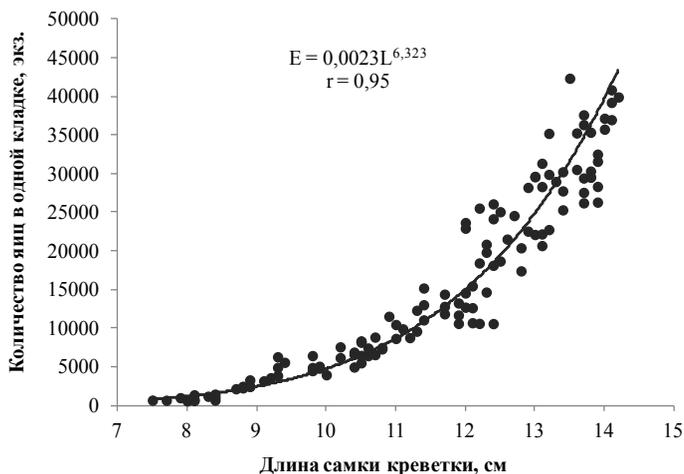


Рис. 3. Зависимость конечной реализованной плодовитости от линейных размеров самки гигантской креветки *M. rosenbergii*

Fig. 3. Dependence of finite realized fecundity of *M. rosenbergii* on total length of female

Зависимость КРП от размеров самки креветки описывается степенным уравнением

$$E = 0,0023 L^{6,323} (r = 0,95), \quad (3)$$

где  $E$  — количество яиц в одной кладке самки, экз.;  $L$  — длина самки от конца рострума до конца тельсона, см.

Зависимость НРП от массы самки гигантской креветки описывается степенным уравнением, которое в численной форме имеет вид

$$E = 29,587 W^{2,0274} (r = 0,94), \quad (4)$$

где  $E$  — количество яиц в одной кладке самки, экз.;  $W$  — масса самки креветки, г.

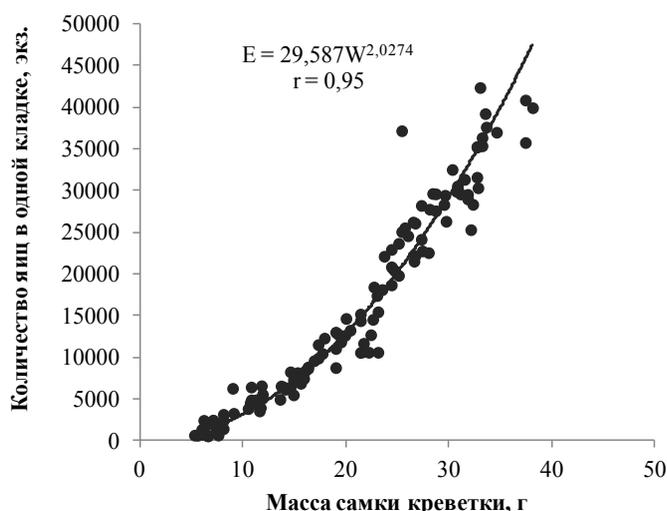


Рис. 4. Зависимость конечной реализованной плодовитости от массы самки гигантской креветки *M. rosenbergii*

Fig. 4. Dependence of finite realized fecundity of *M. rosenbergii* on weight of female

Конечная реализованная плодовитость имеет значимую корреляцию с длиной (0,95) и массой (0,94) самки креветки.

Как установлено в ходе экспериментальных работ, в процессе эмбриогенеза по разным причинам (различные заболевания, обрастания эпибионтами, механическое повреждение и т.д.) происходят потери части яиц, при этом выживаемость эмбрионов зависит от длины самки (табл. 2).

Таблица 2

Средняя выживаемость гигантских креветок за период эмбриогенеза

Table 2

Median survival of *M. rosenbergii* in the period of embryogenesis

Длина самки, см	Начальная реализованная плодовитость, шт.	Конечная реализованная плодовитость, шт.	Выживаемость, %
7,5–8,5	3577 ± 641	699 ± 111	20
8,5–9,5	8902 ± 2562	3062 ± 1551	34
9,5–10,5	14311 ± 2002	6068 ± 1316	42
10,5–11,5	18042 ± 2363	11221 ± 2252	62
11,5–12,5	21713 ± 3832	17567 ± 2534	81
12,5–13,5	36730 ± 8211	32941 ± 4775	90
13,5–14,5	45134 ± 6643	42044 ± 2434	93

Согласно литературным данным (Кулеш, Алехнович, 1982; Хмелева и др., 1997) и собственным наблюдениям, потери яиц в процессе эмбриогенеза у более крупных самок в процентном отношении гораздо ниже, чем у мелких.

**Размерно-массовые параметры икринок.** В ходе выполненной работы были проанализированы размеры, объём и масса одного яйца гигантской креветки на всех этапах эмбриогенеза. В процессе зародышевого развития происходит увеличение линейных размеров и массы яиц (табл. 3, 4).

Таблица 3

Изменение размеров яиц на всех стадиях эмбрионального развития креветки

Table 3

Change the size of *M. rosenbergii* eggs, by stages of embryonic development

Стадия развития эмбриона	Большой диаметр яйца (D), мм	Малый диаметр яйца (d), мм	Коэффициент вариации, %	Объём яйца (V), мм <sup>3</sup>
I	0,514 ± 0,013	0,471 ± 0,030	2,6–6,4	0,060 ± 0,008
II	0,554 ± 0,027	0,479 ± 0,030	4,8–6,3	0,066 ± 0,006
III	0,639 ± 0,020	0,489 ± 0,013	2,7–3,1	0,080 ± 0,006
IV	0,693 ± 0,043	0,539 ± 0,013	3,8–4,3	0,106 ± 0,010
V	0,746 ± 0,022	0,568 ± 0,049	3,0–8,7	0,127 ± 0,023

Изменение массы яиц на всех стадиях эмбриогенеза гигантской креветки

Change the weight of *M. rosenbergii* eggs, by stages of embryonic development

Стадия развития эмбриона	Сырая масса икринки, мг	Сухая масса икринки, мг	Содержание сухого вещества в икринке, %	Содержание воды в икринке, %
I	0,065 ± 0,002	0,035 ± 0,001	54	46
II	0,073 ± 0,005	0,034 ± 0,001	47	53
III	0,080 ± 0,001	0,033 ± 0,001	41	59
IV	0,092 ± 0,002	0,031 ± 0,001	34	66
V	0,121 ± 0,002	0,030 ± 0,001	25	75

Несмотря на то что гигантская креветка является одним из самых крупных видов пресноводных креветок, яйца у неё очень мелкие, их размер составляет 0,48–0,58 мм (Kwon, 1982). Согласно результатам наших исследований, на первой стадии яйца креветок имеют размеры 0,47–0,51 мм (табл. 3). К концу эмбрионального развития, по мере роста и развития зародыша внутри яйца, их размеры увеличиваются практически в 1,5 раза.

Размеры яиц даже из одной кладки широко варьируют. Наибольшей изменчивостью характеризуются яйца, находящиеся на первой и последней стадиях развития.

У гигантской креветки в условиях нашего экспериментального комплекса объём яиц за период эмбрионального развития увеличился в 2,1 раза. В условиях естественного ареала этого вида объём яиц за период эмбрионального развития увеличился в 1,85 раза (Kwon, 1982; Хмелева и др., 1997).

Стоит отметить, что вариабельность размеров яиц зависит от места обитания, температуры и ряда других факторов (Хмелева и др., 1997). В наших опытах при температуре, равной 24 °С, объём оплодотворенных, только что отложенных на плеоподы яиц составлял 0,08 мм<sup>3</sup>, при увеличении температуры до 28 °С их объём уменьшался до 0,06 мм<sup>3</sup> (т.е. на 25 %). Однако при температуре 28 °С у креветок, выращенных в прудах Южного Вьетнама и в водоёме-охладителе Березовской ГРЭС, объём яйца в среднем составил 0,07 мм<sup>3</sup> (Kwon, 1982; Хмелева и др., 1997), что на 14 % больше, чем полученная нами величина.

В процессе эмбрионального развития происходит не только увеличение размеров, но и массы яиц. К концу эмбриогенеза сырая масса яйца вырастает почти в 2,1 раза (табл. 4).

У креветок, как и других десятиногих ракообразных, имеющих личиночную стадию развития, к концу эмбриогенеза наблюдается удвоение, а иногда и утроение первоначальной массы яйца (Хмелева, Романова, 1978). Одной из причин увеличения сырой массы яйца может быть изменение содержания воды. Начальное содержание воды в яйцах в среднем составляет 46 %, возрастая к моменту завершения эмбриогенеза до 75 %. Подобное увеличение содержания воды было отмечено у ряда представителей Decapoda (Needham, Needham, 1930; Pandian, 1967, 1970). Очевидно, данная закономерность объясняется изменениями, происходящими в водном обмене развивающихся зародышей, в том числе активным поступлением воды в яйца после оплодотворения. Проницаемость мембраны особенно возрастает на последних стадиях эмбриогенеза.

Согласно литературным данным (Pandian, 1970), на первой стадии развития *Homarus americanus* через яйцевую оболочку проникает всего 6 % воды общего количества, необходимого для успешного развития. В то же время на последних стадиях эмбриогенеза поглощается 85 % воды, необходимой для развития. Увеличение содержания воды в яйцах происходит не только за счет проницаемости их оболочки, но и за счет так называемой метаболической воды, образующейся в результате окисления жиров, белков и углеводов. Такая метаболическая вода составляет 9 % общего количества, необходимого для развития зародыша омара (Pandian, 1970). Таким образом, основное количество воды поступает в развивающиеся яйца через их оболочку из окружающей среды.

Исходное содержание сухого вещества в яйцах гигантской креветки достаточно высоко, оно составляет 54 % (табл. 4). Подобные данные были получены для большой группы ракообразных: Isopoda, Amphipoda и Decapoda. Независимо от их систематической принадлежности, места обитания и способа размножения содержание сухого вещества в яйцах на начальных стадиях развития достигало 54,5 %.

### Выводы

Плодовитость самок гигантской креветки тесно коррелирует с их длиной и массой. Начальная реализованная плодовитость самок с общей длиной, находящейся в диапазоне 7,7–14,3 см, и массой 5,15–38,40 г возрастает от 3071 до 54692 шт. яиц в одной кладке. Конечная реализованная плодовитость самок с общей длиной, находящейся в диапазоне от 7,5 до 14,2 см, и массой от 5,3 до 38,1 г варьирует от 678 до 39925 шт. яиц в одной кладке. Полученные данные позволяют оптимальным образом проводить отбор маточного стада.

В условиях экспериментального креветочного хозяйства у гигантской креветки потери яиц на эмбриональном этапе онтогенеза в среднем составляют 41 %. Эмбриональные потери у более крупных самок креветки в процентном отношении гораздо ниже, чем у мелких.

Основные закономерности раннего онтогенеза заключаются в увеличении линейных размеров и массы яиц. К концу эмбрионального развития сырая масса яйца возрастает почти в 2,1 раза, а линейные размеры увеличиваются практически в 1,5 раза.

### Список литературы

- Буруковский Р.Н.** Методика биологического анализа некоторых тропических и субтропических креветок // Промысловые исследования морских беспозвоночных. — М. : ВНИРО, 1992. — С. 77–84.
- Краснов И.Б.** О возможности морфометрии тела и ядра нейронов в криостатных срезах // Цитология. — 1982. — № 2. — С. 230–232.
- Кулеш В.Ф., Алехнович А.В.** Выживаемость субтропической креветки *Macrobrachium nipponense* (DeNaan) на ранних этапах онтогенеза // Тез. 3-й Всесоюз. конф. «Проблемы рационального использования промысловых беспозвоночных». — Калининград, 1982. — С. 110–113.
- Лебедева Л.И., Павлютин А.П.** Методика определения сырого, сухого весов водных организмов и их зольность // Методы определения продукции водных животных. — Минск, 1968. — С. 20–26.
- Низяев С.А., Букин С.Д., Клитин А.К. и др.** Пособие по изучению промысловых ракообразных дальневосточных морей России. — Южно-Сахалинск : СахНИРО, 2006. — 114 с.
- Сальников Н.Е., Суханова М.Э.** Разведение и выращивание пресноводных креветок на юге России : моногр. — Астрахань, 2000. — 230 с.
- Хмельва Н.Н.** Закономерности размножения ракообразных : моногр. — Минск : Наука и Техника, 1988. — 208 с.
- Хмельва Н.Н., Кулеш В.Ф., Алехнович А.В., Гигиняк Ю.Г.** Экология пресноводных креветок : моногр. — Минск : Беларуская навука, 1997. — 254 с.
- Хмельва Н.Н., Романова З.А.** Изменение массы и калорийности некоторых ракообразных за период эмбриогенеза // Биология моря (Киев). — 1978. — Вып. 46. — С. 54–60.
- Kwon C.S.** Life history of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) reared in the laboratory // Collect. and Breed. — 1982. — Vol. 44, № 2. — P. 376–381.
- Needham J., Needham D.M.** On phosphorus metabolism of embryonic life. 1. Invertebrate eggs // J. Exp. Biol. — 1930. — Vol. 7, № 3. — P. 317–348.
- New M.B., Valenti W.C.** Freshwater prawn culture: the farming of *Macrobrachium rosenbergii*. — Oxford, England : Blackwell Science, 2000. — 215 p.
- Pandian T.J.** Changes in chemical composition and caloric content of developing eggs of the shrimp *Crangon crangon* // Helgol. Wiss. Meeresunters. — 1967. — Vol. 16, № 3. — P. 216–224.
- Pandian T.J.** Ecophysiological studies on the developing eggs and embryos of the European lobster *Homarus gammarus* // Mar. Biol. — 1970. — Vol. 5, № 2. — P. 153–167.

Поступила в редакцию 13.04.15 г.