

Водные биоресурсы и среда обитания
2024, том 7, номер 4, с. 79–91
<http://journal.azniirkh.ru>, www.azniirkh.ru
ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online



Aquatic Bioresources & Environment
2024, vol. 7, no. 4, pp. 79–91
<http://journal.azniirkh.ru>, www.azniirkh.ru
ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online

УДК 595.32.053.7(262.54)

https://doi.org/10.47921/2619-1024_2024_7_4_79

EDN: SKNKCN



Для цитирования: Семик А.М., Замятина Е.А. Морфометрические особенности жаброногого рачка рода *Artemia* Leach, 1819 в заливе Сиваш. *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2024. Т. 7, № 4: 79–91. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2024_7_4_79.

For citation: Semik A.M., Zamyatina E.A. Morphometric features of the branchiopod belonging to *Artemia* Leach, 1819 genus in Sivash Bay. *Aquatic Bioresources & Environment*. 2024. Vol. 7, no. 4: 79–91. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2024_7_4_79. (In Russian).

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЖАБРОНОГОГО РАЧКА РОДА *ARTEMIA* LEACH, 1819 В ЗАЛИВЕ СИВАШ

А. М. Семик*, Е. А. Замятина

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АЗНИИРХ»), Ростов-на-Дону 344002, Россия

*E-mail: semikam@azniirkh.vniro.ru

Аннотация

Введение. Рост объемов добычи артемии в XXI столетии со всей остротой поставил вопрос о разработке мер по сохранению и рациональному использованию этого ценного водного биологического ресурса. **Актуальность.** Республика Крым, благодаря наличию благоприятных условий в заливе Сиваш, обладает огромными запасами артемии. Варьирование водно-солевого режима залива Сиваш за прошедшие десятилетия требует пристального изучения биологии этих ракообразных в изменяющихся условиях, а также рассмотрения их морфометрических показателей. **Цель** исследований — изучение морфометрических параметров жаброногого рачка артемии (*Artemia* Leach, 1819) залива Сиваш. **Методы.** Проведен корреляционный анализ морфометрических (9 пластических и 3 меристических) параметров самок и самцов артемии. Сбор и камеральную обработку гидробиологических проб осуществляли по стандартным методикам. Для отбора планктонных проб использовали сеть Апштейна. Соленость воды определяли рефрактометрическим солемером, температуру воды измеряли термометром Kelilong. Пробы фиксировали 4%-ным формалином, камеральную обработку проводили под стереоскопическим микроскопом, взвешивали гидробионтов с помощью аналитических весов с точностью до 0,0001 г. **Результаты.** Выявлен водно-солевой режим отдельных акваторий Сиваша, который определяется географическими особенностями залива и сезонными осадками. В географическом аспекте соленость вод возрастает с востока на запад в Западном Сиваше, с севера на юг — в Восточном Сиваше. В заливе Сиваш выявлены партеногенетическая и бисексуальная популяции артемии. Самки имеют более крупные размеры тела по сравнению с самцами. Наиболее вариабельные параметры: фуркальные показатели самок и абдоминальные показатели самцов. **Выводы.**

Сравнительный анализ изменчивости морфометрических признаков половозрелых особей артемии показал их различия у самок и самцов. Нормальное распределение отмечено для длины тела (tl) и абдомена (al), ширины головной капсулы (hw), диаметра глаза (ed), длины цефалоторакса (cl), в то время как бимодальное — для длины фурки (fl), отношения длины фурки к длине абдомена (fl/al) и отношения длины цефалоторакса к длине абдомена (cl/al). Взаимосвязь отсутствует между длиной и шириной брюшка у самок ($r=0,01$), а величина отношения длины абдомена к общей длине тела демонстрирует сильную корреляционную связь ($r=-0,97$). Сопряженность признаков у самок артемий была сильной в 25,7 % от всех сравниваемых пар, средней — в 18,2 %, слабой — в 45,5 % и отсутствовала в 10,6 %. У самцов она была сильной в 39,4 % от всех сравниваемых пар, средней — в 31,8 %, слабой — в 9,1 % и отсутствовала в 19,7 %.

Ключевые слова: залив Сиваш, артемия, морфометрия, парthenогенетическая и бисексуальная популяции, корреляционный анализ

MORPHOMETRIC FEATURES OF THE BRANCHIOPOD BELONGING TO *ARTEMIA* LEACH, 1819 GENUS IN SIVASH BAY

A. M. Semik*, E. A. Zamyatina

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI "VNIRO"),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don 344002, Russia

*E-mail: semikam@azniirkh.vniro.ru

Abstract

Background. The increase in the catch volumes of *Artemia* (brine shrimp) in the 21st century exacerbated the need for development of the measures for conservation and rational exploitation of this valuable aquatic living resource. **Relevance.** The Republic of Crimea, due to the favorable environment in Sivash Bay, is in possession of considerable *Artemia* stocks. The variation in the water and salinity regime of Sivash Bay over the last decades necessitates a thorough examination of the biology of these crustaceans in the changing environment, as well as investigation of their morphometric characteristics. The **aim** of this study is to investigate the morphometric parameters of the brachiopod brine shrimp (*Artemia* Leach, 1819) of Sivash Bay. **Methods.** A correlation analysis of the morphometric parameters (9 morphological characters and 3 meristic characters) of *Artemia* males and females has been conducted. Collection and laboratory processing of the hydrobiological samples have been carried out following the standard practices. For plankton sampling, the Apstein plankton net has been used. Water salinity has been identified with refractometric salinometer, and water temperature has been measured with Kelilong thermometer. The samples have been fixed with 4 % formaldehyde; their laboratory processing has been conducted using a stereoscopic microscope; the weight of the investigated organisms has been measured with analytical balances accurate to 0.0001 g. **Results.** Water and salinity regime of some Sivash Bay areas has been identified; it is found to be determined by the geographical features of the bay and seasonal precipitation. Geographically, the water salinity increases from east to west in the Western Sivash Bay and from north to south in the Eastern Sivash Bay. In Sivash Bay, both parthenogenetic and bisexual populations of brine shrimp have been identified. The female individuals are characterized by a greater body length as compared to the male ones. The furcal values in the females and the abdominal values in the males have been found to be the most variable parameters. **Conclusion.** Comparative analysis of the morphometric parameters in the mature *Artemia* individuals has shown their dissimilarity for males and females. The normal distribution has been recorded for the total body length (tl) and the abdomen length (al), the head capsule width (hw), the eye diameter (ed), and the cephalothorax length (cl), while the bimodal distribution has been recorded for the furca length (fl), the relation of the furca length to the abdomen length (fl/al), and the relation of the cephalothorax length to the abdomen length (cl/al). No relation has been found for the abdomen length and the abdomen width in females ($r=0.01$); the relation of the abdomen length to the total body length shows strong correlation ($r=-0.97$). In females, contingency of the morphometric parameters was strong in 25.7 % out of all compared pairs; it was average in 18.2 % of cases, weak in 45.5 %, and absent in 10.6 %. In males, it was strong in 39.4 % out of all compared pairs, average in 31.8 %, weak in 9.1 %, and absent in 19.7 %.

Keywords: Sivash Bay, *Artemia*, morphometrics, parthenogenetic population, bisexual population, correlation analysis

ВВЕДЕНИЕ

Рост объемов добычи артемии в XXI столетии со всей остротой поставил вопрос о разработке мер по сохранению и рациональному использованию этого ценного водного биологического ресурса. После возвращения Крыма в состав Российской Федерации основное внимание коммерческих структур было обращено к гипергалинным водоемам, в которых обитала артемия. Республика Крым, благодаря наличию множества соленых озер и в особенности зал. Сиваш, обладает огромными запасами артемии [1, 2]. Здесь сложились благоприятные условия для развития популяций [3].

В 2015 г. были возобновлены исследования популяции артемии в Сиваше [4, 5]. Однако сразу стало очевидно, что водно-солевой режим зал. Сиваш за прошедшие десятилетия изменился и для достоверной оценки запасов и прогнозирования объемов вылова артемии требуется провести новые многолетние наблюдения за особенностями биологии этих ракообразных, а также изучить их морфометрические показатели. Известно, что колебания морфометрических показателей артемии из гипергалинных озер России зависят от условий окружающей среды [6–14]. Для зал. Сиваш имеется публикация об изменчивости цист артемии [15], однако систематические и регулярные многолетние наблюдения за популяцией артемии в этом водоеме не проводились, в связи с этим в литературе практически отсутствуют данные о размерно-весовых характеристиках особей артемии на различных стадиях развития.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор гидробиологического материала проводили в зал. Сиваш в 2023–2024 гг. в ходе прикладных научных исследований в рамках Государственного задания ФГБНУ «ВНИРО» № 076-00001-24-01, Раздел 13.

Пробы зоопланктона и бентоса отбирали в периоды весенней, летней и осенней генераций артемии. За период исследования авторами было собрано и обработано 102 пробы зоопланктона. Материалом для исследования послужили особи из трех популяций разных акваторий зал. Сиваш: Западный Сиваш, Восточный Сиваш и плесы (временно заливаемые водой участки) на Арабатской стрелке у пос. Соляное (Ленинский район Республики Крым). Морфометрическому анализу были подвергнуты 955 неполовозрелых особей арте-

мии, 46 самцов и 234 самки. Анализ проводили по 12 морфометрическим признакам, из которых 9 были пластическими (длина тела (tl), длина цефалоторакса (cl), длина абдомена (al), ширина абдомена (aw), расстояние между глазами (de), диаметр глаз (ed), длина первой антенны (la), ширина головы (hw), длина фурки (fl)) и 3 — меристическими (отношение длины абдомена к общей длине тела (al/tl, %), отношение длины цефалоторакса к длине абдомена (cl/al, мм), отношение длины фурки к длине абдомена (fl/al, %)) (рис. 1).

Сбор и камеральную обработку гидробиологических проб осуществляли по стандартным методикам [16]. Для отбора планктонных проб использовали сеть Апштейна, бентосных — учетную рамку (площадь 0,01 м²). Учитывая малые глубины водоема, для количественного учета особей артемии пробы зоопланктона собирали отцеживанием 100 л воды через планктонную сеть Апштейна. Сетное полотно выполнено из мельничного газа № 49 (размер ячеек 0,112 мм). Также определяли соленость воды рефрактометрическим солемером Master-S/Milla Atago, температуру воды измеряли термометром Kelilong. Пробы фиксировали 4%-ным формалином, камеральную обработку проводили под стереоскопическим микроскопом Микромед MC-5-ZOOM LED, взвешивали гидробионтов с помощью аналитических весов AND HR-60 (точность до 0,0001 г). Статистическую обработку данных выполняли по общепринятым методикам [17]. Расчет всех числовых показателей и построение гистограмм произведены в программе Microsoft Excel 16.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ряд особенностей делает зал. Сиваш уникальным в сравнении с другими гипергалинными водоемами России, населенными артемией. Наличие Генического пролива шириной около 130 м обеспечивает Сиваш постоянным подтоком морской воды соленостью 10–11 ‰ из Азовского моря (рис. 2).

Сиваш отделяет от Азовского моря длинная песчаная коса — Арабатская стрелка, от Черного моря — узкий Перекопский перешеек.

Протяженность Сиваша около 200 км с востока на запад, от 2 до 35 км с юга на север. Общая площадь водного зеркала залива составляет около 2500 км², из них около 600 км² — сезонно пересыхающие акватории. Чонгарский пролив разделяет

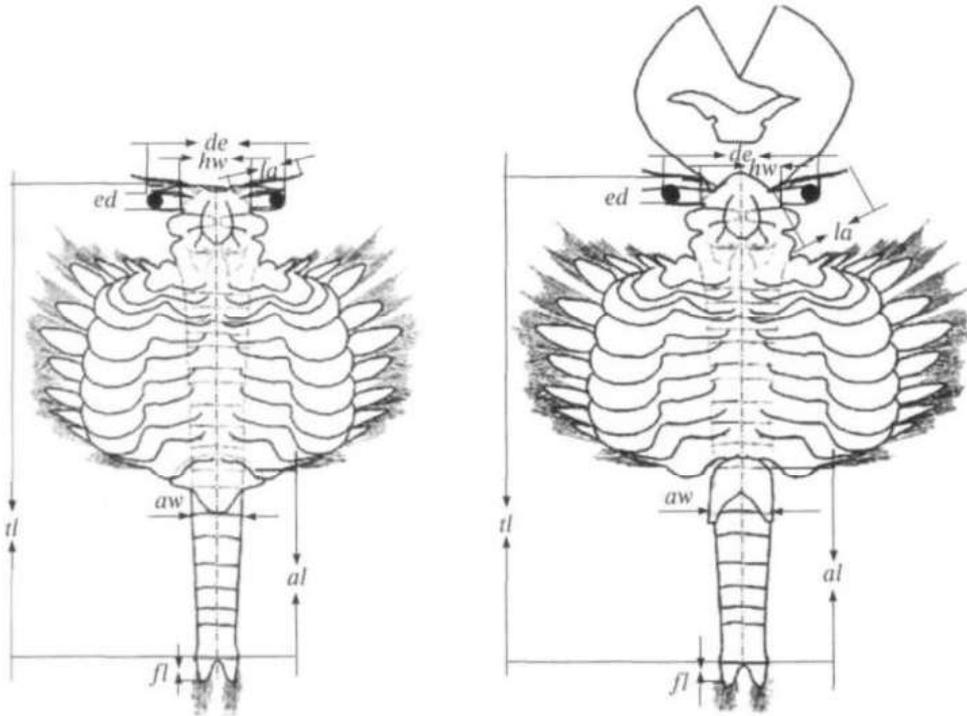


Рис. 1. Схема строения тела особей артемии с указанием морфометрических параметров (по Литвиненко, 2009 [12])

Fig. 1. Schematic representation of *Artemia* body with the indication of its morphometric parameters (based on Litvinenko, 2009 [12])

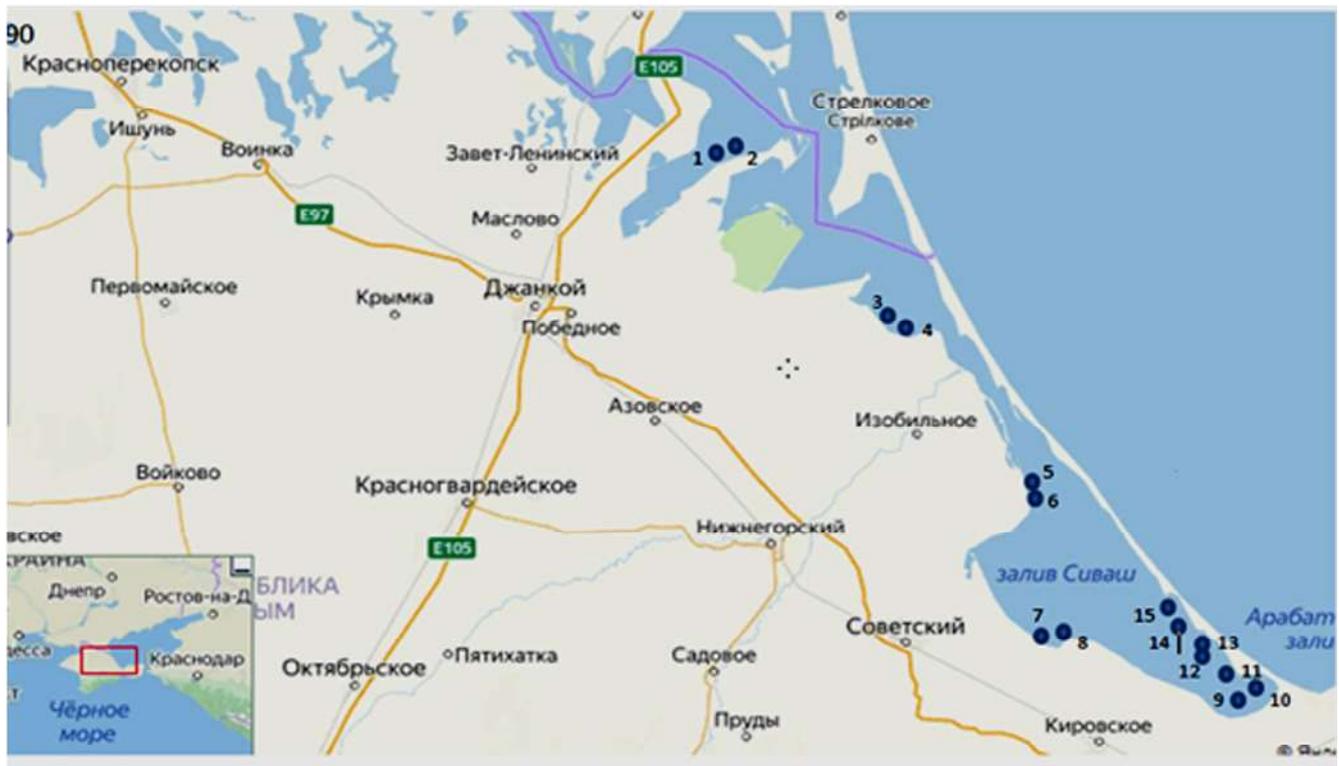


Рис. 2. Карта-схема залива Сиваш

Fig. 2. Outline map of Sivash Bay

залив на две крупные части: Восточный и Западный Сиваш. Водоемы Западного Сиваша расположены с востока на запад, а Восточный Сиваш ориентирован с севера на юг.

Водно-солевой режим отдельных акваторий Сиваша определяется географическими особенностями залива и сезонными осадками. В географическом аспекте соленость вод возрастает с востока на запад в Западном Сиваше, с севера на юг — в Восточном Сиваше. В период 2020–2024 гг. повышению общего осолонения зал. Сиваш способствовало прекращение подачи воды по Северо-Крымскому каналу.

В акватории Восточного Сиваша в первой декаде апреля 2023 г. при температуре воды 3,0 °C наб-

людался выклев науплиусов из покоящихся яиц (цист). К концу месяца популяция артемии была представлена в планктоне начальными стадиями, взрослые особи в пробах отсутствовали (рис. 3).

В популяции доминировали науплиальные стадии — 47,2 %. Доля ювенильных и предвзрослых особей составила, соответственно, 28,6 и 24,3 %. Первые науплиальные стадии рачков (ортонауплиусы) имеют нерасчлененное тело, окрашенное в оранжевый цвет [12]. Длина их туловища варьирует от 0,35 до 0,80 мм, составляя в среднем 0,54 мм (табл. 1). Средний вес ортонауплиусов при этом достигает 0,023±0,002 мг. Размеры метанауплиусов для всей акватории зал. Сиваш изменяются в диапазоне 0,60–1,25 мм,

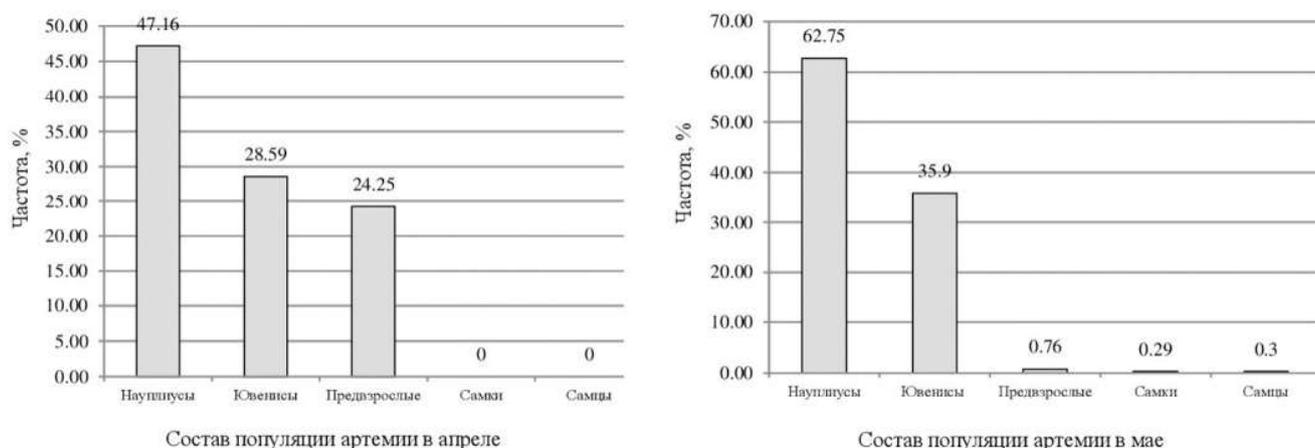


Рис. 3. Состав популяции артемии в заливе Сиваш весной (в апреле слева, в мае справа) 2023 г.

Fig. 3. Composition of the *Artemia* population in Sivash Bay in the spring season (April on the left, May on the right) of 2023

Таблица 1. Размер тела (мм) разновозрастных особей артемии весенней генерации для всей акватории залива Сиваш в июле–октябре 2021–2023 гг.

Table 1. Body length (mm) of the *Artemia* individuals belonging to the different age classes of the spring generation for the entire Sivash Bay area in July–October, 2021–2023

Стадия развития Stage of development	Размер тела, мм Body length, mm			σ	Cv
	X _{min}	X _{max}	\bar{X}		
Ортонауплиус Orthonauplius	0,35	0,80	0,54	0,106	19,59
Метанауплиус Metanauplius	0,60	1,25	0,84	0,182	21,51
Ювенильные Juvenile	0,48	3,80	1,82	0,836	46,01
Предвзрослые Pre-adult	3,10	6,83	4,56	1,002	21,99

составляя в среднем 0,84 мм. У артемии на ювенильной стадии минимальные размеры тела варьируют от 0,48 мм до 3,80 мм, в среднем составляя 1,82 мм.

Предвзрослая стадия артемии характеризуется наличием зачаточных генитальных структур, по которым можно различать будущих самцов и самок. Размер особей этой группы в планктоне зал. Сиваш изменяется от 3,10 до 6,83 мм, в среднем составляя 4,56 мм (табл. 1). Средний вес особей артемии достигает $1,49 \pm 0,154$ мг.

Длина тела артемии наиболее вариабельна у особей на ювенильных стадиях и наименее — у оргонауплиусов (табл. 1).

Во второй декаде мая 2023 г. в планктоне всей акватории зал. Сиваш присутствовали все стадии артемии (рис. 3). Основная масса популяции представлена неполовозрелыми особями, среди которых доминируют науплиальные стадии (62,75 %); доля взрослых особей незначительна, отмечается появление самок, продуцирующих яйца (рис. 3).

В результате анализа половой структуры популяций артемии из разных участков зал. Сиваш установлено нахождение партеногенетической популяции в Западном Сиваше и бисексуальных

популяций — в Восточном Сиваше и плесах на Арабатской стрелке. Отношение самок к самцам варьировало в разные годы от 2:1 до 6:1.

Средние значения морфометрических показателей артемии изученных популяций для всей акватории зал. Сиваш приведены в табл. 2. Наиболее вариабельными у самок оказались фуркальные показатели (C_v от 51,0 до 59,4 %), наименее (C_v от 13,1 % до 16,0 %) — показатели al/tl , de , hw , ed , tl .

У самцов наибольшей вариабельностью отличались абдоминальные параметры (C_v от 52,0 до 142,2 %), наименьшей (C_v от 17,4 до 30,0 %) — показатели tl , cl , la , de , hw , ed .

Рассчитанные величины отдельных морфометрических параметров свидетельствуют об их неоднородности, так как C_v у 25 % самок и 50 % самцов имеют сильную вариацию. Распределение изученных параметров у половозрелых самок оказалось неоднозначным. Часть из них имели нормальное распределение: tl , al , hw , ed , cl . У параметров al , aw , la , cl и cl/al наблюдали положительную асимметрию, у al/tl — отрицательную. Бимодальное распределение отмечено для fl/al , cl/al и fl (рис. 4).

Таблица 2. Морфометрические параметры половозрелых рачков артемии для всей акватории залива Сиваш в июле–октябре 2021–2023 гг.

Table 2. Morphometric parameters of the mature *Artemia* individuals for the entire Sivash Bay area in July–October, 2021–2023

Пластический признак Morphological character	Размер, мм Length, m			σ	C_v
	X_{\min}	X_{\max}	\bar{X}		
1	2	3	4	5	6
Самки / Females					
Общая длина тела (tl), мм Total body length (tl), mm	3,62	14,12	8,94	1,434	16,0
Длина брюшка (al), мм Abdomen length (al), mm	2,50	8,50	4,82	1,202	25,0
Ширина брюшка (aw), мм Abdomen width (aw), mm	0,38	1,12	0,61	0,134	22,1
Длина цефалоторакса (cl), мм Cephalothorax length (cl), mm	0,88	10,25	4,13	0,755	18,3
Длина фурки (fl), мм Furca length (fl), mm	0,05	0,40	0,19	0,099	51,0
Длина антенны I (la), мм Length of the 1 st antenna (la), mm	0,25	1,12	0,55	0,102	18,4
Длина между глазами (de), мм Interorbital distance (de), mm	0,88	2,12	1,25	0,183	14,7
Ширина головной капсулы (hw), мм Head capsule width (hw), mm	0,30	0,88	0,52	0,080	15,4

Таблица 2 (окончание)

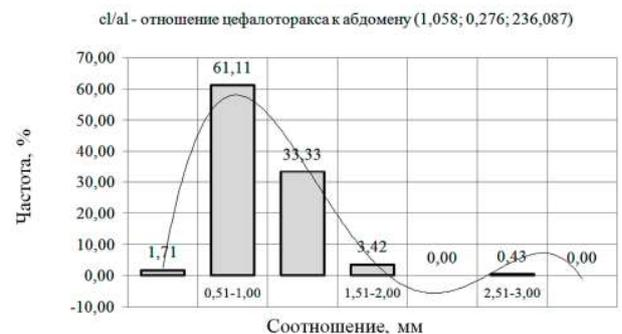
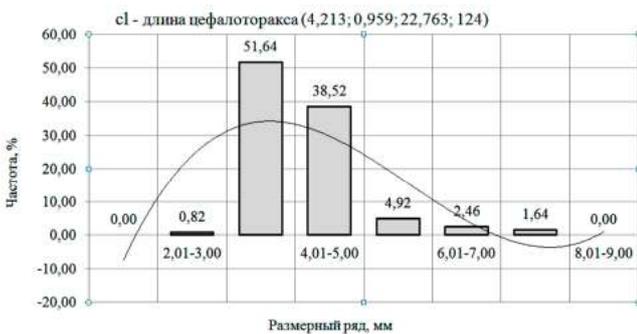
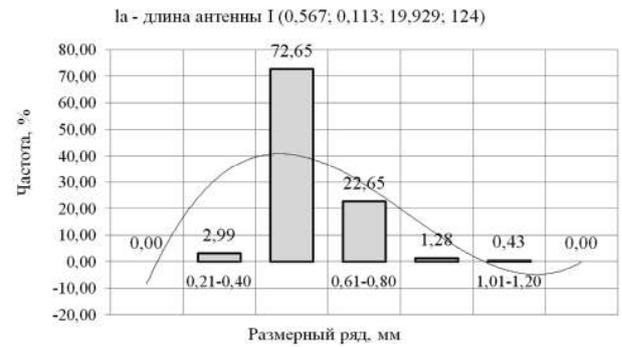
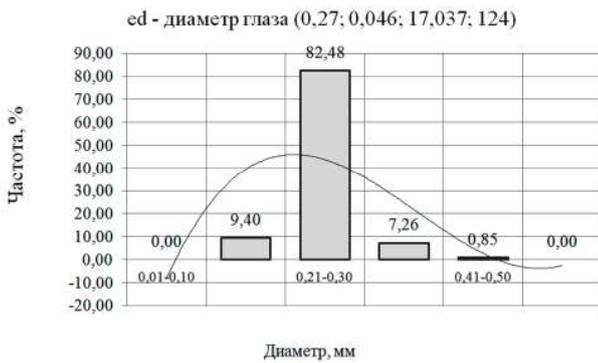
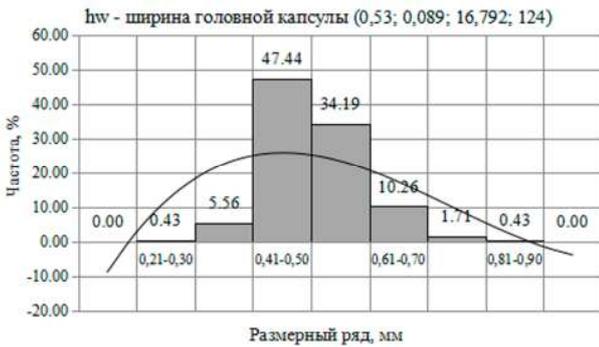
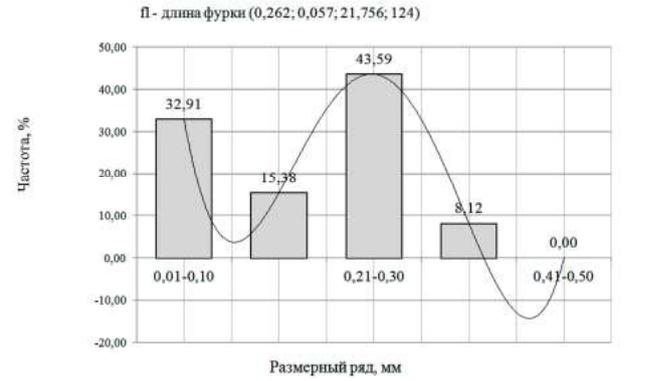
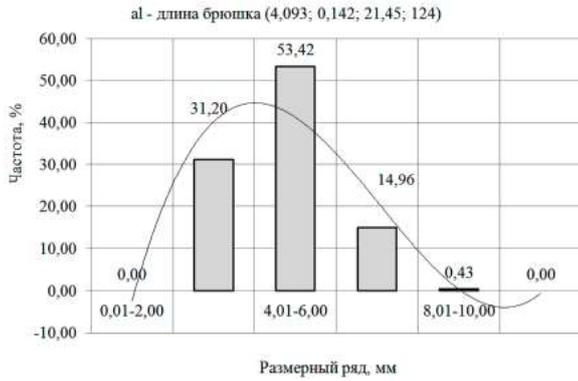
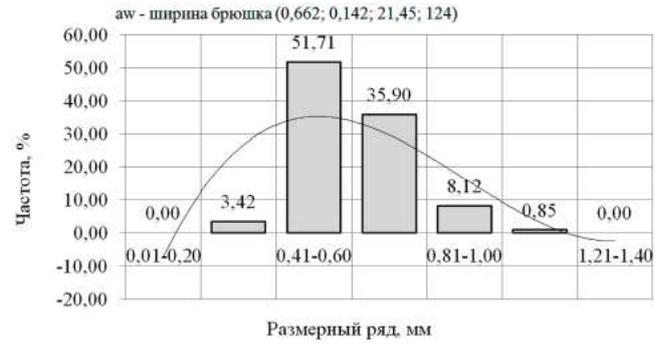
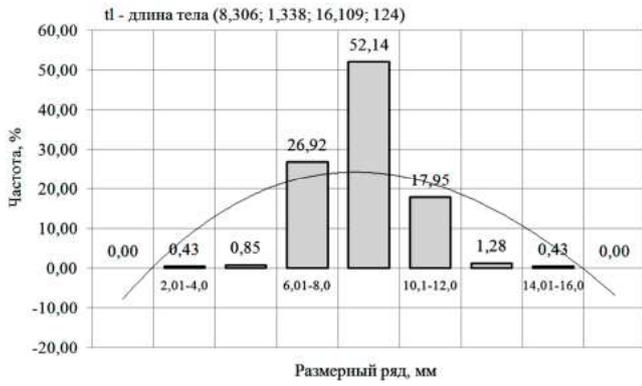
Table 2 (finished)

1	2	3	4	5	6
Диаметр глаза (ed), мм Eye diameter (ed), mm	0,18	0,42	0,26	0,041	15,6
Отношение длины цефалоторакса к длине абдомена (cl/al), мм Relation of the cephalothorax length to the abdomen length (cl/al), mm	0,32	2,64	0,91	0,276	30,4
Отношение длины абдомена к длине тела (al/tl), % Relation of the abdomen length to the total body length (al/tl), %	27,43	75,86	53,42	7,044	13,2
Отношение длины фурки к длине абдомена (fl/al), % Relation of the furca length to the abdomen length (fl/al), %	0,78	11,82	4,54	2,701	59,4
Самцы / Males					
Общая длина тела (tl), мм Total body length (tl), mm	5,62	10,95	7,38	1,285	17,4
Длина брюшка (al), мм Abdomen length (al), mm	0,62	4,75	3,59	0,448	12,48
Ширина брюшка (aw), мм Abdomen width (aw), mm	0,01	0,80	0,20	0,283	142,2
Длина цефалоторакса (cl), мм Cephalothorax length (cl), mm	2,75	7,00	5,53	1,026	18,5
Длина фурки (fl), мм Furca length (fl), mm	0,15	0,50	0,23	0,069	30,0
Длина антенны I (la), мм Length of the 1 st antenna (la), mm	0,62	1,38	0,85	0,161	18,9
Длина между глазами (de), мм Interorbital distance (de), mm	1,00	1,98	1,44	0,250	17,3
Ширина головной капсулы (hw), мм Head capsule width (hw), mm	0,35	0,75	0,54	0,111	20,6
Диаметр глаза (ed), мм Eye diameter (ed), mm	0,25	0,55	0,36	0,078	22,0
Отношение длины цефалоторакса к длине абдомена (cl/al), мм Relation of the cephalothorax length to the abdomen length (cl/al), mm	0,96	1,35	1,04	0,15	14,49
Отношение длины абдомена к длине тела (al/tl), % Relation of the abdomen length to the total body length (al/tl), %	51,1	43,4	48,9	3,6	7,3
Отношение длины фурки к длине абдомена (fl/al), % Relation of the furca length to the abdomen length (fl/al), %	35,3	10,5	6,4	1,349	21,3

Известно, что изучение живых систем предполагает определение корреляционных связей как морфологических признаков с различными факторами окружающей среды, так и непосредственно между самими признаками [12]. Морфометрические параметры находятся в определенной зависимости друг от друга — при изменении одних изменяются и другие. Можно выделить группы наиболее сильно или слабо коррелирующих при-

знаков. Нами выполнен расчет парных коэффициентов корреляции между исследованными параметрами половозрелых особей артемии (табл. 3, 4).

Между анализируемыми признаками у самок обнаружена разная степень сопряженности. Длина их тела находится в сильной положительной корреляции с длиной абдомена ($r=0,85$), средней положительной связи с длиной между глазами ($r=0,51$), длиной цефалоторакса ($r=0,55$) и индексом



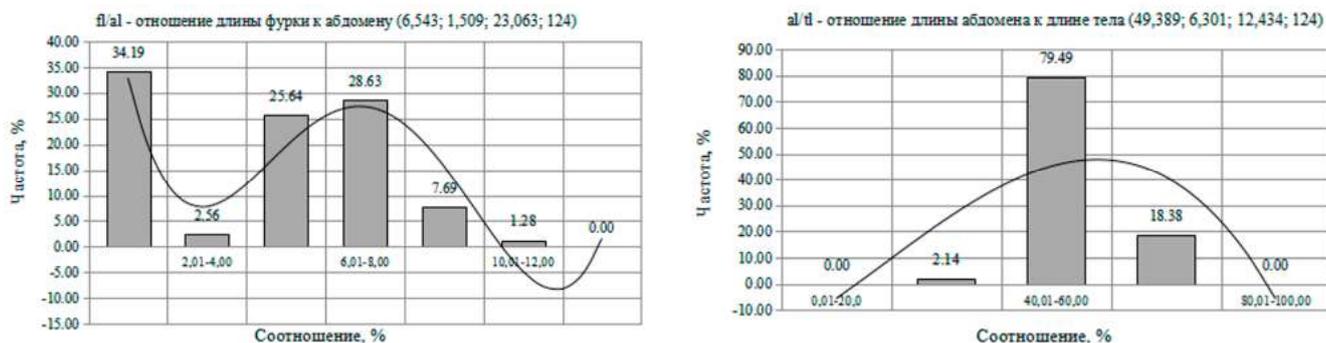


Рис. 4. Гистограммы распределения морфометрических показателей половозрелых самок артемии у трех популяций в заливе Сиваш (в скобках: средняя, стандартное отклонение, коэффициент вариации, выборка)

Fig. 4. Distribution histograms for the morphometric characteristics of the mature *Artemia* females from three populations in Sivash Bay (in brackets: average, standard deviation, coefficient of variation, sample)

Таблица 3. Корреляционная матрица морфометрических параметров самок артемии из залива Сиваш

Table 3. Correlation matrix of the morphometric parameters of the *Artemia* females from Sivash Bay

Параметр Parameter	tl	al	aw	fl	de	hw	ed	la	cl	cl/al	fl/al	al/tl
tl	1	0,85	0,18	-0,29	0,51	0,38	0,39	0,31	0,55	-0,29	-0,56	0,39
al		1	0,01	-0,51	0,39	0,30	0,27	0,23	0,02	-0,74	-0,76	0,80
aw			1	0,70	0,80	0,75	0,79	0,69	0,32	0,18	0,47	-0,18
fl				1	0,41	0,42	0,52	0,43	0,26	0,51	0,87	-0,56
de					1	0,83	0,85	0,74	0,35	-0,07	0,13	0,10
hw						1	0,71	0,64	0,25	-0,07	0,18	0,08
ed							1	0,75	0,31	-0,02	0,23	0,05
la								1	0,22	-0,05	0,16	0,05
cl									1	0,62	0,15	-0,53
cl/al										1	0,68	-0,97
fl/al											1	-0,73
al/tl												1

Таблица 4. Корреляционная матрица морфометрических параметров самцов артемии из залива Сиваш

Table 4. Correlation matrix of the morphometric parameters of the *Artemia* males from Sivash Bay

Параметр Parameter	tl	al	aw	fl	hw	de	ed	la	cl	cl/al	fl/al	al/tl
tl	1,00	0,88	0,81	0,81	0,87	0,74	0,92	0,63	0,96	0,60	0,42	-0,56
al		1,00	0,63	0,63	0,69	0,76	0,72	0,64	0,72	0,15	0,17	-0,12
aw			1,00	0,69	0,82	0,47	0,85	0,42	0,87	0,74	0,51	-0,70
fl				1,00	0,72	0,55	0,78	0,47	0,78	0,54	0,86	-0,47
de					1,00	0,74	0,92	0,66	0,87	0,63	0,47	-0,56
hw						1,00	0,65	0,64	0,65	0,26	0,21	-0,22
ed							1,00	0,60	0,94	0,71	0,53	-0,63
la								1,00	0,56	0,25	0,19	-0,20
cl									1,00	0,79	0,52	-0,75
cl/al										1,00	0,58	-0,97
fl/al											1,00	-0,51
al/tl												1,00

fl/al ($r=0,56$) и слабой связи с шириной головной капсулы ($r=0,38$), диаметром глаза ($r=0,39$), длиной антенны I ($r=0,31$) и индексом al/tl ($r=0,39$). Корреляционные индексы длины тела с остальными показателями (fl, aw, cl/al) показали отсутствие достоверной связи.

У самок близкая функциональная связь ($r=-0,97$) отмечена между величиной отношения цефалоторакса к длине абдомена и отношения длины абдомена к общей длине тела (индексы cl/al и al/tl).

Сильная связь ($r=0,7-0,9$) выявлена между индексами al и cl/al ($r=0,74$), al и fl/al ($r=0,76$), al и al/tl ($r=0,80$), aw и fl ($r=0,70$), aw и hw ($r=0,75$), aw и de ($r=0,80$), а также между aw и ed ($r=0,79$). Аналогичная сильная положительная связь отмечена для fl индекса fl/al ($r=0,87$), между hw и de ($r=0,83$), hw и ed ($r=0,85$), hw и la ($r=0,74$), de и ed ($r=0,71$), de и la ($r=0,75$), индексами fl/al и al/tl ($r=0,73$).

Значительная (средняя) связь ($r=0,5-0,7$) выявлена между al и fl ($r=-0,51$), aw и la ($r=0,69$), fl и ed ($r=0,52$), fl и cl/al ($r=0,51$), fl и al/tl ($r=-0,56$), de и la ($r=0,64$), cl и cl/al ($r=0,62$), cl и al/tl ($r=-0,53$), индексами cl/al и fl/al ($r=0,68$).

Отсутствуют связи между параметрами al и aw, al и cl, hw и индексом cl/al, de и индексами cl/al и al/tl, ed. Остальные связи слабые.

Сопряженность признаков между собой в целом оказалась очень сильной и сильной в 25,7 % от всех сравниваемых пар, средней — в 18,2 %, слабой — в 45,5 % и отсутствовала в 10,6 %.

У самцов между анализируемыми признаками также обнаружена разная степень сопряженности (табл. 4). Длина тела рачков находится в сильной положительной корреляции с абдоминальными параметрами al ($r=0,88$) и aw ($r=0,81$), длиной фурки ($r=0,81$), длиной между глазами ($r=0,87$), шириной головной капсулы ($r=0,74$).

Близкая функциональная связь отмечена между длиной тела и диаметром глаза ($r=0,92$) и цефалотораксом ($r=0,96$), длиной между глазами и диаметром глаз ($r=0,92$), диаметром глаз и длиной цефалоторакса ($r=0,94$) и индексами cl/al и al/tl ($r=-0,97$). Установлена средняя связь между длиной тела и длиной антенны I ($r=0,63$), индексами cl/al ($r=0,60$) и al/tl ($r=-0,56$), а также слабая связь с индексом fl/al ($r=0,42$).

Также сильная связь ($r=0,7-0,9$) установлена для других параметров тела самцов артемии: между al и de ($r=0,76$), al и ed ($r=0,72$), al и cl ($r=0,72$), aw и hw ($r=0,82$), aw и ed ($r=0,85$), hw и cl ($r=0,87$),

hw и индексами cl/al ($r=0,74$) и al/tl ($r=-0,70$). Фуркальные показатели (fl) сильно коррелируют с hw ($r=0,72$), ed ($r=0,78$), cl ($r=0,78$) и индексом fl/al ($r=0,86$). Длина между глазами связана высокой (сильной) связью с шириной головной капсулы ($r=0,74$) и длиной цефалоторакса ($r=0,87$), диаметр глаз — с индексом cl/al ($r=0,71$), длина цефалоторакса — с индексом cl/al ($r=0,79$).

Значительная (средняя) связь ($r=0,5-0,7$) выявлена между al и aw ($r=0,63$), al и fl ($r=0,63$), al и hw ($r=0,69$), al и la ($r=0,64$), aw и fl ($r=0,69$), aw и индексом fl/al ($r=0,51$), fl и de ($r=0,55$), fl и индексом cl/al ($r=0,54$), hw и la ($r=0,66$), hw и индексами cl/al ($r=0,63$) и al/tl ($r=-0,56$), de и ed ($r=0,65$), de и la ($r=0,64$), de и cl ($r=0,65$), ed и la ($r=0,60$), ed и fl/al ($r=0,53$), ed и al/tl ($r=-0,63$), la и cl ($r=0,56$), cl и fl/al ($r=0,52$), индексами cl/al и fl/al ($r=0,58$), а также fl/al и al/tl ($r=-0,51$).

Отсутствуют связи между параметром al и индексами cl/al, fl/al, al/tl, между al и fl/al, la и индексами fl/al, al/tl. Остальные связи слабые. Сопряженность признаков между собой у самцов в целом оказалась очень сильной и сильной в 39,4 % от всех сравниваемых пар, средней — в 31,8 %, слабой — в 9,1 % и отсутствовала в 19,7 %.

ВЫВОДЫ

В зал. Сиваш выявлены партеногенетическая и бисексуальная популяции артемии. Самки имеют более крупные размеры по сравнению с самцами. Наиболее вариabельными параметрами были фуркальные показатели у самок и абдоминальные — у самцов.

Распределение морфометрических параметров у половозрелых самок и самцов оказалось неоднозначным: нормальное распределение выявлено для длины тела (tl) и абдомена (al), ширины головной капсулы (hw), диаметра глаза (ed), длины цефалоторакса (cl). Бимодальное распределение параметров отмечено для длины фурки (fl).

Взаимосвязь отсутствует между длиной и шириной брюшка у самок ($r=0,01$), а величина отношения длины абдомена к общей длине тела демонстрирует сильную корреляционную связь ($r=-0,97$).

Сопряженность признаков у самок артемии оказалась сильной в 25,7 % от всех сравниваемых пар, средней — в 18,2 %, слабой — в 45,5 % и отсутствовала в 10,6 %. У самцов она была сильной в 39,4 % от всех сравниваемых пар, средней — в 31,8 %, слабой — в 9,1 % и отсутствовала в 19,7 %.

БЛАГОДАРНОСТИ

Данное прикладное научное исследование выполнено в рамках Государственного задания ФГБНУ «ВНИРО» № 076-00001-24-01, Раздел 13.

ACKNOWLEDGMENTS

This applied research has been conducted as part of the State Assignment of the FSBSI “Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography” No. 076-00001-24-0, Section 13.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронов П.М. *Artemia salina* L. водоемов Крыма и ее хозяйственное использование : автореф. дис. канд. биол. наук. М.: Изд-во ВНИРО, 1975. 30 с.
2. Руднева И.И. Артемия. Перспективы использования в народном хозяйстве. К.: Наукова думка, 1991. 144 с.
3. Боровская Р.В., Жугайло С.С., Пугач М.Н., Аджиумеров Э.Н., Кривогуз Д.О. Современное состояние среды обитания промысловых беспозвоночных гипергалинных озер Крыма. *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2020. Т. 3, № 4: 35–49. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2020_3_4_35.
4. Семик А.М., Замятина Е.А. Исследование объемов водных биологических ресурсов (артемия, хирономиды) в заливе Сиваш. *Труды Южного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии*. 2017. Т. 54: 131–136.
5. Семик А.М., Саенко Е.М., Замятина Е.А. Современное состояние популяции жаброногого рачка рода *Artemia* Leach, 1819 в восточной части залива Сиваш. *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2019. Т. 2, № 2: 45–56. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2019_2_2_45.
6. Веснина Л.В., Лукерина Г.В., Ронжина Т.О. Результаты многолетнего экологического мониторинга гипергалинного озера Большое Яровое, г. Славгород Алтайского края. *Рыбное хозяйство*. 2019. № 4: 19–27.
7. Веснина Л.В., Лукерина Г.В., Ронжина Т.О., Савоськин А.В., Сурков Д.А. Морфометрические исследования самцов артемии из разных популяций гипергалинных водоемов Алтайского края. *Рыбоводство и рыбное хозяйство*. 2020. № 7 (174): 28–39. <https://doi.org/10.33920/sel-09-2007-03>.
8. Литвиненко Л.И., Куцанов К.В., Разова Л.Ф., Гадиадуллина А.Ш., Герасимов А.Г., Бражников Е.В. Внутри- и межпопуляционная изменчивость цист и взрослых стадий артемии (Branchiopoda: Anostraca) в сибирских популяциях (морфометрия). *Морской биологический журнал*. 2021. Т. 6, № 2: 33–51. <https://doi.org/10.21072/mbj.2021.06.2.03>.
9. Бойко Е.Г., Литвиненко Л.И., Воронцова П.И. Морфометрическая характеристика половозрелых самок артемии из озера Эбейты Омской области в разные вегетационные сезоны. *АПК: инновационные технологии*. 2022. № 2 (57): 11–19. https://doi.org/10.35524/2687-0436_2022_02_11.
10. Веснина Л.В., Романова Н.С., Лассый М.В., Веснин Ю.А., Безматерных Д.М. Биологические характеристики ракообразных *Artemia* sp. из разнотипных гипергалинных водоемов Кулундинской равнины. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство*. 2024. № 1: 29–42. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-1-29-42>.
11. Шевченко Е.С., Бойко Е.Г. Влияние некоторых абиотических факторов на морфометрические параметры рачков рода *Artemia* из озера Б. Медвежье Курганской области. *Успехи молодежной науки в агропромышленном комплексе : матер. LIX студенческой науч.-практ. конф. (г. Тюмень, 30 ноября 2022 г.)*. Тюмень: Изд-во Государственного аграрного университета Северного Зауралья, 2022: 377–388.
12. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г. Артемия в озерах Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 2009. 304 с.
13. Литвиненко Л.И., Бизиков В.А., Ковачева Н.П., Саенко Е.М., Веснина Л.В., Куцанов К.В., Семик А.М., Паршин-Чудин А.В. Методические рекомендации по оценке запаса и прогнозированию рекомендованного объема добычи (вылова) артемии. М.: Изд-во ВНИРО, 2019. 50 с.
14. Артемия в гипергалинных водоемах России (география, биоразнообразие, экология, биология и практическое использование) : монография / сост. Л.И. Литвиненко, М.А. Корентович, Е.Г. Бойко, А.И. Литвиненко, П.А. Зенкович. Тюмень: Изд-во Государственного аграрного университета Северного Зауралья, 2024. 364 с.
15. Семик А.М., Саенко Е.М., Замятина Е.А. Изменчивость размеров цист артемии в заливе Сиваш. *Промысловые беспозвоночные : матер. IX Всерос. науч. конф. (г. Керчь, 20 сентября – 2 октября 2020 г.)*. Симферополь: Ариал, 2020: 115–121.
16. Жадин В.И. Методы гидробиологического исследования. М.: Высшая школа, 1960. 191 с.
17. Лакин Г.Ф. Биометрия : учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.

REFERENCES

1. Voronov P.M. *Artemia salina* L. vodoemov Kryma i ee khozyaystvennoe ispol'zovanie : avtoref. dis. kand. biol. nauk [*Artemia salina* L. in Crimean water bodies and its use in economy. Extended abstract of Candidate's (Biology) Thesis]. Moscow: VNIRO Publ., 1975. 30 p. (In Russian).

2. Rudneva I.I. Artemiya. Perspektivy ispol'zovaniya v narodnom khozyaystve [Artemia. Prospects of use in the national economy]. Kyiv: Naukova dumka [Scientific Thought], 1991. 144 p. (In Russian).
3. Borovskaya R.V., Zhugaylo S.S., Pugach M.N., Adzhumerov E.N., Krivoguz D.O. Sovremennoe sostoyanie sredy obitaniya promyslovykh bespozvonochnykh gipergalinnyykh ozer Kryma [Current state of the habitat of commercial invertebrates in the hypersaline lakes of Crimea]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic Bioresources & Environment]. 2020. Vol. 3, no. 4: 35–49. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2020_3_4_35. (In Russian).
4. Semik A.M., Zamyatina E.A. Issledovanie ob'emov vodnykh biologicheskikh resursov (artemiya, khironomidy) v zalive Sivash [Study of the volumes of aquatic biological resources (Artemia, Chironomids) in the Sivash Bay]. *Trudy Yuzhnogo nauchno-issledovatel'skogo instituta rybnogo khozyaystva i okeanografii* [Proceedings of the Southern Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography]. 2017. Vol. 54: 131–136. (In Russian).
5. Semik A.M., Saenko E.M., Zamyatina E.A. Sovremennoe sostoyanie populyatsii zhabronogogo rachka roda *Artemia* Leach, 1819 v vostochnoy chasti zaliva Sivash [Current status of the brine shrimp population *Artemia* Leach, 1819 in the Eastern Sivash Bay]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic Bioresources & Environment]. 2019. Vol. 2, no. 2: 45–56. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2019_2_2_45. (In Russian).
6. Vesnina L.V., Lukerina G.V., Ronzhina T.O. Rezul'taty mnogoletnego ekologicheskogo monitoringa gipergalinnogo ozera Bol'shoe Yarovoe, g. Slavgorod Altayskogo kraya [Results of long-term environmental monitoring of the hypervalent Bolshoe Yarovoe Lake, Slavgorod, Altai Region]. *Rybnoe khozyaystvo* [Fisheries]. 2019. No. 4: 19–27. (In Russian).
7. Vesnina L.V., Lukerina G.V., Ronzhina T.O., Savoskin A.V., Surkov D.A. Morfometricheskie issledovaniya samtsov artemii iz raznykh populyatsiy gipergalinnyykh vodoemov Altayskogo kraya [Morphometric studies of *Artemia* males from different populations of the Altai Region]. *Rybovodstvo i rybnoe khozyaystvo* [Fish Breeding and Fisheries]. 2020. No. 7 (174): 28–39. <https://doi.org/10.33920/sel-09-2007-03>. (In Russian).
8. Litvinenko L.I., Kutsanov K.V., Razova L.F., Gadiadullina A.Sh., Gerasimov A.G., Brazhnikov E.V. Vnutri- i mezhpopylyatsionnaya izmenchivost' tsist i vzroslykh stadiy artemii (Branchiopoda: Anostraca) v sibirskikh populyatsiyakh (morfometriya) [Intra- and interpopulation variability of cysts and adults of *Artemia* (Branchiopoda: Anostraca) in Siberian populations (morphometry)]. *Morskoy biologicheskiy zhurnal* [Marine Biological Journal]. 2021. Vol. 6, no. 2: 33–51. <https://doi.org/10.21072/mbj.2021.06.2.03>. (In Russian).
9. Boyko E.G., Litvinenko L.I., Vorontsova P.I. Morfometricheskaya kharakteristika polovozrelykh samok artemii iz ozera Ebeyty Omskoy oblasti v raznye vegetatsionnye sezony [The morphometric characteristics of sexually mature female *Artemia* from Lake Ebeyty of the Omsk Region in different growing seasons]. *APK: innovatsionnye tekhnologii* [AIC: Innovative Technologies]. 2022. No. 2 (57): 11–19. https://doi.org/10.35524/2687-0436_2022_02_11. (In Russian).
10. Vesnina L.V., Romanova N.S., Lassyy M.V., Vesnin Yu.A., Bezmaternyykh D.M. Biologicheskie kharakteristiki rakoobraznykh *Artemia* sp. iz raznotipnykh gipergalinnyykh vodoemov Kulundinskoy ravniny [Biological characteristics of crustaceans *Artemia* sp. from the diverse hypergaline reservoirs of the Kulunda Plain]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khozyaystvo* [Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry]. 2024. No. 1: 29–42. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-1-29-42>. (In Russian).
11. Shevchenko E.S., Boyko E.G. Vliyanie nekotorykh abioticheskikh faktorov na morfometricheskie parametry rachkov roda *Artemia* iz ozera B. Medvezh'e Kurganskoy oblasti [Influence of some abiotic factors on the morphometric parameters of crustaceans of the genus *Artemia* from Lake B. Medvezh'ye, Kurgan Region]. In: *Uspekhi molodezhnoy nauki v agropromyshlennom komplekse : materialy LIX studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (g. Tyumen', 30 noyabrya 2022 g.)* [Advances of the young scientists in the agricultural and industrial fields. Proceedings of the 59th Student Scientific and Practical Conference (Tyumen, 30 November, 2022)]. Tyumen: Gosudarstvennyy agrarnyy universitet Severnogo Zaural'ya [Northern Trans-Ural State Agricultural University] Publ., 2022: 377–388. (In Russian).
12. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G. Artemiya v ozerakh Zapadnoy Sibiri [Brine shrimp *Artemia* in Western Siberia lakes]. Novosibirsk: Nauka [Science], 2009. 304 p. (In Russian).
13. Litvinenko L.I., Bizikov V.A., Kovacheva N.P., Saenko E.M., Vesnina L.V., Kutsanov K.V., Semik A.M., Parshin-Chudin A.V. Metodicheskie rekomendatsii po otsenke zapasa i prognozirovaniyu rekomendovannogo ob'ema dobychi (vylova) artemii [Methodological recommendations on stock assessment and forecasting of recommended catch (yield) of *Artemia*]. Moscow: VNIRO Publ., 2019. 50 p. (In Russian).
14. Artemiya v gipergalinnyykh vodoemakh Rossii (geografiya, bioraznoobrazie, ekologiya, biologiya i prakticheskoe ispol'zovanie) : monografiya [Artemia in the hypersaline water bodies of Russia. Monograph]. L.I. Litvinenko, M.A. Korentovich, E.G. Boyko,

- A.I. Litvinenko, P.A. Zenkovich (eds.). Tyumen: Gosudarstvennyy agrarnyy universitet Severnogo Zaural'ya [Northern Trans-Ural State Agricultural University] Publ., 2024. 364 p. (In Russian).
15. Semik A.M., Saenko E.M., Zamyatina E.A. *Izmenchivost' razmerov tsist artemii v zalive Sivash* [The size of cystal *Artemia* populations genus Leach, 1819 in the Sivash Bay]. In: *Promyslovye bespozvonochnye : materialy IX Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii (g. Kerch', 20 sentyabrya – 2 oktyabrya 2020 g.)* [Commercial invertebrates. Proceedings of the 9th All-Russian Scientific Conference (Kerch, 20 September – 2 October, 2020)]. Simferopol: Arial, 2020: 115–121. (In Russian).
16. Zhadin V.I. *Metody gidrobiologicheskogo issledovaniya* [Methods of hydrobiological research]. Moscow: Vysshaya shkola [Higher School], 1960. 191 p. (In Russian).
17. Lakin G.F. *Biometriya : uchebnoe posobie* [Biometry. Study guide]. Moscow: Vysshaya shkola [Higher School], 1990. 352 p. (In Russian).

Об авторах:

Семик Александр Михайлович, заведующий сектором гипергалинных водоемов Отдела «Керченский» Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») (298300, г. Керчь, ул. Свердлова, 2), semikam@azniirkh.vniro.ru

Замятина Евгения Александровна, главный специалист сектора гипергалинных водоемов Отдела «Керченский» Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») (298300, г. Керчь, ул. Свердлова, 2), zamyatinaea@azniirkh.vniro.ru

Поступила в редакцию 23.09.2024

Поступила после рецензии 14.11.2024

Принята к публикации 15.11.2024

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант.

Received 23.09.2024

Revised 14.11.2024

Accepted 15.11.2024

Conflict of interest statement

The authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.