

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЧКА РОДА *ARTEMIA* LEACH, 1819 В ОЗЕРЕ БОЛЬШОЕ ЯРОВОЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Л.В. Веснина, Г.В. Пермякова

Алтайский филиал «Госрыбцентр» – «Алтайский научно-исследовательский институт
водных биоресурсов и аквакультуры», Барнаул, 656049

e-mail: artemia@alt.ru

Приведены результаты исследований морфометрических и репродуктивных параметров рачка рода *Artemia* Leach, 1819 в глубоководном озере Большое Яровое Алтайского края в период 2009–2011 гг. Проведен анализ влияния на них абиотических и биотических факторов.

Ключевые слова: артемия, морфометрический анализ, плодовитость.

Biological features of brine shrimp *Artemia* Leach, 1819 in Bolshoe Yarovoe Lake of Altay Territory.
L.V. Vesnina, G.V. Permyakova (Altay branch of «Gosrybcenter» – «Altay research Institute of aquatic living resources and aquaculture», Barnaul, 656049)

The results of morphological and reproductive parameters researches of shrimp genus *Artemia* Leach, 1819 in deep-water Bolshoe Yarovoe Lake in Altay region during 2009–2011 are stated. The analysis of abiotic and biotic factors influence on them was revealed.

Key words: artemia, morphometric analysis, fruitfulness.

На территории Алтайского края находится самый крупный в Западной Сибири фонд гипергалинных озер, зоопланктон которых в большинстве случаев представлен монокультурой жаброногого рачка рода *Artemia* Leach, 1819. Научный интерес к этим организмам вызван их исключительной осморегулирующей способностью, разнообразием физиологических, биохимических и морфологических свойств отдельных популяций, существованием полиплоидии. Практическая ценность артемии связана с перспективой использования ее диапаузирующих яиц в качестве стартового корма. Корма из цист артемии, благодаря своим морфометрическим и биохимическим свойствам, занимают лидирующее место в аквакультуре многих стран.

Для наиболее полного описания популяции артемии необходимо использовать мультидисциплинарный подход с использованием биометрии, морфометрических и морфологических характеристик и молекулярно-генетических исследований [1].

Наиболее перспективными для промышленной заготовки цист артемии на территории Алтайского края являются озера Большое Яровое и Кулундинское.

Материал и методы исследований

Материалом исследования послужили пробы и фенологические наблюдения, собранные в период 2009–2011 гг. с апреля по октябрь в рамках мониторинговых исследований на оз. Большое Яровое Славгородского района Алтайского края. Отбор проб, измерения факторов среды и визуальные наблюдения проводились по стандартной методике [2–4] на 12 постоянно выделенных станциях наблюдения, расположенных в разных частях озера. Станции определялись при помощи GPS-навигатора Garmin eTrex. Отбор проб с девяти станций велся тотальным обловом большой планктонной конической сетью из газа диаметром 0,5 м в период с мая по октябрь. Скважина на каждой станции условно разбита на четыре транссекты. Глубина скважин в каждой транссекте на двух станциях составляет 2,0; 4,0 м; на пяти – 2,0; 4,0; 6,0 м; на двух – 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 м. Три станции литоральные, на которых пробы отбирались при помощи малой планктонной сети Апштейна в период с марта по октябрь. Пробы фиксировались 4%-м раствором формалина. Всего за период исследования было собрано и обработано 468 проб зоопланктона.

Для морфометрических исследований артемии использовался фиксированный материал. В период исследований были промерены особи обоих полов трех-четырёх генераций рачка. Анализ проводили по 13 морфологическим признакам (11 пластических и 2 меристических): длина тела (*tl*), длина абдомена (*al*), ширина абдомена (*aw*), длина овисака (*lw*), ширина овисака (*ow*), расстояние между глазами (*de*), диаметр глаза (*ed*), длина правой и левой фуркальных ветвей (*fl-r*, *fl-l*), длина первой

антенны (la), ширина головы (hw), отношение длины цефалоторакса к длине абдомена (cl/al), число щетинок ($sf-r$, $sf-l$) на правой и левой фуркальных ветвях. Определение массы тела рачков и цист проводили на электронных весах марки Kern ARJ220-4M с дискретностью показаний от 0,0001 до 1,0 г. За период исследования было промерено 252 половозрелые самки и 224 самца.

Для характеристики плодовитости рачков ежемесячно отбирали 25–30 экземпляров живых овулятивных самок. Под бинокляром МБС-10 с окуляр-микрометром измеряли длину тела, просчитывали количество эмбрионов (науплий, летних яиц, цист), измеряли их диаметр. Плодовитость определена у 500 особей.

Морфометрический анализ неполовозрелых особей рачка артемии с измерением длины и массы тела также проводился на фиксированном материале. Для этого ежемесячно (апрель – октябрь) отбирали по 25–30 особей каждой стадии развития: *ortonauplii*, *metanauplii* I, *metanauplii* II, *metanauplii* III, *metanauplii* IV, ювенильные (1,0–2,0, 2,1–3,0, 3,1–4,0, 4,1–5,0 мм), предвзрослые (5,1–6,0, 6,1–7,0, 7,1–8,0, 8,1–9,0, 9,1–10,0 мм). Всего промерено 4750 неполовозрелых особей.

Общее число кладок за жизненный цикл определяли по формуле [5]:

$$N = 1,35 * (L_{\max} / L_{\min})^{2,5},$$

где N – число кладок за жизненный цикл; L_{\max} – максимальная длина тела яйценосных самок; L_{\min} – минимальная длина тела яйценосных самок.

Отбор рапы для замера температуры и минерализации осуществлялся с помощью батометра Дьяченко. Общая минерализация определялась с помощью оптического прибора – рефрактометра (ATAGO Hand refractometer, Kernco Instruments Co., inc. 420 Kenazo Ave., E 1 Paso TX 79928 USA). Гидрохимические пробы отбирались путем зачерпывания рапы, объемом 1,0–1,5 л. Минеральный состав рапы водоемов определен гидрохимическим методом в лабораторных условиях ОАО Михайловского завода химических реактивов. Классификация воды по солевому составу проведена по О.А. Алёкину [6].

Статистическую обработку материала проводили с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel и STATISTICA. Вычисляли максимальное и минимальное значения (x_{\max} , x_{\min}), среднеарифметическое значение (\bar{x}), стандартную ошибку ($S\bar{x}$), стандартное отклонение (σ), коэффициент вариации (Cv), коэффициент корреляции (r) при 5% и 1% уровнях значимости ($p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$). Разницу средних величин оценивали по критерию Стьюдента при 5% уровне значимости [7, 8].

Результаты и обсуждение

Для рачков артемии характерны колебания морфометрических показателей, зависящих от условий окружающей среды. Также для обоеполюх популяций характерен половой диморфизм. По данным многих авторов к основным морфометрическим признакам, определяющим половой диморфизм, относятся длина тела, ширина головы, расстояние между глазами, диаметр глаза, длина антенны, длина фурки [9,10].

При описании внешних признаков половозрелых особей рачков оз. Большое Яровое наблюдаются характерные для партеногенетических популяций параметры. У самцов фронтальные бугорки на хватательных антеннах имеют сферическую форму [11]. На овисаках самок имеются небольшие выросты. Однако для определения филогенетических связей данного вида с другими необходимо проведение молекулярно-генетических исследований.

В период исследований 2009–2011 гг. морфометрический анализ проводился на разновозрастных особях жаброногого рачка артемии. Достоверных различий между показателями разных генераций не отмечено как в течение одного вегетационного сезона, так и смежных.

Развитие жаброногого рачка *Artemia* происходит со сменой стадий развития, различающихся между собой внешним видом. Размер науплий зависит от массы и размеров яйца. Длина тела ортонауплиусов в оз. Большое Яровое в период исследований варьировала в пределах 0,442–0,550 мм, составляя в среднем $0,483 \pm 0,005$ мкм ($Cv = 1,12\%$). Средняя масса составляла 0,004 мг. Последующие науплиальные стадии развития (*metanauplii* I–IV) в озере имели среднюю длину тела от 0,572 до 1,241 мм ($0,866 \pm 0,046$, $Cv = 5,28\%$). Морфометрический анализ разновозрастных особей жаброногого рачка артемии в период исследований показал наибольшее варьирование массы тела в первые периоды жизни (табл. 1).

Таблица 1

Масса тела (мг) разновозрастных особей рачка артемии в озере Большое Яровое, 2009–2011 гг.

Показатель	<i>Metanauplii</i> I–IV	Ювенильные (1,0–5,0 мм)	Предвзрослые (5,1–10,0 мм)	Половозрелые	
				самки	самцы
x_{\min}	0,006	0,024	0,459	1,30	0,80
x_{\max}	0,020	0,320	2,980	16,50	10,70
\bar{x}	0,010	0,136	1,372	6,85	3,60
$S\bar{x}$	0,002	0,021	0,143	0,23	0,13
σ	0,005	0,089	0,743	3,26	1,81
$Cv, \%$	21,99	15,52	10,42	3,35	3,57

Наиболее вариабельными признаками у половозрелых особей были длина фурки и количество щетинок на ее лопастях. У самок коэффициент Cv длины фурки составил 2,09–2,15%, у самцов – 2,39–2,49%; Cv количества щетинок у самок колебался в пределах 3,70–3,72%, у самцов – 2,97–2,99%. Варьирование остальных параметров было низким (Cv колебался от 0,82 до 1,44%).

Длина тела (tl) самок в исследуемый период колебалась от 7,10 до 15,95 мм, большая часть особей имела размеры в пределах 8,7–11,8 мм (рис. 1). У самцов длина тела и пределы варьирования несколько меньше, у большинства промеренных особей длина тела находилась в пределах 8,0–8,9 мм. Длина тела является одним из показателей полового диморфизма артемии озера Большое Яровое (различия значимы при $p \leq 0,05$).

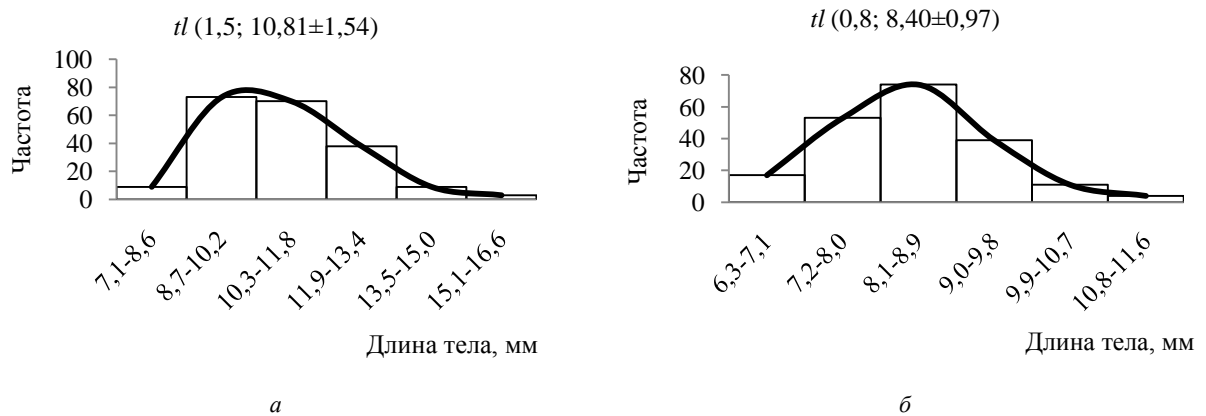


Рис. 1. Гистограммы распределения половозрелых самок (а) и самцов (б) артемии по длине тела, в скобках: шаг на гистограмме, $\bar{x} \pm S\bar{x}$

Для рачка артемия в оз. Большое Яровое расстояние между глазами (de), длина антенны и диаметр глаза являются зависящими от пола ($p \leq 0,05$). Среднее значение расстояния между глазами для самок в исследуемый период составило 1,41 мм, для самцов – 1,59 мм (рис. 2).

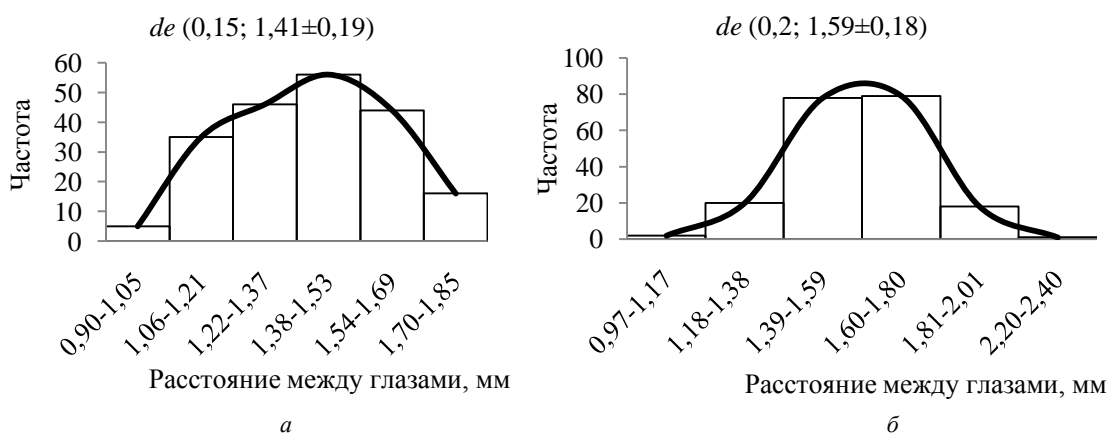


Рис. 2. Гистограммы распределения половозрелых самок (а) и самцов (б) артемии по расстоянию между глазами, в скобках: шаг на гистограмме, $\bar{x} \pm S\bar{x}$

Длина антенны (la) у наибольшего количества самцов находилась в пределах 0,80–0,95 мм, у самок – 0,72–0,87 мм (рис. 3).

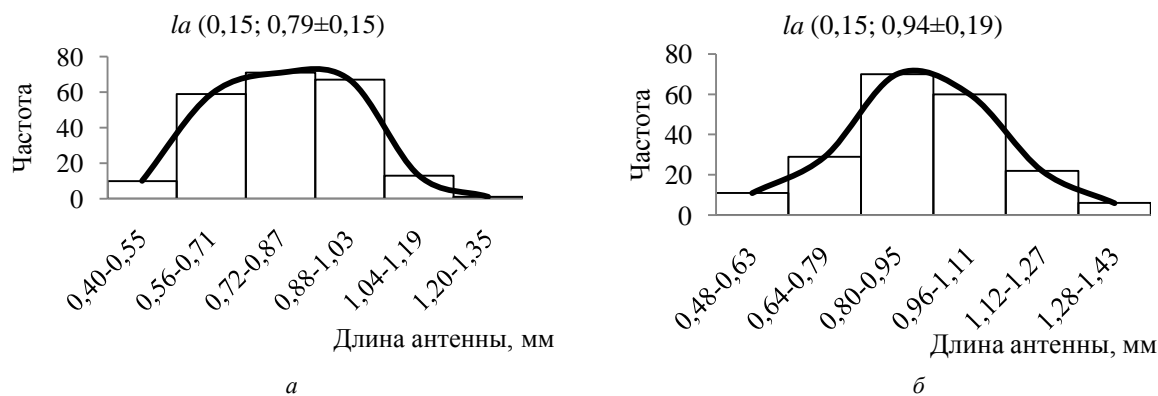


Рис. 3. Гистограммы распределения половозрелых самок (а) и самцов (б) артемии по длине антенны, в скобках: шаг на гистограмме, $\bar{x} \pm S\bar{x}$

Среднее значение диаметра глаза (*ed*) у самок составило 0,24 мм, у самцов можно выделить три группы, диаметр глаза в пределах 0,28–0,30 мм встречается с наибольшей частотой, у второй группы диаметр глаза составляет 0,34–0,36 мм, у третьей – 0,40–0,42 мм. При этом среднее значение данного признака – 0,33 мм (рис. 4).

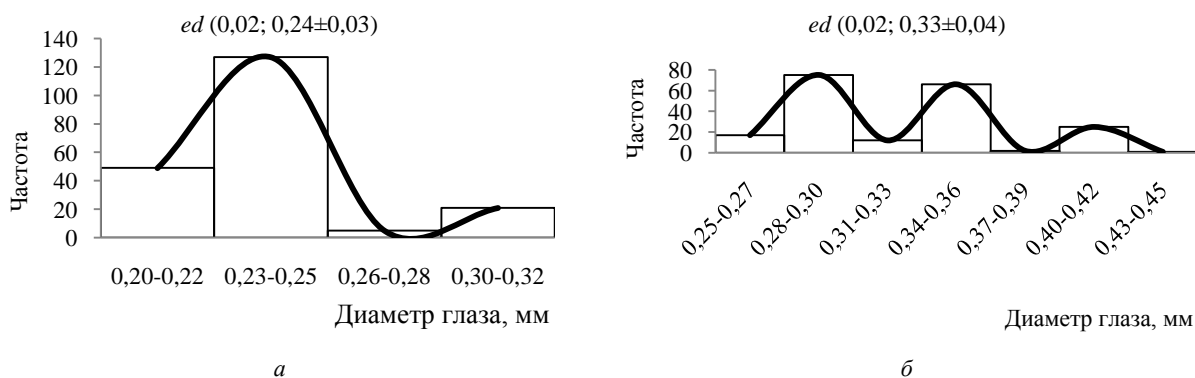


Рис. 4. Гистограммы распределения половозрелых самок (а) и самцов (б) артемии по диаметру глаза, в скобках: шаг на гистограмме, $\bar{x} \pm S\bar{x}$

Морфометрические параметры находятся в определенной корреляционной зависимости друг от друга. Выявлены группы наиболее сильно или слабо коррелирующих признаков для обоих полов. Между массой и длиной тела у обоих полов существует сильная связь $r = 0,66$ (рис. 5).

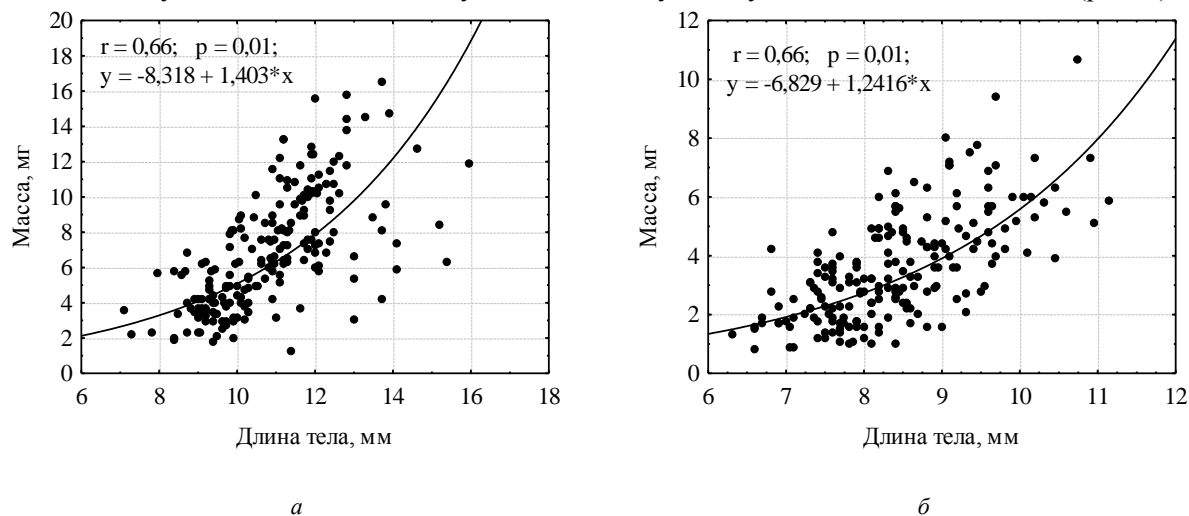


Рис. 5. Зависимость между длиной и массой тела половозрелых самок (а) и самцов (б) артемии, 2009–2011 гг.

Также выявлено, что масса тела у обоих полов коррелирует с длиной цефалоторакса и

расстоянием между глазами ($r = 0,63$ и $0,61-0,66$ соответственно). У самок масса сильно сопряжена с размерами яйцевого мешка, в большей степени с его шириной ($r = 0,64$). Длина тела находится в сильной положительной связи с размерами цефалоторакса и абдомена у обоих полов (для самок: $r = 0,87$ и $0,93$ соответственно; для самцов: $r = 0,82$ и $0,92$ соответственно). Линейные размеры тела коррелируют с шириной абдомена и шириной головы. У самок выявлена сопряженность длины тела с длиной антенны ($r = 0,68$), которая у самцов отсутствует.

Длина лопастей фурок имеет множественные достоверные связи с другими морфометрическими признаками у обоих полов. Наиболее сильная корреляция отмечается между длинами правой и левой лопастей, а также с количеством щетинок на соответствующей ветви. Кроме того, выявлена положительная связь между шириной головы, длиной абдомена и фуркальными характеристиками, которая отмечается не у всех популяций [12].

В период исследований в структуре популяции артемии оз. Большое Яровое самцы встречались с июня по сентябрь. В июле 2009 г. доля самцов была наибольшей, по сравнению с остальными периодами, и составляла 4,1% (табл. 2). В остальные сроки отбора эта величина не превышала 2,0%. При анализе корреляционных связей между абиотическими, биотическими факторами и соотношением полов выявлена слабая положительная взаимосвязь между температурой воды и долей самцов в популяции ($r = 0,55$, $p \leq 0,05$).

Таблица 2

Средние значения продукционных характеристик рачка артемия озера Большое Яровое Алтайского края, 2009–2011 гг.

Месяц	Соотношение полов (самка:самец), %	Количество самок, %		
		с цистами	с летними яйцами	с науплиями
2009 г.				
Июнь	98,5:1,5	11,5	53,9	34,6
Июль	95,9:4,1	4,0	96,0	–
Август	98,1:1,9	10,0	55,0	35,0
Сентябрь	100:0	84,0	16,0	–
Октябрь	100:0	91,0	9,0	–
2010 г.				
Июль	99,5:0,5	56,0	20,0	24,0
Август	99,4:0,6	44,0	36,0	20,0
Сентябрь	100:0	100,0	–	–
Октябрь	100:0	100,0	–	–
2011 г.				
Июнь	99,3:0,7	20,0	60,0	20,0
Июль	99,2:0,8	36,0	52,0	12,0
Август	99,5:0,5	48,0	40,0	12,0
Сентябрь	99,4:0,6	80,0	20,0	–
Октябрь	100:0	93,0	7,0	–

В описываемый период самки откладывали тонкосторлуповые или летние яйца, толстосторлуповые диапаузирующие яйца или цисты, или отрождали живых науплий (живорождение). При анализе корреляции появления того или иного способа размножения с абиотическими факторами, а также соотношением полов были выявлены положительные и отрицательные связи (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между содержанием яйцевого мешка, абиотическими факторами и соотношением полов ($p \leq 0,05$)

Фактор	Способ размножения		
	живорождение	летнее яйцо	цистоношение
Доля самок	–0,20	–0,87	0,77
Доля самцов	0,20	0,87	–0,77
Плодовитость	–0,45	–0,67	0,70
Минерализация воды,	–0,62	–0,58	0,69
Температура воды	0,60	0,75	–0,82

Индивидуальная плодовитость самок артемии варьировала в широких пределах (12–221 экз.). Средняя плодовитость самок в исследуемый период находилась в пределах 26,6–134,4 экз. Коэффициент корреляции между плодовитостью и температурой воды составил $r = -0,42$, между

плодовитостью и минерализацией $r = 0,46$, между плодовитостью и долей самцов в популяции $r = -0,43$.

Средняя плодовитость самок в исследуемый период находилась в пределах 26,6–134,4 экз. При анализе сопряженных связей между плодовитостью и абиотическими, биотическими факторами и соотношением полов достоверных корреляций не выявлено.

Число кладок за жизненный цикл, рассчитанное по формуле, находилось в пределах 2–7 и в среднем составляло $3,7 \pm 1,4$, $C_v = 12\%$.

Важной характеристикой, определяющей практическую ценность цист, являются их морфометрические параметры [13]. В период исследования диаметр цист, находящихся в овисаках самок, колебался от 235 до 295 мкм ($257 \pm 8,38$, $C_v = 3,26\%$), диаметр летних яиц находился в пределах 196–263 мкм ($228 \pm 8,12$, $C_v = 3,56\%$). Сравнительный анализ с данными литературы по исследованным популяциям мира (диаметр цист находится в пределах 224–320 мкм) указывает на промежуточное положение сибирских популяций и, в частности, артемии оз. Большое Яровое [14].

Выводы

1. Половой диморфизм выражен следующими морфометрическими признаками: длина тела, расстояние между глазами, длина антенны, диаметр глаза. Длина тела самок в исследуемый период составляла $10,8 \pm 1,5$ мм, самцов – $8,4 \pm 1,0$. Выявлены корреляционные связи между линейными размерами и шириной абдомена, шириной головы, длиной антенны. Коэффициент корреляции между массой и длиной тела составил $r = 0,66$.

2. В период исследований в оз. Большое Яровое самцы встречались с июня по сентябрь. Выявлена положительная взаимосвязь между температурой воды и долей самцов в зоопланктоне ($r = 0,55$ $p \leq 0,05$).

3. Средняя плодовитость самок в течение 2009–2011 гг. находилась в пределах 26,6–134,4 экз. Число кладок за жизненный цикл составляло $3,7 \pm 1,4$. Самки размножались летними яйцами, цистами, наблюдалось живорождение. Диаметр цист составлял $257 \pm 8,38$, летнего яйца – $228 \pm 8,12$ мкм.

Литература

1. Mayer R.J. Morphology and biometry of three populations of Artemia (Branchiopoda: Anostraca) from the Dominican Republic and Puerto Rico // Hydrobiologia. – 2002. – Vol. 486. – P. 29–38.
2. Киселёв И.А. Методы исследования планктона // Жизнь пресных вод СССР. – Т. IV, ч.1. – М. – Л.: 1956. – С. 183–265.
3. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. – Л.: ГосНИОРХ, 1983. – 51 с.
4. Методические указания по определению общих допустимых уловов (ОДУ) цист жаброногого рачка ARTEMIA. – Тюмень, 2002. – 25 с.
5. Хмелева Н.Н., Гизиняк Ю.Г. Способ определения числа пометов у ракообразных. Авт. свид. № 910940 // Бюл. изобрет. СССР. – 1982. – № 9.
6. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 442 с.
7. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
8. Плохинский А.Н. Биометрия. – Новосибирск: СО АН СССР, 1961. – 364 с.
9. Asem A., Atashbar B., Rastegar-Pouyani N., Agh N. Morphological and biometric characterization of rare males and sexual dimorphism in Parthenogenetic Artemia (Crustacea: Anostraca) // Zoology in the Middle East. – 2010. – № 49. – P. 115–117.
10. Asem A., Rastegar N.P. Sexual dimorphism in Artemia urmiana Gunther, 1899 (Anostraca: Artemiidae) from the Urmia Lake, West Azerbaijan, Iran // Journal of Animal and Veterinary Advances. – 2007. – Vol. 6. – P. 1409–1415.
11. Mura G. Artemia salina (Linnaeus, 1758) from Lymington, England: frontal knob morphology by scanning electron microscopy // J. crust. Biol. – 1990. – Vol. 10. – P. 364–368.
12. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г. Артемия в озерах Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 2009. – 304 с.
13. Оценка качества цист рачка артемии и перспектива их инокуляции в гипергалинные озера Алтайского края / Л.В. Веснина, Р.А. Клепиков, Г.В. Пермякова, Т.О. Ронжина // Водные экосистемы Сибири и перспективы их использования: Материалы Всерос. конф. с междунар. участием. – Томск, 2011. – С. 161–166.

14. Manual on the production and use of live food for aquaculture / eds. Lavens P., Sorgeloos P. // FAO Fisheries Technical Paper. – № 361. – Rome, FAO, 1996. – 295 p.