

УДК 595.3:556.55(571.150)

**ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА ЖАБРОНОГИХ РАЧКОВ
ARTEMIA PARTHENOGENETICA И *ARTEMIA TIBETIANA*
В ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕРАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Л.В. Веснина, Д.М. Безматерных, М.В. Лассый, Ю.А. Веснин

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,**E-mail: artemia.vesnina@mail.ru, bezmater@iwep.ru, mihalassy@mail.ru, uav1978@mail.ru*

В статье приведены результаты комплексного гидрохимического и гидробиологического исследования 10 разнотипных гипергалинных озер юга Западной Сибири, проведенного с июля по сентябрь 2025 г. Установлено, что популяции Artemia Leach, 1819 представлены двумя видами: A. parthenogenetica Barigozzi, 1974 и A. tibetiana (Abatzopoulos et al., 1998). Их размерно-возрастные и численные показатели зависят от ряда физических и химических факторов, выявленных на основе корреляционного индекса Спирмена: температуры рапы, минерализации рапы, водородного потенциала, окислительно-восстановительного потенциала, электропроводности, растворенного в воде кислорода, глубины облова.

Ключевые слова: артемия; популяции; цисты; размерно-возрастная структура; экологические факторы; соленые озера; рапа; минерализация.

DOI:10.24412/2410-1192-2026-18004

Дата поступления: 18.12.2025. Принята к печати: 13.02.2026

На территории юга Западной Сибири находятся уникальные гипергалинные озера различного генезиса, которые обладают высоким рекреационным и бальнеологическим потенциалом [Веснина, 2002, 2016]. Озера располагаются в зоне засушливого климата и испытывают существенный антропогенный пресс, обусловленный добычей рачка артемии и его цист в промышленных масштабах, а также рекреационным воздействием. Совокупное влияние факторов на биоту озер может привести к негативным последствиям для их экосистем вплоть до истощения запасов ценного биоресурса. Поэтому, сведения о популяциях

жабронного рачка артемии, как основного доминанта гипергалинных озер, представляет большой интерес. Однако, до сих пор недостаточно изучена видовая принадлежность артемии гипергалинных озер сульфатных, хлоридных и гидрокарбонатных типов этого региона и влияния некоторых физических и химических факторов среды на биоту в целом. В этой связи, изучение партеногенетических и двуполых популяций *Artemia* Leach, 1819 в гипергалинных озерах, различающихся по величине солености и гидрохимическому типу, позволит установить особенности развития жабронного рачка.

Цель исследования – изучить основные характеристики экосистем гипергалинных озер юга Западной Сибири (Алтайский край) и оценить их влияние на популяционную структуру обитающих там видов рода *Artemia*.

Материалы и методы

С июля по сентябрь 2025 г. было обследовано на юге Западной Сибири 10 гипергалинных озер: Большое Шкло (52°63' N, 79°05' E), Большое Яровое (52°52' N, 78°36' E), Кривая Пучина (52°26' N, 79°21' E), Кучукское (52°65' N, 79°75' E), Малиновое (51°70' N, 79°74' E), Малое Шкло (52°34' N, 79°02' E),

Малое Яровое (53°02' N, 79°07' E), Мормышанское (52°30' N, 81°17' E), Танатар III (51°39' N, 79°47' E), Шукыртуз (52°22' N, 79°24' E) (рис. 1).

В озерах Кучукское, Большое Яровое и Малое Яровое отбор проб проводился по транссектам всей акватории на 5, 10, и 8 станциях соответственно. На остальных озерах – по 3 станции. Отбор гидробиологических проб на численные характеристики осуществлялся ежемесячно по стандартным методикам с литоральных и глубоководных станций с помощью малой модели планктонной сети Апштейна (размер ячеи 64 мкм) [Методические указания ..., 2002; Вежновец, 2005].

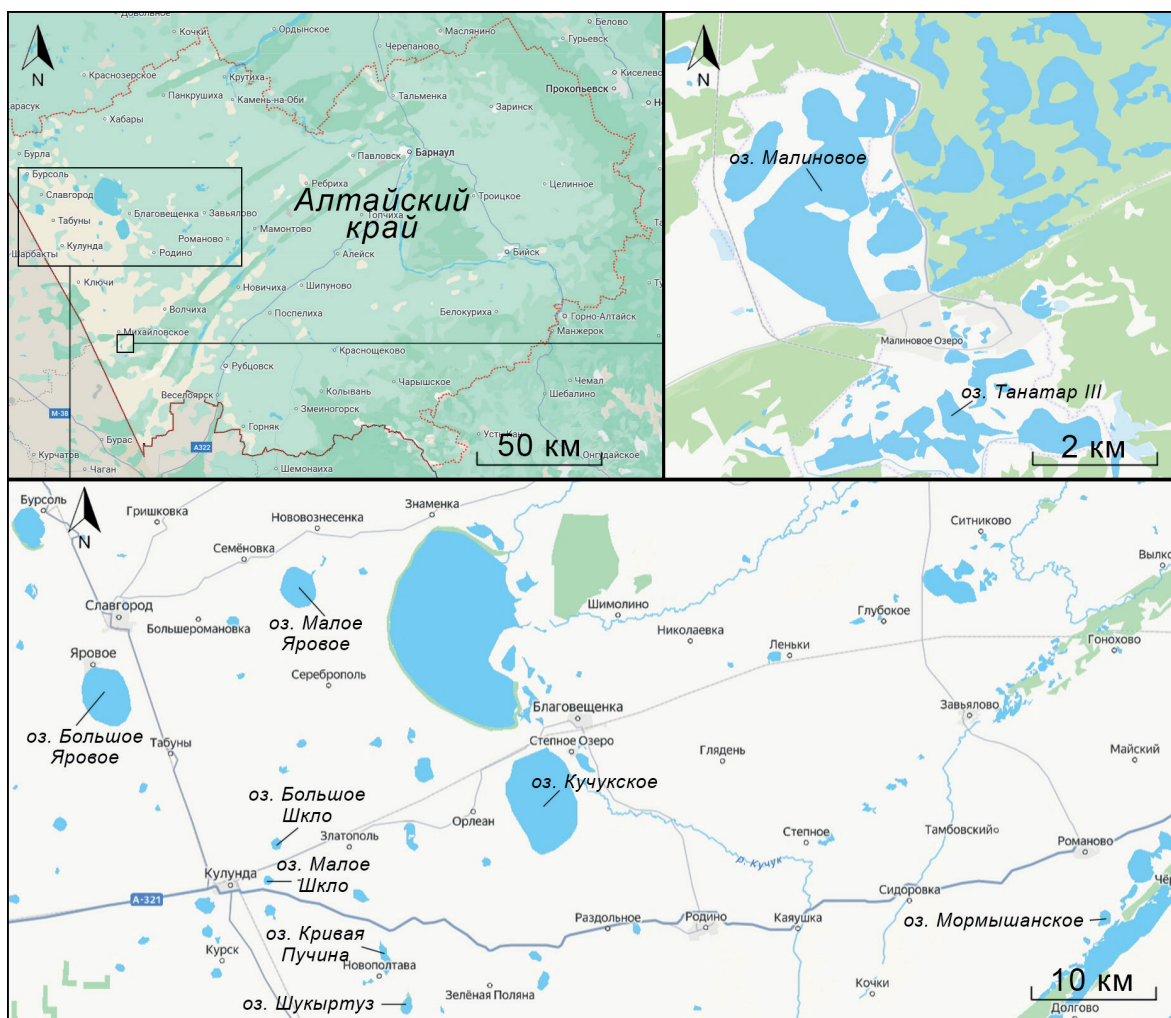


Рис. 1. Расположение изученных гипергалинных озер юга Западной Сибири
 Fig. 1. The location of the studied hypersaline lakes in the south of Western Siberia

В центральной части озер отбор проб проводился тотальным методом – протяжкой со дна до поверхности воды. Пробы обрабатывали по общепринятой методике [Жадин, 1960] в камере Богорова под бинокляром МБС–10, оборудованным окуляр-микрометром. В составе популяций рачка *Artemia* spp. выделяли их размерно-возрастные стадии: ортонауплий (0.1–0.5 мм), метанауплий (0.6–3.0 мм), ювенильных (3.1–6.0 мм), предвзрослых (>6.1 мм), половозрелых самок (>6.1 мм, отмечалось наличие овисака) и самцов (>6.1 мм, отмечалось наличие увеличенных вторых антенн). Различали также летние тонкоскорлуповые яйца и диапаузирующие цисты. В характеристике структуры популяций рачка артемии использована численность всех возрастных групп: науплиальных и ювенильных стадий, предвзрослых особей, самок с яйцами, самок без яиц, самцов, цист, летних яиц. Численность разновозрастных стадий рачка артемии и цист просчитывали в 1 мл пробы в трех повторях с последующим пересчетом на весь объем пробы. Взрослых особей просчитывали в чашке Петри полностью во всей пробе [Методические рекомендации ..., 1982; Кучко и др., 2016; Кононова, Фефилова, 2018].

На каждой станции одновременно с отбором гидробиологических проб осуществлялись измерения:

- температуры воды – с помощью гидрологического термометра в поверхностном слое (на глубине не менее 0.2 м);
- солености воды – с помощью оптического прибора – портативного рефрактометра ATAGO (Kenco Instruments Co., USA)

в поверхностном слое;

- электропроводности и окислительно-восстановительного потенциала – с помощью мультифункционального тестера качества воды EZ-9908;

- растворенного в воде кислорода – с помощью портативного оксиметра DO9100;

- водородного потенциала (pH) – с помощью портативного pH-метра MW101 PRO.

Пробы воды для гидрохимического анализа отбирали стандартными методами [Руководство..., 2009, 2012] из приповерхностного слоя воды (по 1.5 л в пластиковую тару) в центральной части озера (1 проба с озера в июле 2025 г.). Камеральная обработка гидрохимических проб выполнена в Лаборатории биогеохимии ИВЭП СО РАН.

В работе приводятся результаты анализа космоснимков, полученных спутниками «Ресурс-П» №4 и «Ресурс-П» №5 по площади водной поверхности исследуемых гипергалинных озер в период с апреля по октябрь 2025 г., полученные в безоблачную погоду (уровень облачности менее 10%). Анализ проводился через открытый источник Геопортала Роскосмоса [<https://gptl.ru/>]. Объемы водных масс озер рассчитаны как произведения их площадей на средние глубины. Обработка полученных данных проводилась с помощью пакетов компьютерных программ: MS Excel – 2013 и Statistica – 10 [Халафян, 2007].

Результаты и обсуждение

Гидрохимические и морфометрические параметры озер. Все озера бессточные, собирающие грунтовые воды, за исключением озер Кучукское и Малиновое. Согласно ГОСТ 17.1.1.02-77 изученные озера по

площади водного зеркала относятся к следующим категориям: малые (менее 10 км²) – Мормышанское, Большое Шкло, Малое Шкло, Кривая Пучина, Шукыртуз; средние (от 10 до 100 км²) – Малое Яровое, Большое Яровое, Танатар III, Малиновое; большие (от 101 до 1000 км²) – Кучукское.

Естественные колебания площади водного зеркала в течение сезона зависит от количества осадков и солнечной инсоляции [Веснина, 2002]. За период исследований

2025 г. площадь водного зеркала с мая по сентябрь изменялась в сторону уменьшения в большинстве озер, за исключением площади озера Мормышанское (табл. 1). Однако, в оз. Мормышанское, несмотря на изменение площади к сентябрю, глубины остались такими же из-за активного выпадения сульфатов в осадок. По другим озерам глубины и объемы водной массы синхронно уменьшаются в соответствии с уменьшением их площадей.

Таблица 1
Морфометрические характеристики и объемы водной массы изученных озер, 2025 г.

Table 1

Morphometric characteristics and water volumes of the studied lakes, 2025

Озеро	Дата, месяц	Площадь, км ²	Максимальная глубина, м	Объем, млн м ³
Большое Шкло	10.04	3.6	2.0	4.7
	20.05	3.5	1.8	4.5
	17.09	3.5	1.9	4.6
Большое Яровое	10.04	74.2	10.5	541.9
	17.09	74.2	10.5	541.5
Кривая Пучина	17.06	7.4	0.5	2.9
	20.09	6.8	0.4	2.7
Кучукское	19.05	175.7	2.9	386.5
Малиновое	26.04	11.1	1.7	14.4
	17.06	11.0	1.7	14.3
	16.09	11.0	1.5	13.2
	25.09	11.0	1.5	13.2
Малое Шкло	10.04	2.5	1.3	1.3
	20.05	2.1	1.1	1.1
	17.09	2.1	1.1	1.1
Малое Яровое	12.06	36.4	4.9	109.2
	16.09	37.1	4.0	107.7
Мормышанское	01.08	5.9	0.9	3.5
	25.09	6.0	0.9	3.6
Танатар III	26.04	0.9	1.9	0.8
	22.05	1.0	1.9	0.9
	07.08	0.8	1.9	0.8
	16.09	0.8	1.9	0.7
Шукыртуз	17.06	5.5	0.9	3.3
	20.09	5.2	0.9	3.1

Изученные озера по величине минерализации рапы относятся к гипергалинным [Алекин, 1970], или к ультрагалинным водоемам [Оксиюк и др., 1993]. Динамика величины минерализации рапы колебалась от 80.0 (оз. Большое Шкло) до 249.2 г/л (оз. Кучукское). По преобладающим анионам гипергалинные озера относятся к 3 типам [Никоноров, 1989]: гидрокарбонатные (Танатар III), сульфатные (Мормышанское) и хлоридные (Большое Шкло, Большое Яровое, Кривая Пучина, Кучукское, Малиновое, Малое Шкло, Малое Яровое, Шукыртуз).

Для развития популяций рачка артемии важное значение имеет соотношение главных ионов, особенно K^+Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} . В таблице 2 показано соотношение основных ионов в рапе изученных озер. Следует отметить, что концентрация Ca^{2+} в большинстве озер превышала концентрацию Mg^{2+} . Значительный разброс данных по соотношению ионов в водоемах характерен и для других ионов, за исключением $Ca^{2+}/$

(K^+Na^+). Многие ионы обладают противоположным действием (ионы-антагонисты), так Ca^{2+} уплотняет клеточную оболочку, а Na^+ , наоборот, увеличивает его проницаемость. Особое значение в гипергалинных озерах юга Западной Сибири имеет Mg^{2+} , который, часто заменяя Ca^{2+} в клеточных оболочках, входит в состав хитина ракообразных и в состав соединений, обладающих ферментативной активностью [Соловов, Студеникина, 1990]. Однако, А.Ф. Карпевич [1975] показала, что стимулирующая роль магния проявляется только при его концентрации порядка 5.0–7.5 г/л и при содержании более 15 г/л происходит угнетение жизненных функций рачков. По нашим данным содержание Mg^{2+} колебалось от 0.1 (оз. Танатар III) до 7.5 (оз. Большое Яровое).

Вода исследуемых озер сульфатного и хлоридного типов по величине водородного потенциала была нейтральной – слабощелочной (pH = 7.5–8.8), а гидрокарбонатного типа – щелочной, pH = 9.8 (табл. 3).

Таблица 2

Соотношение некоторых ионов в воде (рапе) исследованных озер, 10.07–15.07.2025

Table 2

The ratio of some ions in the water (brine) of the studied lakes, 10.07–15.07.2025

Озеро	Общая минерализация, г/л	$\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}}$	$\frac{Cl^-}{SO_4^{2-}}$	$\frac{Ca^{2+}}{Na^+ + K^+}$
Большое Шкло	65.7	31.8	4.8	0.002
Большое Яровое	149.8	14.78	37.8	0.011
Кривая Пучина	101.2	11.0	14.9	0.007
Кучукское	210.9	0.3	45.1	0.061
Малиновое	188.2	17.9	31.3	0.001
Малое Шкло	45.9	5.9	1.8	0.002
Малое Яровое	179.5	0.2	54.0	0.074
Мормышанское	206.9	3.7	0.5	0.004
Танатар III	161.6	4.1	3.7	0.0003
Шукыртуз	177.5	0.1	35.3	0.110

Таблица 3

Физические и химические показатели воды исследованных озер, 2025 г.

Table 3

Physical and chemical parameters of the water of the studied lakes, 2025

Месяц	Температура, °С	Окислительно-восстановительный потенциал, mV	Электропроводность, mS/cm	Растворенный кислород, мг/л	pH	Соленость, г/л
оз. Большое Шкло						
Июль	24.7	164.7	110.0	9.5	8.7	80.0
Август	19.9	231.0	111.0	7.4	8.7	90.0
Сентябрь	16.1	50.3	112.3	10.5	8.5	91.3
оз. Большое Яровое						
Июль	23.7	89.3	176.7	8.2	7.9	150.0
Август	21.3	278.3	175.0	6.4	7.9	146.7
Сентябрь	16.8	51.6	196.6	9.2	7.4	159.1
оз. Кривая Пучина						
Июль	21.9	224.0	143.0	8.4	8.4	120.0
Август	19.4	282.0	167.0	11.6	8.3	150.0
Сентябрь	18.3	51.7	164.0	10.2	8.3	141.6
оз. Кучукское						
Июль	25.9	88.7	225.0	7.5	7.6	233.3
Август	26.8	225.0	226.0	6.7	7.5	235.0
Сентябрь	11.7	188.8	232.2	11.3	7.7	249.2
оз. Малиновое						
Июль	23.4	202.3	188.3	8.4	8.4	160.0
Август	18.1	270.0	217.0	9.4	8.4	175.0
Сентябрь	13.7	16.5	209.5	8.8	8.4	175.7
оз. Малое Шкло						
Июль	24.4	74.0	138.0	12.9	8.8	110.0
Август	19.5	230.0	145.0	7.6	8.8	140.0
Сентябрь	17.9	62.0	151.0	11.1	8.8	135.0
оз. Малое Яровое						
Июль	27.0	89.3	169.3	8.4	7.8	152.0
Август	25.6	270.0	209.0	6.2	7.8	168.0
Сентябрь	15.4	113.2	212.9	5.8	8.0	179.6
оз. Мормышанское						
Июль	23.7	97.0	165.2	10.4	8.3	190.0
Август	25.0	56.0	165.0	6.4	8.2	202.5
Сентябрь	12.5	57.0	172.0	>14.0	8.3	160.0
оз. Танатар III						
Июль	19.1	132.0	105.0	8.6	9.8	100.0
Август	16.6	180.0	112.0	7.6	9.7	120.0
Сентябрь	12.6	79.0	109.7	9.9	9.8	115.0
оз. Шукыртуз						
Июль	20.8	234.7	204.0	7.3	7.7	200.0
Август	20.0	290.0	205.0	10.5	7.7	208.0
Сентябрь	17.5	60.3	220.3	8.8	7.5	220.0

Содержание растворенного в воде кислорода за период исследований колебалось в июле от 6.2 (оз. Большое Яровое) до 14.0 мг/л (оз. Малое Шкло). Диапазон колебаний в августе составил от 6.2 (оз. Малое Яровое) до 11.6 мг/л (оз. Кривая Пучина); в сентябре – от 5.3 (оз. Малое Яровое) до >14.0 мг/л (оз. Мормышанское). По всей

вероятности, сверхвысокие концентрации кислорода в некоторых озерах (14.0 мг/л и более) были получены ошибочно и обусловлены влиянием высокой минерализации рапы на электрод прибора. Температура рапы в июле изменялась от 19.1 (оз. Танатар III) до 27.0°C (оз. Малое Яровое); в августе – от 16.6 (оз. Танатар III) до 26.8°C (оз. Кучукское); в сентябре – от 11.7 (оз. Кучукское) до 18.3°C (оз. Кривая Пучина). Окислительно-восстановительный потенциал в исследованный период колебался в июле от 74.0 (оз. Малое Шкло) до 224.0 mV (оз. Кривая Пучина); в августе – от 56.0 до 282 mV (оз. Кривая Пучина); в сентябре – от 16.5 (оз. Малиновое) до 188.8 mV (оз. Кучукское). Показатели электропроводности в июле составляли 105.0 (оз. Танатар III) – 225.0 mS/cm (оз. Кучукское); в августе – 111.0 (оз. Большое Шкло) – 226.0 mS/cm (оз. Кучукское); в сентябре – 109.7 (оз. Танатар III) – 232.2 mS/cm (оз. Кучукское).

*Функциональные характеристики рачка артемии *A. parthenogenetica* и *A. tibetiana*.* В 2025 г. использование ДНК-баркодинга позволило определить в изученных гипергалинных озерах юга Западной Сибири *A. parthenogenetica*. Однако, также были обнаружены двуполые популяции, некоторые из которых принадлежат к виду *A. tibetiana*. Ранее *A. tibetiana* из этих озер была определена как *A. sp.* [Веснина и др., 2025]. Для многих партеногенетических и двуполых популяций видовой статус пока достоверно не установлен [Gajardo et al., 2002; Van Stappen et al., 2009; Shadrin, Anufrieva, 2012; Litvinenko et al., 2015; Литвиненко и др., 2018; Asem et al., 2023].

В связи с высокой минерализацией воды, в зоопланктоне озер доминировали жаброногие рачки *Artemia* spp. В сульфатном озере и большинстве хлоридных развивалась *Artemia parthenogenetica* Varigozzi, 1974 (Большое Шкло, Большое Яровое, Кривая Пучина, Кучукское, Малиновое, Малое Яровое, Мормышанское, Шукыртуз); в хлоридном и гидрокарбонатном озерах – *A. tibetiana* (Abatzopoulos et al., 1998) (Малое Шкло, Танатар III).

Популяция артемии представлена разновозрастными стадиями развития, включая науплиусы, ювенильные стадии, предвзрослые и взрослые особи. Соотношение их по месяцам в модельных озерах (Мормышанское, Кучукское, Малое Яровое, Танатар III) носят различный характер. В оз. Мормышанское в популяциях *A. parthenogenetica* преобладали следующие возрастные стадии: в июле – науплиусы (83.82%); в августе – предвзрослые рачки (51.23%); в сентябре – взрослые самки (58.97%) (рис. 2). Меньше всего наблюдалось развитие: предвзрослых особей в июле и сентябре – 0.10% и 2.56% соответственно; ювенильных – в августе (9.09%). Развитие науплиусов в августе не зарегистрировано.

В оз. Кучукское в июле преобладали науплиусы (71.30%); в августе и сентябре – взрослые самки (51.24% и 71.24% соответственно). Меньше всего наблюдалось развитие предвзрослых рачков в июле и августе (1.45% и 48.76% соответственно), в сентябре науплиусы составляли 4.87%. В августе науплиальных и ювенильных стадий не было отмечено.

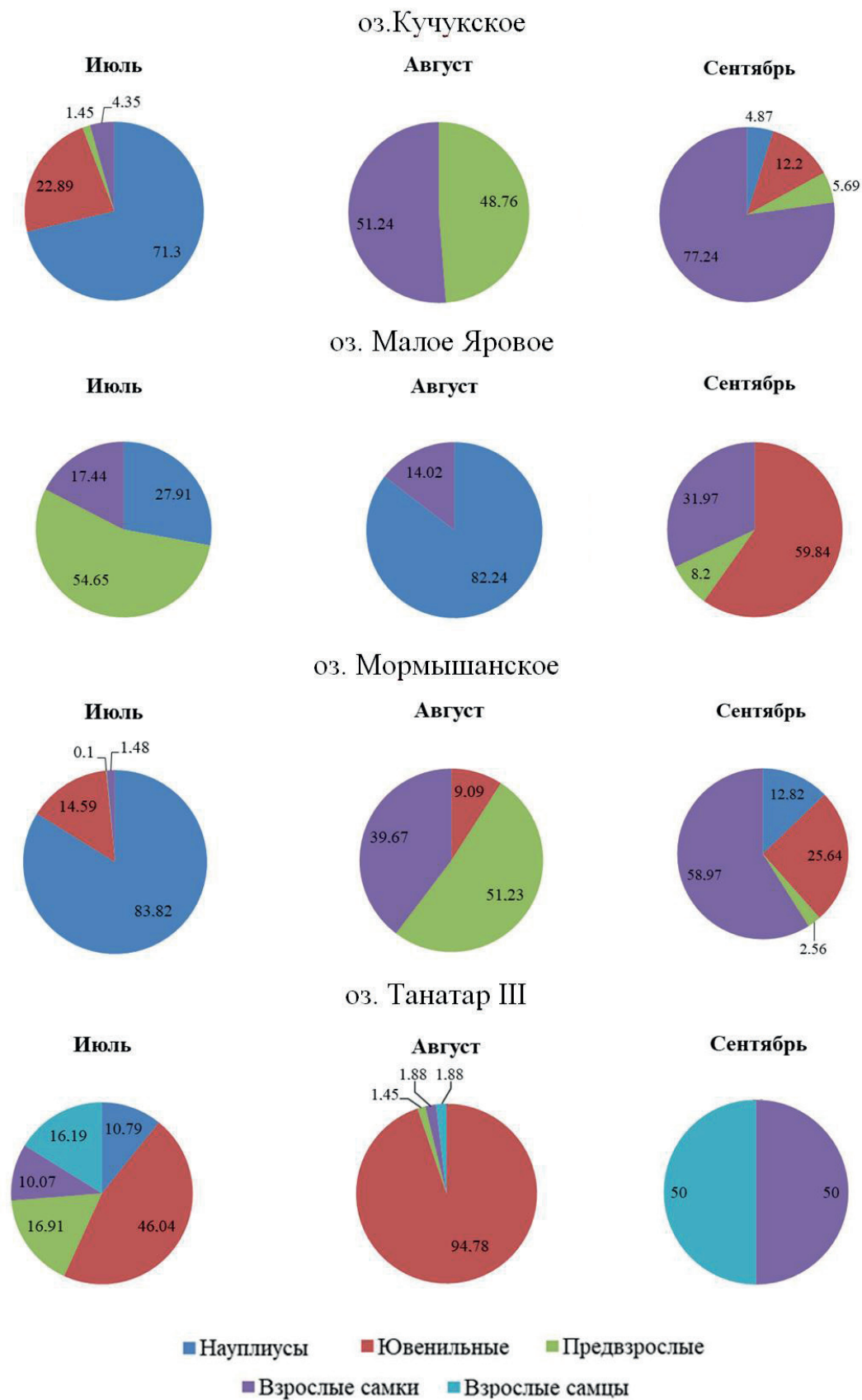


Рис. 2. Соотношение разновозрастных стадий рачка *Artemia* spp. в модельных озерах (%), июль – сентябрь 2025 г.

Fig. 2. The ratio of the different age stages of the crustacean *Artemia* spp. in model lakes (%), July – September 2025

В оз. Малое Яровое в июле на долю предвзрослых рачков приходилось 54.65%; в августе науплиусы составляли 82.24%; в сентябре – ювенильные 59.84%. Меньше всего наблюдалось развитие взрослых самок в июле и августе (17.44% и 14.02% соответственно), в сентябре – предвзрослых стадий рачка (8.20%). В июле в составе зоопланктона отсутствовали ювенильные стадии рачка, в августе – ювенильные и предвзрослые стадии, в сентябре – науплиальные стадии.

В оз. Танатар III в июле и августе высокие значения приходились на долю ювенильных стадий развития (46.04 и 94.78% соответственно), в сентябре – взрослых самок и самцов (по 50.0%). Меньше всего наблюдалось развитие взрослых самок в июле (10.07%), августе – предвзрослых особей (17.45%). В августе было зарегистрировано отсутствие науплиальных ста-

дий. В сентябре были отмечены взрослые самки и самцы рачка артемии.

Наибольшая численность рачка *A. parthenogenetica* в оз. Мормышанское наблюдалась в июле 2025 г. (4.04 ± 0.93 тыс. экз./м³), наименьшая – в сентябре (0.78 ± 0.08 тыс. экз./м³) (рис. 3). В оз. Малое Яровое, наоборот, наибольшее ее значение было характерно в сентябре (1.22 ± 0.17 тыс. экз./м³), наименьшее – в июле (0.86 ± 0.15 тыс. экз./м³). В озерах Кучукское (*A. parthenogenetica*) и Танатар III (*A. tibetiana*) наибольшая численность рачка была отмечена в августе (4.82 ± 0.00 и 20.69 ± 6.01 тыс. экз./м³, соответственно), наименьшая – в сентябре (1.23 ± 0.21 и 0.006 ± 0.003 тыс. экз./м³, соответственно).

Все изученные популяции *A. parthenogenetica* были представлены преимущественно женскими особями, мужские встречались единично.

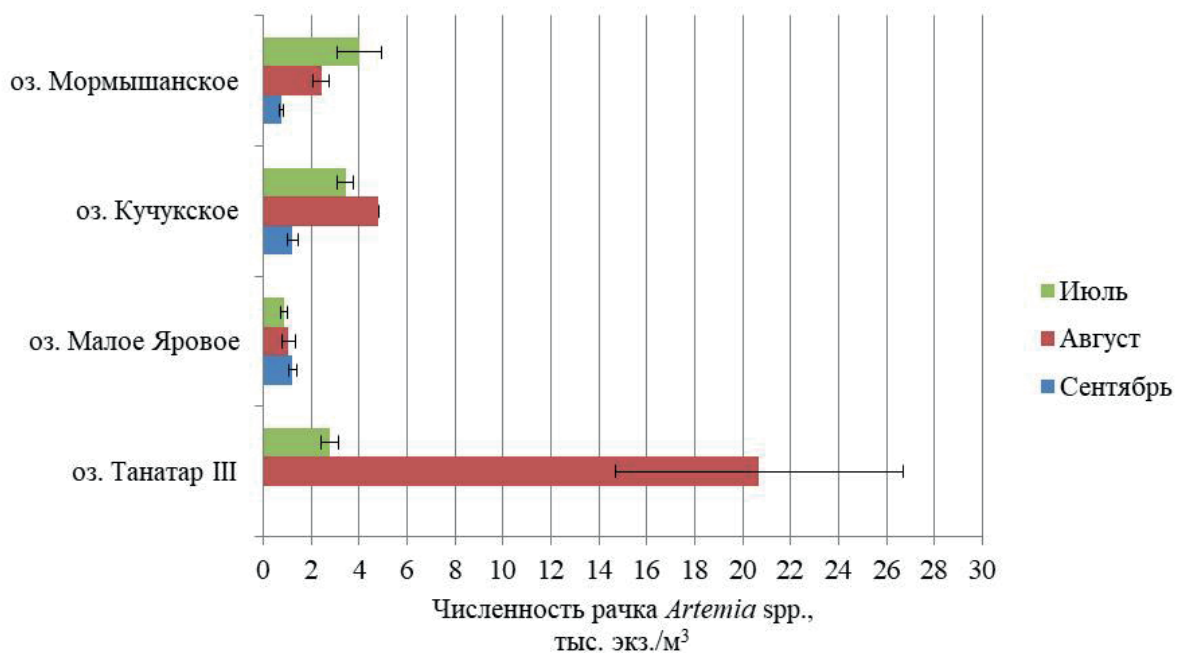


Рис. 3. Численность разновозрастных рачков *Artemia* spp. в модельных озерах (\pm SE), июль–сентябрь 2025 г.

Fig. 3. The abundance of crustaceans *Artemia* spp. of different ages in model lakes (\pm SE), July–September 2025

В период с июля по сентябрь возрастная структура рачка *A. parthenogenetica* преимущественно была представлена всеми стадиями развития: науплиусами, ювенильными стадиями, предвзрослыми и взрослыми особями. Численность **науплиусов** с июля по сентябрь незначительно изменялась (3.61 ± 2.32 , 4.11 ± 2.42 и 2.16 ± 1.87 тыс. экз./м³, соответственно) (рис. 4), а динамика численности **ювенильных стадий** в июле и августе составляла 14.54 ± 10.90 и 10.05 ± 3.35 тыс. экз./м³, соответственно, но значительно уменьшалась к сентябрю до 0.82 ± 0.25 тыс. экз./м³.

Численность **предвзрослых особей**, как и в случае с науплиусами, не имела значительного отличия в течение периода (0.38 ± 0.13 – июль, 0.64 ± 0.22 – август и 0.25 ± 0.06 – сентябрь тыс. экз./м³). Диапазон численности **взрослых самок** в июле и августе составлял 0.33 ± 0.19 и 0.55 ± 0.17 тыс. экз./м³, соответственно, но наибольший пик их развития наблюдался в сентябре – 1.56 ± 0.42 тыс. экз./м³.

Artemia tibetiana представлена двумя популяциями с присутствием в составе зоопланктона женских и мужских особей.

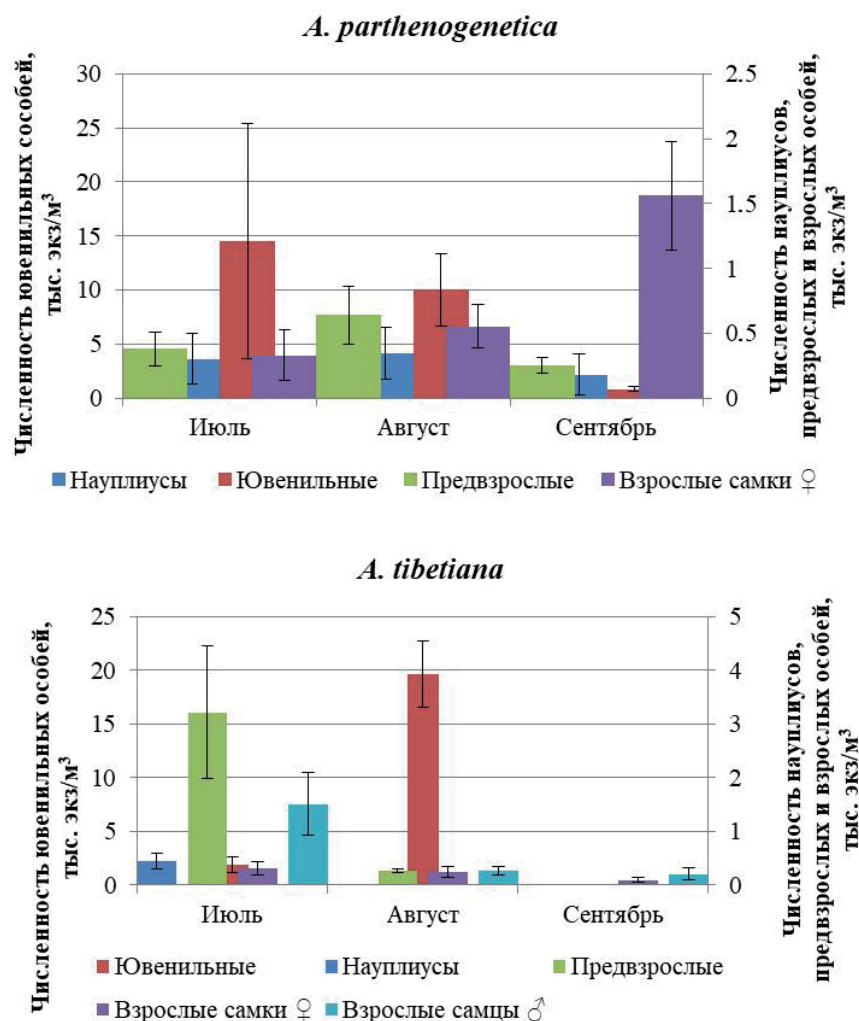


Рис. 4. Численность разновозрастных рачков *A. parthenogenetica* и *A. tibetiana* (\pm SE), июль–сентябрь 2025 г.

Fig. 4. The abundance of *A. parthenogenetica* and *A. tibetiana* crustaceans of different ages (\pm SE), July–September 2025

В отличие от *A. parthenogenetica*, возрастная структура этих популяций некоторые особенности в период исследований: отсутствие **науплиусов** в августе и сентябре (численность в июле их составляла 0.44 ± 0.15 тыс. экз./м³), а также отсутствие ювенильных и предвзрослых особей в сентябре. Пик развития **ювенильных стадий** с июля по август увеличился с 1.92 ± 0.74 до 19.62 ± 3.10 тыс. экз./м³. Численность **предвзрослых особей** в этот же период, наоборот, уменьшилась с 3.22 ± 1.24 до 0.27 ± 0.04 тыс. экз./м³. Численность **взрослых самок** была незначительной: июль – 0.31 ± 0.12 , август – 0.24 ± 0.10 и сентябрь – 0.10 ± 0.04 тыс. экз./м³. Развитие **взрослых самцов** с максимальным значением численности было отмечено в июле, составляя 1.51 ± 0.59 тыс. экз./м³. В августе и в сентябре, это значение уменьшилось до 0.27 ± 0.08 и 0.21 ± 0.12 тыс. экз./м³, соответственно.

Максимальная численность цист *A. parthenogenetica* приходилась на август (79.00 ± 42.20 тыс. экз./м³) (рис. 5) и сентябрь (89.09 ± 22.43 тыс. экз./м³), что выражалось в образовании их скоплений в промышленных масштабах этого биоресурса на озерах Большое Шкло, Большое Яровое, Кривая Пучина, Кучукское, Малиновое, Малое Яровое, Мормышанское, Шукыртуз. В июле

отмечались незначительные численные величины цист – 11.79 ± 2.26 тыс. экз./м³.

Высокие показатели численности цист *A. tibetiana* были зарегистрированы в июле (28.73 ± 20.98 тыс. экз./м³) и сентябре (56.62 ± 26.60 тыс. экз./м³), что также выражалось в образовании промысловых скоплений этого биоресурса в озерах Малое Шкло, Танатар III. Минимальные численные значения цист этого вида отмечались в августе (8.37 ± 3.82 тыс. экз./м³). Первое поколение рачка артемии достигло генеративной стадии развития в июле.

Среди исследуемых модельных озер самая высокая биомасса цист рачка *A. parthenogenetica* была отмечена в сентябре в оз. Малое Яровое (0.76 ± 0.33 г/м³), самая низкая биомасса цист *A. tibetiana* была отмечена в августе в оз. Танатар III (0.08 ± 0.03 г/м³).

Влияние абиотических факторов на функциональные характеристики. На основе корреляционного анализа по индексу Спирмена выявлены факторы, влияющие на численность рачка артемии и его различных возрастных стадий. На **партеногенетические популяции** (*A. parthenogenetica*) оказывают статистически значимое воздействие ($p < 0.05$):

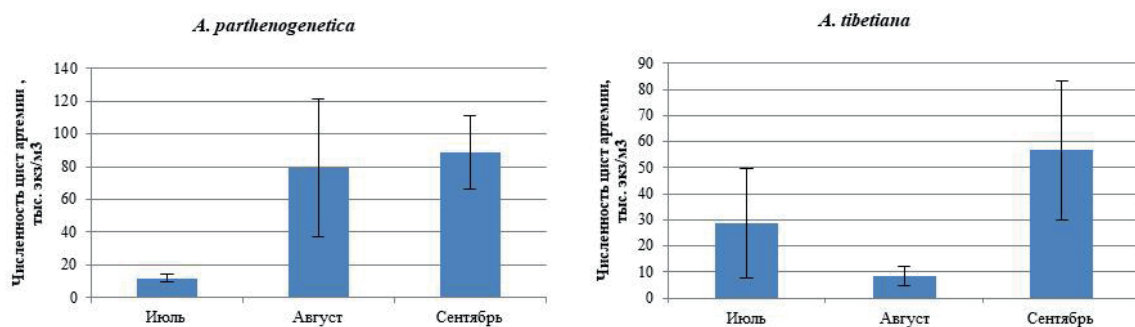


Рис. 5. Численность цист артемии *A. parthenogenetica* и *A. tibetiana* (\pm SE), июль–сентябрь 2025 г.
Fig. 5. The abundance of artemia cysts of *A. parthenogenetica* and *A. tibetiana* (\pm SE), July–September 2025

- температура рапы: положительная средняя связь с численностью науплиусов ($r = 0.42$) и слабая с численностью предвзрослых особей ($r = 0.25$);

- водородный потенциал (pH): слабая отрицательная связь с численностью взрослых самок ($r = -0.34$);

- глубина облова: положительная средняя связь с численностью взрослых самок ($r = 0.53$) и цист ($r = 0.64$), слабая связь с численностью предвзрослых особей ($r = 0.33$);

- окислительно-восстановительный потенциал: слабая положительная связь с численностью науплиусов ($r = 0.27$);

- электропроводность: слабая отрицательная связь с численностью предвзрослых особей ($r = -0.28$);

- содержание ионов Mg^{2+} : сильная положительная связь с численностью ювенильных стадий ($r = 0.77$).

На **двуполые популяции** (*A. tibetiana*), в свою очередь, оказывают статистически значимое воздействие ($p < 0.05$):

- температура рапы: положительная сильная связь с численностью предвзрослых особей ($r = 0.79$) и взрослых самцов ($r = 0.67$);

- растворенный в воде кислород: средняя отрицательная связь с численностью ювенильных стадий ($r = -0.55$);

- электропроводность: средняя отрицательная связь с численностью науплиусов ($r = -0.59$);

- общая минерализация: средняя отрицательная связь с численностью науплиусов ($r = -0.55$).

В настоящее время основные промысловые озера РФ (Большое Яровое, Медве-

жье, Малое Яровое, Эбейты, Кулундинское и Кучукское) производят 83% всех добываемых в стране цист рачка артемии. Самое большое озеро – Кулундинское, а к наиболее продуктивным относится оз. Большое Яровое с средней годовой продуктивностью 54 кг/га биосырья, несколько ниже продуктивность в оз. Медвежье (26 кг/га), оз. Малое Яровое и Эбейты (16 и 14 кг/га, соответственно) [Van Stappen et al., 2024].

Наиболее нестабильные биотопы со значительными межгодовыми колебаниями солености характерны для оз. Кулундинское и Эбейты. В разные годы этот показатель может колебаться в 4–5 раз, в остальных озерах флуктуация ниже – в 1.5–3 раза.

Следует учитывать, что поскольку исследованные озера расположены на обширной территории, вытянутой с севера на юг, то они имеют несколько различную сезонную динамику температуры, которая, как было показано, во многом определяет жизненный цикл артемии в конкретном водоеме. В частности, ранее было установлено, что климатические условия и межгодовые колебания температуры рапы, влияют на количество поколений артемии (от одного до четырех), что отражается на плодовитости самок в течение всей жизни и продуктивности биосырья исследуемых водоемов [Веснина, 2016].

Заключение

Изученные в 2025 г. гипергалинные водоемы Алтайского края по площади водного зеркала относятся к категории малых (5 озер), средних (7) и больших (1). В большинстве озер площадь водного зеркала в течение периода исследований (с мая

по сентябрь) уменьшалась. Все озера по величине минерализации рапы относятся к гипергалинным. По преобладающим анионам они относятся к 3 типам: гидрокарбонатные (1 озеро), сульфатные (1) и хлоридные (8). Вода озер сульфатного и хлоридного типов по величине рН была нейтральной – слабощелочной, а гидрокарбонатного типа – щелочной. Концентрация растворенного кислорода в воде всех озер была достаточно высокой, а окислительно-восстановительный потенциал – положительным. Температурный режим определялся климатом и погодными условиями региона исследований.

На основе результатов статистической обработки полученных данных определены основные факторы, влияющие на численность рачка артемии и его различных возрастных стадий. На популяции *A. parthenogenetica* значимо влияют: температура рапы, рН, глубина, окислительно-восстановительный потенциал, величина солености воды (по электропроводности), содержание ионов Mg^{2+} ; а на популяции *A. tibetiana*: температура рапы, растворенный в воде кислород, величина солености воды (по электропроводности и общей минерализации).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда (проект №25-26-00148 «Биологические ресурсы жаброногого рачка артемии в Алтайском крае: таксономический статус, биология, экология, продукционные характеристики и хозяйственное значение»).

Список литературы

- Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 442 с.
- Вежновец В.В. Ракообразные (Cladocera, Sclerozoa) в водных экосистемах Беларуси. Каталог. Определительные таблицы. Минск: Белорусская наука, 2005. 150 с.
- Веснина Л.В. Зоопланктон озерных экосистем равнины Алтайского края. Новосибирск: Наука, 2002. 158 с.
- Веснина Л.В. Факторы, определяющие продуктивность гипергалинных озер // Современное состояние водных биоресурсов: Материалы IV Междунар. конф. (10–11 ноября 2016 г., Россия). Новосибирск, 2016. С. 32–37.
- Веснина Л.В., Безматерных Д.М., Лассый М.В., Веснин Ю.А., Рябова К.К., Уварова О.В. Морфометрические характеристики и ДНК-баркодинг жаброногих ракообразных рода *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) озер Кулундинской низменности Алтайского края // Биология внутренних вод. 2025. Т. 18, № 5. С. 794–804. doi: 10.31857/S0320965225050038
- Геопортал Роскосмоса [Электронный ресурс]. URL: <https://gptl.ru/> (дата обращения: 25.11.2025)
- ГОСТ 17.1.1.02-77. Классификация водных объектов. М: Издательство стандартов, 1977. 9 с.

Жадин В.И. Методы гидробиологического исследования. М.: Высшая школа, 1960. 188 с.

Карпевич А.Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов. М.: Пищевая промышленность, 1975. 432 с.

Кучко Я.А., Ильмаст Н.В., Кучко Т.Ю. Методы сбора и обработки проб зоопланктона на пресноводных водоемах: учебное пособие для студентов эколого-биологического и агротехнического факультетов. Петрозаводск: Издательство ПетрГУ, 2016. 26 с.

Кононова О.Н., Фефилова Е.Б. Методическое руководство по определению размерно-весовых характеристик организмов зоопланктона европейского севера России. Сыктывкар, 2018. 152 с.

Литвиненко Л.И., Бойко Е.Г., Куцанов К.В., Герасимов А.Г., Разова Л.Ф., Побединцева М.А., Литвиненко А.И. К вопросу идентификации популяционной принадлежности артемии водоемов России по цистам // Вестник рыбохозяйственной науки. 2018. Т. 5, № 1. С. 4–25.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л.: ГосНИОРХ, 1982. 55 с.

Методические указания по определению общих допустимых уловов (ОДУ) цист жаброногого рачка *ARTEMIA*. Тюмень, 2002. 25 с.

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

Оксиюк О.П., Жукинский В.Н., Брагинский Л.П., Линник П.Н., Кузьменко М.И., Кленус В.Г. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. 1993. Т. 29, № 4. С. 62–76.

Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Часть 1 / Ред. Л. В. Боева. Ростов-на-Дону, 2009. 1150 с.

Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Часть 2 / Ред. Л. В. Боева. Ростов-на-Дону: Изд-тво ЮФУ, 2012. 720 с.

Соловов В.П., Студеникина Т.Л. Рачок артемия в озерах Западной Сибири. Новосибирск: Наука. 1990. 80 с.

Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. М: ООО «Бином-Пресс», 2007. 512 с.

Asem A., Yang C., Eimanifar A., Hontoria F., Varo I., Mahmoudi F., Fu C.Z., Shen C.-Y., Rastegar-Pouyani N., Wang P.Z., Li W., Yoa L, Meng X., Dan Y.T., Rogers D.D., Gajardo G. Phylogenetic analysis of problematic Asian species of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea, Anostraca), with the descriptions of two new species // Journal of Crustacean Biology. 2023. Vol. 43: P. 1–25. doi: 10.1093/jcbiol/ruad002

Gajardo G., Abatzopoulos T. J., Kappas I., Beardmore J. A. Evolution and speciation // *Artemia*. Basic and Applied. Dordrecht; Netherlands: Springer., 2002. P. 225.

Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boiko E.G., Kutsanov K. *Artemia* cyst production in

Russia // Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2015. Vol. 33, no. 6. P. 1436–1450. doi: 10.1007/s00343-015-4381-6

Shadrin N., Anufriieva E. Review of the biogeography of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in Russia // International Journal of Artemia Biology, 2012. Vol. 2, no.1. P. 51–61.

Van Stappen G., Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G., Marden B. & Sorgeloos P. A survey of *Artemia* resources of Southwest Siberia (Russian Federation) // Reviews in Fisheries Science. 2009. Vol. 17, no. 1. P. 117–148. doi:10.1080/10641260802590095

Van Stappen G., Sorgeloos P., Rombaut G. Manual on *Artemia* production and use // FAO Fisheries and Aquaculture Technical Papers. No. 702. Rome, 2024. 192 p. doi: 10.4060/cd0313en

References

Alekin O.A. Osnovy gidrohimii [Fundamentals of hydrochemistry]. L.: Gidrometeoizdat, 1970. 442 p. (in Russian).

Vezhnovec V.V. Rakoobraznye (Cladocera, Copepoda) v vodnyh jekosistemah Belarusi. Katalog. Opredelitel'nye tablicy [Crustaceans (Cladocera, Copepoda) in aquatic ecosystems of Belarus. Catalog. Defining tables]. Minsk: Belorusskaja nauka, 2005. 150 p.

Vesnina L.V. Zooplankton ozernyh jekosistem ravniny Altajskogo kraja [Zooplankton of lake ecosystems of the Altai krai plain]. Novosibirsk: Nauka, 2002. 158 p. (in Russian).

Vesnina L.V. Faktory, opredel'jajushhie produktivnost' gipergalinnyh ozer [Factors determining the productivity of hypersaline lakes] // Sovremennoe sostojanie vodnyh bioresursov: Mat. IV Mezhdunar. konf. (10–11 nov. 2016 g.) [Current state of aquatic biological resources: Proceed. IV int. conf. (Nov. 10–11, 2016). Novosibirsk, 2016. P. 32–37. (in Russian).

Vesnina L.V., Bezmaternyh D.M., Lassyj M.V., Vesnin Ju.A., Rjabova K.K., Uvarova O.V. Morfometricheskie harakteristiki i DNK-barkoding zhabronogih rakoobraznyh roda *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) ozer Kulundinskoj nizmennosti Altajskogo kraja [Morphometric characteristics and DNA barcoding of branchiopod crustaceans of the genus *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) of lakes in the Kulunda lowland of the Altai Krai] // Biologija vnutrennih vod [Inland Water Biology]. 2025. Vol. 18, no. 5. P. 794–804. doi: 10.31857/S0320965225050038. (in Russian).

Geoportal Roskosmosa [Roscosmos Geoportal]. URL: <https://gptl.ru/> (accessed: 25.11.2025).

GOST 17.1.1.02-77. Klassifikacija vodnyh ob#ektov [Classification of water bodies]. M: Izdatel'stvo standartov, 1977. 9 p. (in Russian).

Zhadin V.I. Metody gidrobiologicheskogo issledovanija [Methods of hydrobiological research]. M.: Vysshaja shkola, 1960. 188 p. (in Russian).

Karpevich A. F. Teorija i praktika akklimatizacii vodnyh organizmov [Theory and practice of acclimatization of aquatic organisms]. M.: Pishhevaja promyshlennost', 1975. 432 p. (in Russian).

Kuchko Ja.A., Il'mast N.V., Kuchko T.Ju. Metody sbora i obrabotki prob zooplanktona na presnovodnyh vodoemah [Methods of collecting and processing zooplankton samples in freshwater bodies]: uchebnoe posobie dlja studentov jekologo-biologicheskogo i agrotehnicheskogo fakultetov. Petrozavodsk: Izdatel'stvo PetrGU, 2016. 26 p. (in Russian).

Kononova O.N., Fefilova E.B. Metodicheskoe rukovodstvo po opredeleniju razmernovosovyh harakteristik organizmov zooplanktona evropejskogo severa Rossii [Methodological guide for determining the size and weight characteristics of zooplankton organisms in the European north of Russia]. Syktyvkar, 2018. 152 p. (in Russian).

Litvinenko L.I., Boyko E.G., Kutsanov K.V., Gerasimov A.G., Razova L.F., Pobedintseva M.A., Litvinenko A.I. K voprosu identifikacii populyacionnoj prinadlezhnosti artemii vodoemov Rossii po cistam [On the issue of identification of the *Artemia* population belonging to Russian reservoirs by cysts] // Vestnik rybohozyajstvennoj nauki. 2018. Vol. 5, no 1. P. 4–25. (in Russian).

Metodicheskie rekomendacii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyah na presnovodnyh vodoemah. Zooplankton i ego produkcija [Methodological recommendations for the collection and processing of materials in hydrobiological studies in freshwater reservoirs. Zooplankton and its products]. L.: GosNIORH, 1982. 55 p.

Metodicheskie ukazaniya po opredeleniju obshhih dopustimyh ulovov (ODU) cist zhabronogogo rachka *ARTEMIA* [Guidelines for determining the total allowable catches (TDES) of *ARTEMIA* gill-legged crustacean cysts]. Tjumen', 2002. 25 p. (in Russian).

Nikonorov A.M. Spravochnik po gidrohimii [Handbook of Hydrochemistry]. L.: Gidrometeoizdat, 1989. 91 p. (in Russian).

Oksijuk O.P., Zhukinskij V.N., Braginskij L.P., Linnik P.N., Kuz'menko M.I., Klenus V.G. Kompleksnaja jekologicheskaja klassifikacija kachestva poverhnostnyh vod sushi [Comprehensive ecological classification of land surface water quality] // Gidrobiologicheskij zhurnal, 1993. Vol. 29, no. 4. P. 62–76. (in Russian).

Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnyh vod sushi. Chast' 1 [Guidelines for the chemical analysis of land surface waters. Part 1] / Ed. L.V. Boeva. Rostov-na-Donu, 2009. 1150 p. (in Russian).

Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnyh vod sushi. Chast' 2 [Guidelines for the chemical analysis of land surface waters. Part 2] / Ed. L.V. Boeva. Rostov-na-Donu: Izd-tvo JuFU, 2012. 720 p. (in Russian).

Solovov V.P., Studenikina T.L. Rachok artemiya v ozerah Zapadnoj Sibiri [The brine shrimp *Artemia* in the lakes of Western Siberia]. Novosibirsk: Nauka, 1990. 80 p. (in Russian).

Halafjan A.A. STATISTICA 6. Statisticheskij analiz dannyh [STATISTICA 6. Statistical data analysis]. M: OOO «BinomPress», 2007. 512 p. (in Russian).

Asem A., Yang C., Eimanifar A., Hontoria F., Varo I., Mahmoudi F., Fu C.-Z., Shen C.Y., Rastegar-Pouyani N., Wang P.Z., Li W., Yoa L, Meng X., Dan Y.T., Rogers D.D., Gajardo G. Phylogenetic analysis of problematic Asian species of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea,

Anostraca), with the descriptions of two new species // Journal of Crustacean Biology. 2023. Vol. 43: P. 1–25. doi: 10.1093/jcbiol/ruad002

Gajardo G., Abatzopoulos T. J., Kappas I., Beardmore J. A. Evolution and speciation // *Artemia*. Basic and Applied. Dordrecht; Netherlands: Springer., 2002. P. 225.

Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boiko E.G., Kutsanov K. *Artemia* cyst production in Russia // Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2015. Vol. 33, no. 6. P. 1436–1450. doi: 10.1007/s00343-015-4381-6

Shadrin N., Anufriieva E. Review of the biogeography of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in Russia // International Journal of Artemia Biology, 2012. Vol. 2, no.1. P. 51–61.

Van Stappen G., Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G., Marden B. & Sorgeloos P. A survey of *Artemia* resources of Southwest Siberia (Russian Federation) // Reviews in Fisheries Science. 2009. Vol. 17, no. 1. P. 117–148. doi:10.1080/10641260802590095

Van Stappen G., Sorgeloos P., Rombaut G. Manual on *Artemia* production and use // FAO Fisheries and Aquaculture Technical Papers. No. 702. Rome, 2024. 192 p. doi: 10.4060/cd0313en

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE
BRANCHIOPOD CRUSTACEAN *ARTEMIA PARTHENOGENETICA*
AND *ARTEMIA TIBETIANA* IN HYPERSALINE LAKES
OF THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA

L.V. Vesnina, D.M. Bezmaternyh, M.V. Lassyj, Ju. A. Vesnin

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul,

E-mail: artemia.vesnina@mail.ru, bezmater@iwep.ru, mihalassy@mail.ru, uav1978@mail.ru

The article presents the results of a comprehensive hydrochemical and hydrobiological study of 10 different types of hypersaline lakes in the south of Western Siberia, conducted from July to September 2025. It has been established that the populations of Artemia Leach, 1819 are represented by two species, A. parthenogenetica Barigozzi, 1974 and A. tibetiana (Abatzopoulos et al., 1998). Their size, age, and numerical parameters depend on a number of physical and chemical factors identified on the basis of the Spearman correlation index: water temperature, water salinity, hydrogen potential, redox potential, electrical conductivity, oxygen dissolved in water, and catching depth.

Keywords: Artemia; populations; cysts; size and age structure; environmental factors; salt lakes; water; salinity.

Received: December 18, 2025. Accepted: February 13, 2026

Сведения об авторах

Вesnina Любовь Викторовна – д.б.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории водной экологии Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия,

656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0000-0003-1325-9030. E-mail: artemia.vesnina@mail.ru.

Безматерных Дмитрий Михайлович – д.б.н., доцент, заместитель директора по научной работе Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0000-0002-7747-4939. E-mail: bezmater@iwep.ru.

Лассый Михаил Владимирович – младший научный сотрудник лаборатории водной экологии Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0000-0003-4042-5858. E-mail: mihalassy@mail.ru.

Веснин Юрий Александрович – инженер лаборатории водной экологии Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0000-0003-2792-8039. E-mail: uav1978@mail.ru.

Information about the authors

Vesnina Ljubov' Viktorovna – Dr Sc. in Biology, Professor, chief researcher at the Laboratory of Aquatic Ecology of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS. 1, Molodjozhnaja St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0003-1325-9030. E-mail: artemia.vesnina@mail.ru.

Bezmaternyh Dmitrij Mihajlovich – Dr Sc. in Biology, Associate Professor, Deputy Director for Scientific Work of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS. 1, Molodjozhnaja St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0002-7747-4939. E-mail: bezmater@iwep.ru.

Lassyj Mihail Vladimirovich – Junior research fellow at the Laboratory of Aquatic Ecology of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS. 1, Molodjozhnaja St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0003-4042-5858. E-mail: mihalassy@mail.ru.

Vesnina Jurij Aleksandrovich – Engineer at the Laboratory of Aquatic Ecology of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS. 1, Molodjozhnaja St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0003-2792-8039. E-mail: uav1978@mail.ru.