УДК 595.3:556.55 (571.150) doi: 10.25750/1995-4301-2026-3-191-199

Продукционные характеристики артемии (Crustacea, Anostraca *Artemia* spp.) в озёрах разного типа минерализации на юге Западной Сибири

© 2026. Л. В. Веснина, д. б. н., с. н. с.,
Д. М. Безматерных, д. б. н., зам. директора по научной работе,
М. В. Лассый, лаборант, Ю. А. Веснин, инженер,
Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения
Российской академии наук,
656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1,
e-mail: artemia.vesnina@mail.ru

Приведены результаты исследований гидрохимических и продукционных характеристик *Artemia* spp. из 8 разнотипных озёр юга Западной Сибири, проведённых с июля по октябрь 2024 г. По преобладающим анионам гипергалинные озёра были подразделены на 3 типа: гидрокарбонатные (оз. Танатар III), сульфатные (оз. Мормышанское) и хлоридные (озёра Кулундинское, Малое Яровое, Большое Яровое, Малиновое, Кучукское, Малое Шкло). Установлено, что зоопланктон гипергалинных озёр включает партеногенетические и бисексуальные популяции рачка *Artemia* spp. Определены продукционные характеристики популяций артемии под влиянием основных факторов окружающей среды – характеристик минерализации рапы. Плодовитость самок *A. parthenogenetica* в озёрах хлоридного типа не имеет значительного отличия от плодовитости самок *Artemia* sp. Kazakhstan ($p > 0,05$). При этом выявлено значительное отличие самок рачка, обитающих в хлоридных озёрах, от самок, обитающих в сульфатных (коэффициенты Краскела-Уоллиса $H = 18,13$; $p < 0,01$) и гидрокарбонатных ($H = 16,40$; ($p < 0,01$) озёрах. Между самками из сульфатных и гидрокарбонатных озёр значительного отличия не выявлено. Наименьшая плодовитость артемии была характерна для рачков из озёр хлоридного типа.

Ключевые слова: гипергалинные озёра, жаброногие рачки, партеногенетические и бисексуальные популяции, типы озёр, солёность.

Artemia spp. (Crustacea, Anostraca) productivity characteristics in lakes with different salinity in the southern Western Siberia

© 2026. L. V. Vesnina ORCID: 0000-0003-1325-9030, **D. M. Bezmaternykh** ORCID: 0000-0002-7747-4939,
M. V. Lassyy ORCID: 0000-0003-4042-5858, **Yu. A. Vesnin** ORCID: 0000-0003-2792-8039,
Institute of Water and Environmental Problems of Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences,
1, Molodyozhnaya St., Barnaul, Russia, 656038,
e-mail: artemia.vesnina@mail.ru

The results of a study of the hydrochemical and production characteristics of *Artemia* spp. in eight different types of lakes in southern Western Siberia are presented. The research was conducted from July to October 2024. All of the studied lakes are shallow, with the maximum depth recorded in Lake Bolshoye Yarovoye (7.4 m) and Lake Maloye Yarovoye (5.0 m). They are located in the arid and semi-arid zones of the Kulunda Plain. The salinity of the studied lakes in the Altai Krai varied greatly, ranging from 41.2 ± 1.3 (Lake Maloe Shklo) to 251 ± 36 g/L (Lake Kuchuk). Based on the results of hydrochemical analysis, three types of lakes were identified: hydrocarbonate (Lake Tanatar III) with a dominant bisexual population of *Artemia* sp. Kazakhstan, sulphate (Lake Mormyshanskoe) with a dominant parthenogenetic population of *A. parthenogenetica*, and chloride (lakes Kuchuk, Kulunda, Maloye Yarovoye, Bolshoye Yarovoye, Maloye Shklo, Malinovoye) – represented by both populations (parthenogenetic and bisexual). We studied 817 females of *Artemia* parthenogenetic and bisexual populations for morphometric analysis. The overall fertility of *Artemia* sp. Kazakhstan and *A. parthenogenetica* females does not differ significantly. However, a significant difference was found in the fertility of female crustaceans inhabiting chloride and sulphate lakes (Kruskal – Wallis test $H = 18.13$; $p < 0.01$) and hydrocarbonate lakes ($H = 16.40$; $p < 0.01$). No significant difference was found between females from sulphate and hydrocarbonate lakes ($p > 0.05$). Thus, females from hyperhaline chloride lakes are characterised by the lowest fertility. The most informative morphometric indicators for assessing pro-

ductivity are the dimensional characteristics of the ovary. Females of the chloride-type lake crustacean had the smallest ovary length and width, which is one of the reasons for their lowest fertility.

Keywords: hyperhaline lakes, branchiopods, parthenogenetic and bisexual populations, lake types, salinity.

В Западной Сибири естественный ареал рачка артемии приурочен к аридной и полуаридной зонам равнины и ограничен с севера линией Барабинск – Тюкалинск – Ишим – Шадринск, а с юга примыкает к Казахстанскому ареалу рачка в гипергалинных озёрах зоны полупустынь. Существующие популяции жаброногого рачка размножаются партеногенетически и половым путём. Из около 470 описанных популяций артемии 36 % размножаются облигатным партеногенезом [1]. В водоёмах юга Западной Сибири большинство популяций артемии являются партеногенетическими, исключения составляют популяции в озёрах Танатар III, Малое Шкло, Кучукское, в которых отмечены и бисексуальные популяции. Размножение артемии может осуществляться откладыванием яиц и живорождением, при этом выделяют два типа яиц: летние (тонкоскорлуповые) и цисты (толстоскорлуповые, диапаузирующие). Из тонкоскорлуповых яиц выклев науплий осуществляется после вымётывания их самкой. Толстоскорлуповые яйца содержат эмбрионы на стадии гаструлы, покрытые толстой оболочкой, находящиеся в состоянии диапаузы. В исследованных гипергалинных озёрах отмечено 3–4 поколения рачка *Artemia* spp. Период созревания, рост, размножение и репродуктивная характеристика каждого поколения зависят от факторов внешней среды, в основном характеристик минерализации рапы [2]. Под продукционными характеристиками, помимо величины прироста биомассы популяции за определённый промежуток времени, также понимают интенсивность размножения в разных условиях, а также характеристики факторов внешней среды, влияющих на развитие популяции.

Целью данной работы является анализ плодовитости и некоторых морфометрических признаков половозрелых особей рачка *Artemia* spp. партеногенетических и бисексуальных популяций под влиянием различных типов солёности рапы.

Объекты и методы исследования

В 2024 г. (июль, август, сентябрь, октябрь) было обследовано 8 гипергалинных озёр: Мормышанское, Кучукское, Кулундинское, Малое Яровое, Большое Яровое, Малое Шкло, Танатар III, Малиновое. Озёра находятся на западе Алтайского края (рис. 1).

Акватория исследованных гипергалинных озёр значительно различалась по площади: от 1,3 (Малое Шкло) до 66,7 км^2 (Большое Яровое). К крупным по площади водоёмам относятся озёра Кулундинское (728 км^2) и Кучукское (181 км^2). Все водоёмы мелководные, максимальная глубина отмечена в озёрах Большое Яровое (7,4 м) и Малое Яровое (5,0 м). Изученные озёра расположены в аридной и полуаридной зонах Западно-Сибирской низменности. Они занимают бессточные котловины в осадочных породах. Подпитка

Рис. 1. Картосхема района исследований
Fig. 1. Cartography of the study area

осуществляется подземным и, в большей степени, поверхностным стоком, включая сток впадающих рек [2, 3].

Анализ химического состава рапы изученных озёр проводили стандартными методами в лаборатории биогеохимии ИВЭП СО РАН. Отбор и обработка проб осуществлялись согласно общепринятым методам и методикам. Разделение вод по солёности проводили с использованием классификации А.В. Щербакова [4]. Сбор гидробиологического материала осуществляли малой планктонной сетью Апштейна (размер ячеи 64 мкм) и камерально обрабатывали в соответствии со стандартными методиками [5]. Консервацию проб проводили 4 % раствором формалина.

Для морфометрического анализа было изучено 817 самок рачка артемии партеногенетических и бисексуальных популяций. Анализ проводили по 3 пластическим признакам: длина тела (*tl*), длина овисака (*ol*), ширина овисака (*ow*). Для характеристики плодовитости рачков ежемесячно отбирали 50–100 экземпляров живых овулятивных самок. Просчитывали количество эмбрионов (науплиусов, летних яиц, цист). Обработку проб проводили с использованием стереомикроскопа МБС-10 с окуляр-микрометром.

Статистическую обработку данных выполняли по общепринятым методикам [6] с применением программ MS Excel и Statistica 12.

Результаты и обсуждение

Солёность воды – важный экологический лимитирующий фактор для размножения водных беспозвоночных. Некоторые из них обладают высокой эвригалинностью и могут размножаться в её пределах от 16 до 280 ‰ (*Artemia* sp.; *Diaptomus salinus* Dad.) [7]. Промежуточное положение между морской и пресноводной фауной занимают солоноватоводные виды, диапазон размножения которых ограничен солёностью 5–8 ‰. В работе [8] доказано, что солёность 5–8 ‰ – универсальный барьер для ряда функций организма, в том числе и для размножения ракообразных. Позже в работах [9, 10] была отмечена неравноценность зон барьерной солёности и выделены основные границы хорогалинных зон (для океана > 50 ‰, для Каспия > 5,5 ‰, для Арала > 51 ‰). Для морских видов она является нижней, а для пресноводных – верхней границей жизнедеятельности и чаще всего становится предлетальной или даже летальной. Как правило, степень эвригалинности яиц и вышедшей из них молоди намного меньше, чем у взрослых животных.

Возможность прохождения этапа воспроизводства в условиях наиболее оптимальных границ солёности у гидробионтов достигается в основном путём миграции в воду с благоприятной для размножения солёностью. У некоторых ракообразных необходимость миграции эволюционно закончилась переходом от личиночного к прямому развитию, сокращением числа личиночных стадий и увеличением продолжительности эмбриогенеза, что обеспечивает более надёжную защиту развивающегося зародыша от воздействия неблагоприятных факторов среды в выводковых камерах (*Cladocera*) или в овисаках (*Artemia*) [3].

Рассматривая репродукцию ракообразных как класса в целом, в работе [11] делается вывод, что для размножения большинства видов требуется среда с определённой солёностью. Воспроизводство ракообразных зависит от сочетания температуры и солёности: при повышении солёности температурные границы размножения смещаются в более низкую сторону. Наоборот, при опреснении ракообразные начинают процесс воспроизводства при более высокой температуре.

Значение солёности водной среды является лимитирующим фактором для *Artemia* spp. Отмечено, что граница оптимальных условий воспроизводства рачка по минерализации воды в условиях юга Западной Сибири находится в пределах 20–280 г/л [2]. Степень эвригалинности цист рачка и науплиусов при его живорождении значительно меньше, чем у взрослых рачков [8], поэтому солёность воды не является критическим фактором для науплиусов в весенний период и для репродукции рачков при наличии постоянной пресной подпитки гипергалинных озёр.

Величина минерализации исследованных нами в 2024 г. озёр Алтайского края сильно различалась – от 41,2±1,3 (оз. Малое Шкло) до 251±36 г/л (оз. Кучукское) (табл.).

В работе [12] показано наличие тенденции обратной корреляционной зависимости видового состава зоопланктона в пресноводных озёрах Алтайского края от общей минерализации воды ($r = -0{,}58 \pm 0{,}15$ при $p < 0{,}05$). По нашим данным, гипергалинные водоёмы представлены только двумя галофильными видами: бисексуальными популяциями *Artemia* sp. Kazakhstan и партеногенетическими популяциями *A. parthenogenetica*.

Кроме общей солёности, на условия обитания и воспроизводства гидробионтов оказывает влия-

Таблица / Table

Химический состав рапы гипергалинных озёр юга Западной Сибири
Brine chemical composition in hyperhaline lakes in the south of Western Siberia

Тип Type	Озеро Lake	Солёность, г/л Salinity, g/L	Содержание, г/ л / Content, g/L					
			HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^+ + K^+$
Гидрокарбонатный Bicarbonate	Танатар III Tanatar III	110,0 ± 2,2	43,5 ± 0,9	1,04 ± 0,05	11,35 ± 0,10	0,004 ± 0,000	0,17 ± 0,02	37,0 ± 0,8
Сульфатный Sulfate	Мормышанское Mormyshanskoe	159 ± 6	1,21 ± 0,04	71,8 ± 3,6	32,5 ± 0,6	0,103 ± 0,001	1,44 ± 0,14	52,1 ± 1,6
Хлоридный Chloride	Кучукское Kuchukskoe	251 ± 36	0,17 ± 0,00	6,9 ± 1,2	146 ± 23	0,166 ± 0,034	1,39 ± 0,14	97 ± 14
	Кулундинское Kulundinskoe	57,2 ± 0,8	1,34 ± 0,06	6,1 ± 0,6	31,7 ± 0,4	0,272 ± 0,037	7,22 ± 0,12	10,27 ± 0,38
	Малое Яровое Maloe Yarovoe	152 ± 34	0,50 ± 0,11	0,63 ± 0,10	93 ± 20	0,147 ± 0,025	4,0 ± 0,8	54 ± 13
	Большое Яровое Bolshoe Yarovoe	130,3 ± 2,7	0,68 ± 0,02	3,7 ± 0,5	81,7 ± 1,7	0,566 ± 0,012	12,70 ± 0,35	30,8 ± 1,5
	Малое Шкло Maloe Shklo	41,2 ± 1,3	3,8 ± 0,5	9,0 ± 1,4	12,9 ± 0,5	0,023 ± 0,001	0,26 ± 0,07	14,3 ± 0,4
	Малиновое Malinovoe	162,4 ± 3,0	1,27 ± 0,03	20,1 ± 2,0	80,0 ± 0,7	0,199 ± 0,001	1,42 ± 0,02	59,4 ± 1,0

ние ионный состав воды [13], который определяет осморегуляцию гидробионтов. От него зависят общий благоприятный солевой диапазон выживания животных на разных стадиях развития.

По преобладающим анионам, гипергалинные озёра были подразделены на 3 типа (табл.): гидрокарбонатные (оз. Танатар III), сульфатные (оз. Мормышанское) и хлоридные (озёра Кулундинское, Малое Яровое, Большое Яровое, Малиновое, Кучукское, Малое Шкло). Эти озёра характеризуются нейтральной и слабощелочной реакцией среды. В гидрокарбонатных водах pH составляла 9,7 ± 0,1, сульфатных – 8,1 ± 0,1, а в хлоридных диапазон pH колебался от 7,1 до 8,8.

Гидрокарбонатный тип водоёмов (оз. Танатар III) представлен *Artemia* sp. Kazakhstan; сульфатный тип водоёмов (оз. Мормышанское) – *A. parthenogenetica*. Хлоридный тип водоёмов представлен *Artemia* sp. Kazakhstan (озёра Кучукское, Малое Шкло) и *A. parthenogenetica* (озёра Кулундинское, Малое Яровое, Большое Яровое, Малиновое).

Для сравнения продукционных и морфометрических показателей партеногенетической и бисексуальной популяций в различных типах озёр был построен график Box Plot, а также рассчитаны коэффициенты Краскела-Уоллиса (H), показывающие статистическую значимость различий между выборками (рис. 2). Плодовитость самок *A. parthenogenetica* в озёрах хлоридного типа не имеет значительного отличия от плодовитости самок *Artemia* sp. Kazakhstan ($p > 0,05$). Однако, выявлено значительное отличие самок рачка, обитающих в хлоридных озёрах, от самок, обитающих в сульфатных ($H = 18,13$; $p < 0,01$) и гидрокарбонатных ($H = 16,40$; $p < 0,01$) озёрах. Между самками из сульфатных и гидрокарбонатных озёр значительного отличия не выявлено. Таким образом, содержание хлоридов в рапе влияет на общую плодовитость самок рачка артемии.

Анализ длины тела (tl) выявил значительное отличие самок рачков *Artemia* sp. Kazakhstan от самок *A. parthenogenetica* в озёрах хлоридного типа ($H = 37,14$; $p < 0,01$), а также от самок в озере гидрокарбонатного типа ($H = 28,14$; $p < 0,01$). Самки *A. parthenogenetica* в озёрах хлоридного типа не имеют отличия от

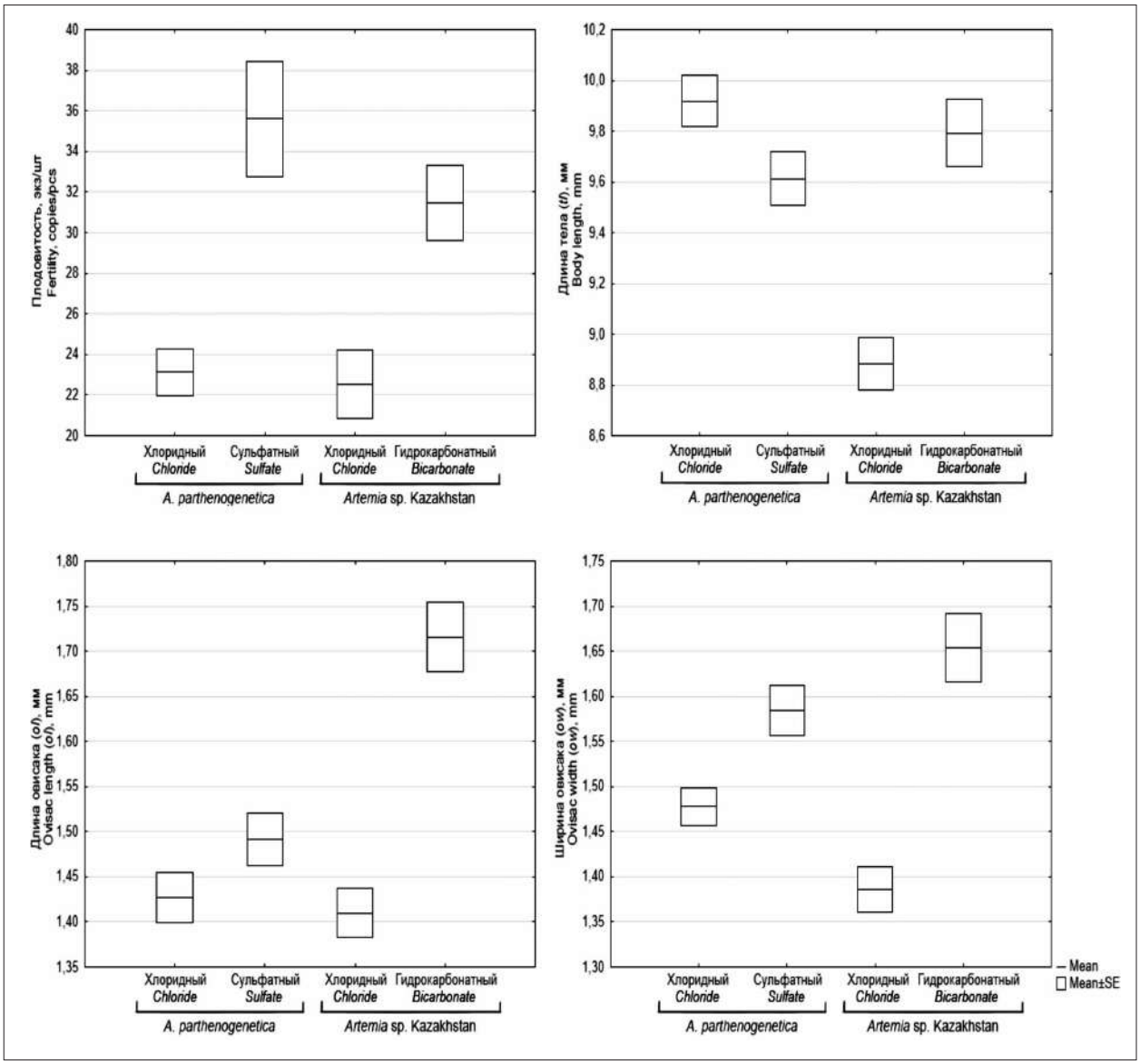

Рис. 2. Сравнение продукционных и морфометрических показателей *Artemia* spp. из разных типов гипергалинных озёр юга Западной Сибири
Fig. 2. *Artemia* spp. production and morphometric indices in different types of hypergaline lakes in the south of Western Siberia

самок рачка в озере сульфатного типа. Между самками *Artemia* spp. из озёр сульфатного и гидрокарбонатного типов также не выявлено отличий.

Наибольший показатель длины овисака (*ol*) выявлен у самок *Artemia* sp. Kazakhstan в озере гидрокарбонатного типа, которые значительно отличаются от самок из остальных типов озёр. *Artemia* sp. Kazakhstan и *A. parthenogenetica* в озёрах хлоридного типа не отличаются друг от друга. Между *A. parthenogenetica* в озёрах хлоридного и сульфатного типов также нет значимого отличия.

Анализ ширины овисака (*ow*), как и в случае с плодовитостью, самки рачка из озёр хлоридного типа значительно отличаются от рачков из озёр сульфатного ($H = 10{,}62$; $p < 0{,}01$) и гидрокарбонатного типов ($H = 29{,}08$; $p < 0{,}01$). *Artemia* sp. Kazakhstan и *A. parthenogenetica* из озёр хлоридного типа также отличаются между собой ($H = 4{,}25$; $p = 0{,}04$). Между рачками из сульфатных и гидрокарбонатных озёр значимое отличие по этому показателю не выявлено. Таким образом, можно сделать вывод, что сильнее всего на продукционные и некоторые морфометрические характеристики негативно влияет содержание хлорид-ионов в рапе озёр.

Выполнен NMDS (Non-metric Multidimensional Scaling – неметрическое многомерное шкалирование) анализ, который позволил визуализировать полученные данные с помощью распределения продукционных

характеристик популяций в пространстве ординации (рис. 3). Полученная ординация методом Brey-Curtis является статистически значимой, т. к. величина стресса равна 0. Популяции артемии из сульфатных и карбонатных озёр значительно отличаются по продукционным характеристикам от популяций из хлоридных озёр (рис. 3). Различия между артемией из сульфатного озера особенно выражены и статистически значимы (более 95 % вероятности). При этом эти отличия превосходят различия между двумя видами артемии.

Влияние минерализации на репродуктивные характеристики артемии ранее было проанализировано другими исследователями на примере Алжирских популяций. Показано, что при самой высокой солёности (80 г/л) партеногенетические популяции имеют самые низкие показатели выживаемости (30 %) по сравнению с более 70 % для бисексуальных. При солёности воды 80 г/л самкам потребовалось относительно больше времени, чтобы произвести первое потомство с большим их количеством, что привело к потенциально более высокой плодовитости артемии [14, 15]. Различия в выживаемости между двумя популяциями объясняется адаптацией бисексуальных популяций к более экстремальным условиям окружающей среды. Адаптация артемии к экстремальным условиям выражается несколькими характеристиками, такими как качество цист, летних яиц и живорождения, обеспечивающими выживание популяций [16, 17]. На примере популяций *A. franciscana* и *A. persimilis* из водоёмов Нового Света отмечено [18], что изменчивость качества потомства (цисты или науплии) отражает важную репродуктивную стратегию *Artemia* spp., обеспечивая выживание популяций, находящихся в нестабильных или стрессовых условиях при высокой солёности. При исследовании гипергалинных водоёмов Испании выявлено, что партеногенетические популяции лучше адаптировались к суровым условиям окружающей среды и показали самую большую длину тела и самые высокие темпы роста, по сравнению с

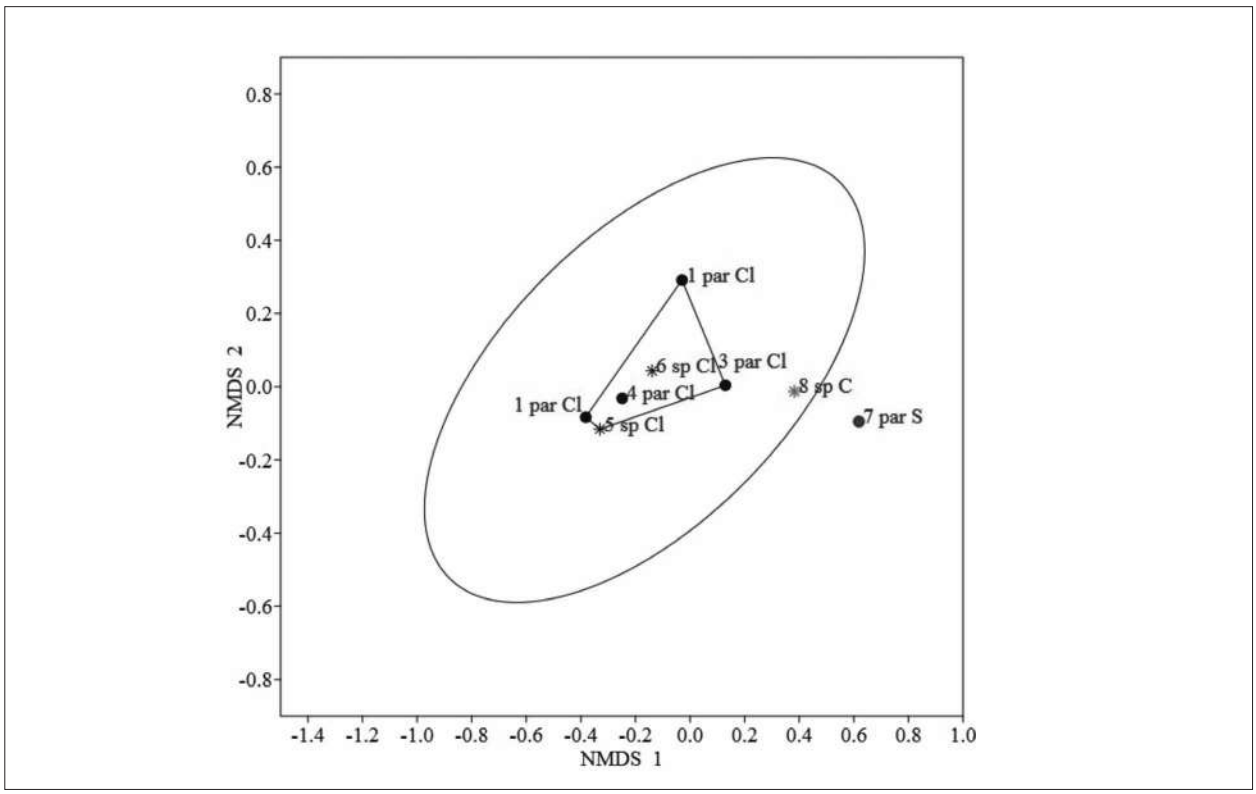

Рис. 3. Результаты NMDS-анализа продукционных характеристик изученных популяций артемии. Озёра: 1 – Кулундинское, 2 – Малиновое, 3 – Большое Яровое, 4 – Малое Яровое, 5 – Кучукское, 6 – Малое Шкло, 7 – Мормышанское, 8 – Танатар III. Виды: кружки – *A. parthenogenetica* (par), звёздочки – *Artemia* sp. Kazakhstan (sp). Типы минерализации озёр: Cl – хлоридные, C – карбонатные, S – сульфатные

Fig. 3. The results of NMDS analysis of the productivity characteristics in the studied artemia populations. Lakes: 1 – Kulundinskoe, 2 – Malinovoe, 3 – Bolshoe Yarovoe, 4 – Maloe Yarovoe, 5 – Kuchukskoe, 6 – Maloe Shklo, 7 – Mormyshanskoe, 8 – Tanatar III. Species: dots – *A. parthenogenetica* (par), stars – *Artemia sp.* Kazakhstan (sp). Types of lakes sanity: Cl – chloride, C – carbonate, S – sulfate

бисексуальными популяциями, подвергшимися воздействию растущей минерализации [19]. В работах [20, 21] показано, что партеногенетические популяции были лучше адаптированы к более высокой солёности, в то время как бисексуальные были адаптированы к более низкой солёности. В работе [22] также приводятся сведения об обнаружении аналогичных различий в моделях выживания и роста пяти бисексуальных популяций с Тихоокеанского побережья Мексики.

Заключение

По преобладающим анионам изученные гипергалинные озёра были подразделены на 3 типа: гидрокарбонатные (оз. Танатар III), сульфатные (оз. Мормышанское) и хлоридные (озёра Кулундинское, Малое Яровое, Большое Яровое, Малиновое, Кучукское, Малое Шкло). Установлено, что зоопланктон гипергалинных озёр включает партеногенетические (*A. parthenogenetica)* и бисексуальные (*Artemia* sp. Kazakhstan) популяции артемии. Определены продукционные характеристики популяций артемии под влиянием основных факторов окружающей среды – характеристик минерализации рапы. Наибольшее воздействие этих факторов на репродуктивные и морфометрические характеристики проявляется в озере сульфатного типа. Наименьшая плодовитость артемии была характерна для озёр хлоридного типа.

Таким образом, комплексное исследование гидрохимических условий обитания артемии и её продукционных характеристик может дать ценную информацию для понимания механизмов влияния основных экологических факторов окружающей среды на состояние её партеногенетических и бисексуальных популяций, что необходимо для прогнозирования запасов этого ценного биологического ресурса.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект №25-26-00148).

Литература

1. Литвиненко Л.И., Корентович М.А., Бойко Е.Г., Литвиненко А.И., Зенкович П.А. Артемия в гипергалинных водоёмах России (география, биоразнообразие, экология, биология и практическое использование). Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2024. 372 с.

2. Веснина Л.В., Клепиков Р.А., Пищенко Е.В., Морузи И.В. Продуктивность цист рачка *Artemia* Leach, 1819 в гипергалинных озёрах Алтайского края. Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой Колос», 2021. 147 с.

3. Веснина Л.В. Зоопланктон озёрных экосистем равнины Алтайского края. Новосибирск: Наука, 2002. 158 с.

4. Никоноров А.М. Справочник по гидрохимии. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 91 с.

5. Крылов А.В., Барышев И.А., Безматерных Д.М., Березина Н.А., Воронин Л.В., Герасимова А.А., Дудаков М.О., Комулайнен С.Ф., Копытина Н.И., Корнева Л.Г., Косолапов Д.Б., Крылова Ю.В., Курашов Е.А., Курбатова С.А., Лазарева В.И., Маврин А.С., Метелёва Н.Ю., Минеева Н.М., Мухин И.А., Перова С.Н., Прокин А.А., Пряничникова Е.Г., Сажнев А.С., Селезнев Д.Г., Семенова А.С., Сигарева Л.Е., Тимофеева Н.А., Тихоненков Д.В., Чугунов В.К., Шарапова Т.А. Методы гидробиологических исследований внутренних вод. Ярославль: Филигрань, 2024. 592 с. doi: 10.47021/monography_670cd0a47a4437.24064368

6. Zar J.H. Biostatistical analysis. New Jersey: Prentice Hall, 2010. 944 p.

7. Веснина Л.В., Безматерных Д.М. Влияние факторов окружающей среды на динамику зоопланктона солёного озера Кулундинское (Западная Сибирь) // Экология. 2023. № 3. С. 235–242. doi: 10.31857/S0367059723030095

8. Хлебович В.В. Критическая солёность биологических процессов. М.: Наука, 1974. 280 с.

9. Аладин Н.В. Концепция относительности и множественности зон барьерных солёностей // Журнал общей биологии. 1988. Т. 49. № 6. С. 825–833.

10. Аладин Н.В., Плотников И.С. Концепция относительности и множественности зон барьерных солёностей и формы существования гидросферы // Труды ЗИН РАН. 2013. № 7. С. 7–21.

11. Хмелёва Н.Н. Закономерности размножения ракообразных. Минск: Наука и техника, 1988. 208 с.

12. Фёдорова Л.С. Зависимость зоопланктона равнинных озёр Алтайского края от их солёности // Зоологические проблемы Сибири: материалы IV совещания зоологов Сибири. Новосибирск: Наука, 1972. С. 197–198.

13. Vesnina L.V., Bezmaternykh D.M. Long-term and seasonal dynamics of zooplankton in hypergaline lake Kulundinskoye (Kulunda Steppe, Russia) // Acta Biologica Sibirica. 2023. V. 9. P. 387–396. doi: 10.5281/zenodo.7927562

14. Chabet Dis C., Refes W., Varo I., Hontoria F., Amat F., Navarro J.C. Quality evaluation of *Artemia* cysts from three Algerian populations // Afr. J. Aquat. Sci. 2021. V. 46. No. 4. P. 464–472. doi: 10.2989/16085914.2021.1895052

15. Eimanifar A., Asem A., Djamali M., Wink M. A note on the biogeographical origin of the brine shrimp *Artemia urmiana* Günther, 1899 from Urmia Lake, Iran // Zootaxa. 2016. V. 4097. No. 2. P. 294–300. doi: 10.11646/zootaxa.4097.2.12

16. Amarouayache M., Kara M.H. Quality evaluation of a new strain of *Artemia* from Sebkha Ez-Zemoul, Algeria:

biometry, hatching and fatty acid composition // Vie Et Milieu – Life Environ. 2015. V. 65. P. 211–217.

17. Amarouayache M., Kara M.H. Aspects of life history of *Artemia salina* (Crustacea, Branchiopoda) from Algeria reared in different conditions of salinity // Vie Et Milieu – Life Environ. 2017. V. 67. P. 15–20.

18. Gajardo G., Beardmore J.A., Sorgeloos P. International study on *Artemia*. LXII. Genomic relationships between *Artemia franciscana* and *Artemia persimilis*, inferred from chromocentre numbers // Heredity. 2001. V. 87. Pt. 2. P. 172–177. doi: 10.1046/j.1365-2540.2001.00893.x

19. Amat F. Zygogenetic and parthenogenetic *Artemia* in Cadiz sea-side salterns // Marine Ecol. Prog. Series Oldend. 1983. V. 13. P. 291–293. doi: 10.3354/meps013291

20. Dhont J., Lavens P. Tank production and use of ongrown *Artemia* // Manual for the production and use of live food for aquaculture / Eds. P. Lavens, P. Sorgeloos. Rome: FAO Fisheries Technical Paper, 1996. P. 361–295.

21. Støttrup J., McEvoy L. Live feeds in marine aquaculture. Wiley, New Jersey USA Team RC. 2013. R: A language and environment for statistical computing. Foundation for statistical computing. Vienna. Austria. 2008 [Электронный ресурс] https://www.r-project.org/ (Дата обращения: 20.07.2020).

22. Castro-Mejía J., Castro-Barrera T., Hernández-Hernández L.H., Arredondo-Figueroa J.L., Castro-Mejía G., de Lara-Andrade R. Effects of salinity on growth and survival in five *Artemia franciscana* (Anostraca: Artemiidae) populations from Mexico Pacific Coast // Rev. Biol. Trop. 2011. V. 59. P. 199–206. doi: 10.15517/rbt.v59i1.3190

References

1. Litvinenko L.I., Korentovich M.A., Bojko E.G., Litvinenko A.I., Zenkovich P.A. *Artemia* in hypersaline water bodies of Russia (geography, biodiversity, ecology, biology and practical use). Tyumen: GAU Severnogo Zaural'ja, 2024. 372 p. (in Russian).

2. Vesnina L.V., Klepikov R.A., Pishhenko E.V., Moruzi I.V. Productivity of *Artemia* Leach, 1819 cysts in hypersaline lakes of the Altai Territory. Novosibirsk: IC NGAU "Zolotoj Kolos", 2021. 147 p. (in Russian).

3. Vesnina L.V. Zooplankton of lake ecosystems in the Altai Krai plains. Novosibirsk: Nauka, 2002. 158 p. (in Russian).

4. Nikonorov A.M. Handbook of hydrochemistry. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1989. 91 p. (in Russian).

5. Krylov A.V., Baryshev I.A., Bezmaternyh D.M., Berezina N.A., Voronin L.V., Gerasimova A.A., Dudakov M.O., Komulainen S.F., Kopytina N.I., Korneva L.G., Kosolapov D.B., Krylova Yu.V., Kurashov E.A., Kurbatova S.A., Lazareva V.I., Mavrin A.S., Meteleva N.Yu., Mineeva N.M., Mukhin I.A., Perova S.N., Prokin A.A., Pryanichnikova E.G., Sazhnev A.S., Seleznev D.G., Semenova A.S., Sigareva L.E., Timofeeva N.A., Tikhonenkov D.V., Chugunov V.K., Sharapova T.A. Methods of hydrobiological research of inland waters. Yaroslavl: Filigran', 2024. 592 p. (in Russian). doi: 10.47021/monography_67 0cd0a47a4437.24064368

6. Zar J.H. Biostatistical analysis. New Jersey: Prentice Hall, 2010. 944 p.

7. Vesnina L.V., Bezmaternykh D.M. The influence of environmental factors on the dynamics of zooplankton in the saline Lake Kulundinskoye (Western Siberia) // Ecology. 2023. No. 3. P. 235–242 (in Russian). doi: 10.31857/S0367059723030095

8. Khlebovich V.V. Critical salinity of biological processes. Moskva: Nauka, 1974. 280 p. (in Russian).

9. Aladin N.V. The concept of relativity and multiplicity of barrier salinity zones // Journal of General Biology. 1988. V. 49. No. 6. P. 825–833 (in Russian).

10. Aladin N.V., Plotnikov I.S. The concept of relativity and multiplicity of barrier salinity zones and the form of existence of the hydrosphere // Proceedings of the Zoological Institute. 2013. No. 7. P. 7–21 (in Russian).

11. Khmeleva N.N. Patterns of reproduction in crustaceans. Minsk: Nauka i tehnika, 1988. 208 p. (in Russian).

12. Fedorova L.S. The dependence of zooplankton in the flat lakes of the Altai region on their salinity // Zoologicheskie problemy Sibiri: materialy IV soveshchaniya zoologov Sibiri. Novosibirsk: Nauka, 1972. P. 197–198 (in Russian).

13. Vesnina L.V., Bezmaternykh D.M. Long-term and seasonal dynamics of zooplankton in hypergaline lake Kulundinskoye (Kulunda Steppe, Russia) // Acta Biologica Sibirica. 2023. V. 9. P. 387–396. doi: 10.5281/zenodo.7927562

14. Chabet Dis C., Refes W., Varo I., Hontoria F., Amat F., Navarro J.C. Quality evaluation of *Artemia* cysts from three Algerian populations // Afr. J. Aquat. Sci. 2021. V. 46. No. 4. P. 464–472. doi: 10.2989/16085914.2021.1895052

15. Eimanifar A., Asem A., Djamali M., Wink M. A note on the biogeographical origin of the brine shrimp *Artemia urmiana* Günther, 1899 from Urmia Lake, Iran // Zootaxa. 2016. V. 4097. No. 2. P. 294–300. doi: 10.11646/zootaxa.4097.2.12

16. Amarouayache M., Kara M.H. Quality evaluation of a new strain of *Artemia* from Sebkha Ez-Zemoul, Algeria: biometry, hatching and fatty acid composition // Vie Et Milieu – Life Environ. 2015. V. 65. P. 211–217.

17. Amarouayache M., Kara M.H. Aspects of life history of *Artemia salina* (Crustacea, Branchiopoda) from Algeria reared in different conditions of salinity // Vie Et Milieu – Life Environ. 2017. V. 67. P. 15–20.

18. Gajardo G., Beardmore J.A., Sorgeloos P. International study on *Artemia*. LXII. Genomic relationships between *Artemia franciscana* and *Artemia persimilis*, inferred from chromocentre numbers // Heredity. 2001. V. 87. Pt. 2. P. 172–177. doi: 10.1046/j.1365-2540.2001.00893.x

19. Amat F. Zygogenetic and parthenogenetic *Artemia* in Cadiz sea-side salterns // Marine Ecol. Prog. Series

Oldend. 1983. V. 13. P. 291–293. doi: 10.3354/meps013291

20. Dhont J., Lavens P. Tank production and use of ongrown *Artemia* // Manual for the production and use of live food for aquaculture / Eds. P. Lavens, P. Sorgeloos. Rome: FAO Fisheries Technical Paper, 1996. P. 361–295.

21. Støttrup J., McEvoy L. Live feeds in marine aquaculture. Wiley, New Jersey USA Team RC. 2013. R: A language and environment for statistical computing. Foundation for statistical computing. Vienna. Austria. 2008 [Internet resource] https://www.r-project.org/ (Accessed: 20.07.2020).

22. Castro-Mejía J., Castro-Barrera T., Hernández-Hernández L.H., Arredondo-Figueroa J.L., Castro-Mejía G., de Lara-Andrade R. Effects of salinity on growth and survival in five *Artemia franciscana* (Anostraca: Artemiidae) populations from Mexico Pacific Coast // Rev. Biol. Trop. 2011. V. 59. P. 199–206. doi: 10.15517/rbt.v59i1.3190