

DOI: 10.24143/2073-5529-2019-1-72-82
УДК 595.32 (26.05)

ПОПУЛЯЦИИ АРТЕМИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ СОЛЯНЫХ ОЗЕР ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА

Л. И. Шарипова¹, О. А. Шарипова², Т. Т. Трошина¹, Б. К. Кенжебеков¹, Ш. Б. Нуриева¹

¹Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства,
Алматы, Республика Казахстан

²Балхашский филиал Казахского научно-исследовательского института рыбного хозяйства,
Балхаш, Республика Казахстан

Оценка состояния ценного биоресурса соляных озер – рачка артемии и его цист – отсутствует для южных регионов Республики Казахстан. Целью исследований является характеристика популяций рачка на юго-востоке Казахстана, в трех озерах Рай полупустынного Прибалхашья и в предгорном оз. Тузколь (Алматинская область). Минерализация воды озер Рай № 1 и № 2 относится к рассолам (71,5–153,9 г/дм³), в озере № 3 – к соленым водам (16,5–26,2 г/дм³). Сумма ионов в воде оз. Тузколь весной и летом 2017 г. не превышала 46,7 и 52,8 г/дм³. Минерализация в нем может повышаться до 160 г/дм³ в октябре и до 278,8 г/дм³ в маловодье летом. Вода в озерах хлоридно-натриевая I или II типа. Отличительной чертой является низкое соотношение ионов Na⁺: K⁺ в воде по сезонам (от 4,4 до 11,2). В озерах Рай № 1, № 2 и в оз. Тузколь рачок артемия представлен партеногенетической расой. В озере № 3, при массовом развитии других зоопланктеров, артемия не обнаружена. Величина биомассы артемии оценивается в озерах Рай от низкой до очень высокой (1,9–64,5 г/м³), но концентрация цист в них была пониженной (0,1–18,0 тыс. экз./м³). Очень высокой продуктивностью рачка характеризуется оз. Тузколь (71,25–99,75 г/м³) в начале и конце вегетационного периода. Максимальная плотность планктонных цист отмечалась в нем в октябре (525 тыс. экз./м³) и при экстремальной солености (до 110 тыс. экз./м³). Данный водоем рекомендуется для промысла цист артемии. Озера Рай можно использовать в качестве биофонда рачка для инокуляции в водоемы южного региона.

Ключевые слова: артемия, рачок, цисты, науплии, партеногенетическая раса, численность, биомасса, зоопланктеры, озера, минерализация.

Для цитирования: Шарипова Л. И., Шарипова О. А., Трошина Т. Т., Кенжебеков Б. К., Нуриева Ш. Б. Популяции артемии в современных условиях соляных озер юго-востока Казахстана // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 1. С. 72–82. DOI: 10.24143/2073-5529-2019-1-72-82.

Введение

Значительное количество безрыбных высокоминерализованных водоемов Казахстана богато ценным кормовым биоресурсом – жаброногим рачком артемией (*Crustacea, Anostraca*). Таксономическая принадлежность популяций рачка из северных озер и из заливов морей страны определена впервые как *Artemia parthenogenetica*, с использованием гена митохондриальной ДНК [1, 2].

Покоящиеся яйца артемии (цисты) являются промышленным объектом, имеющим международный спрос. Цисты рачка используются в качестве корма в рыбоводстве, в аквакультуре для всех культивируемых водных животных, в птицеводстве, как поставщики ценных биоактивных веществ в фармацевтической и косметической промышленности. Применение молоди артемии, вышедшей из цист, в качестве стартового живого корма способствует получению жизнестойких подрощенных личинок рыб, существенно повышает темп их роста и выживаемость. В последнее время во всем мире получила распространение методика улучшения пищевых качеств молоди-науплиусов и рачков путем обогащения их пищевыми добавками, питательными веществами, пигментами, профилактическими и терапевтическими средствами [3].

Коммерческая ценность этих рачков состоит в том, что цисты артемий могут образовывать промышленные скопления. Интенсивный темп роста, состав тела с высоким содержанием белка и значительным уровнем незаменимых аминокислот, гормонов, каротиноидов, витаминов определяют артемию в качестве ценного источника белка в кормопроизводстве [4, 5].

Информация о состоянии этого биоресурса и условиях его обитания имеется к настоящему времени для водоемов северных районов страны – Павлодарской, Северо-Казахстанской, Костанайской, Акмолинской, Карагандинской областей – и заливов Большого Аральского моря и Северного Каспия на территории республики [1, 6, 7]. Данные о наличии, биологических параметрах и продуктивности популяций артемии в водоемах более южной части страны практически отсутствовали. Имеются лишь отрывочные сведения – характеристики популяции рачка в оз. Северо-Западное Прибалхашья, собранные с целью выявления признаков географической изменчивости относительно других регионов, а также данные по единовременным исследованиям продуктивности рачка в оз. Тузколь Алматинской области [8, 9].

Было установлено своеобразие и варьирование морфологических признаков прибалхашской артемии [8]. По 22-м сравниваемым пластическим признакам эта популяция достоверно отличалась от популяций из Сибири и по 14 – от рачков из Крыма. По наиболее стабильному показателю – соотношению цефалоторакса и абдомена – между прибалхашскими и сибирскими рачками наблюдалось реальное различие. Казахстанская артемия отличалась более длинным и широким абдоменом и выраженными максимальными различиями по ширине 1-го сегмента. Своеобразие и варьирование морфологических признаков прибалхашской артемии объяснялось низким соотношением ионов $Na^+ : K^+$ в воде. Для крымских озер эта величина была равна 48,16, для алтайских – 34,45, а в Прибалхашье составляла 5,27 [10].

Биологические параметры популяций жабронога юго-восточного региона Республики Казахстан, как и наличие других водоемов с артемией в этом районе, не были известны.

Целью исследований является оценка ареала распространения и продуктивности популяций рачка в современных условиях соляных водоемов Алматинской области, в том числе в Южном Прибалхашье.

Материал и методики исследования

В мае и августе 2015 и 2017 гг. обследовано состояние и продуктивность популяций артемии в условиях соляных озер Алматинской области – в трех озерах Рай в Прибалхашье и предгорном оз. Тузколь. Для последнего использованы также данные за октябрь 2002 г. [9].

Отбор и обработка проб воды на общий гидрохимический анализ из водоемов выполнены титриметрическими, колориметрическими методиками и по нормативным документам [11–14]. Калий и натрий определялись методом фотометрии пламени на пламенном фотометре [14]. При определении индекса воды использовалась классификация природных вод О. А. Алекина [15]. Сбор и обработка гидробиологического материала проводились согласно стандартным методикам [16, 17]. Пробы зоопланктона отбирались процеживанием 50 л воды через сеть Апштейна и фиксировались 4 % формалином. Возрастная и половая идентификация артемии, просчет стадий развития рачка, его цист и других зоопланктеров проводились с применением микроскопов МБС-10 и МСА-300. Индивидуальные веса возрастных стадий артемии, в соответствии с линейными размерами, брались по известному методическому руководству [18]. Численность и биомасса организмов зоопланктона рассчитывались на 1 м³ водной толщи озер.

Результаты исследования и обсуждение

Райские озера. Находятся в регионе Южного Прибалхашья, в полупустынной зоне. Годовая температура воздуха (по данным метеостанции Матай) – +6,2 °С, температура января –15 °С, июля – +22,4 °С. В холодные зимы среднемесячная температура января опускается до –20,0 °С, а температура июля может подниматься до +30 °С. Теплый период продолжается 7 месяцев (апрель–октябрь). За это время выпадает в среднем около 126 мм осадков, за год – 230 мм. Продолжительность снежного покрова составляет 110–115 дней (с первой декады декабря до первой декады марта). Высота снега незначительная – 20,0 см [19].

Располагаются три озера Рай в 49,0 км к западу/северо-западу от ст. Матай и в 12,0 км к западу/юго-западу от ст. Кураксу. От озер до южного берега оз. Балхаш 30,0 км, а до подошвы Жонгарского Алатау 40,0 км. Расположены озера между песчаными массивами Жаманжал и Косшагыл, в 6,0 км левее русла р. Аксу. Здесь, в пределах участка около 4,0 км длиной и 1,5 км шириной, расположено более 20 мелких соляных озер. Среди них озера Рай наиболее крупные (табл. 1).

Таблица 1

**Расположение и основные морфометрические характеристики
соляных озер Алматинской области**

Райские озера	Координаты	Площадь, га	Глубина, м	Прозрачность, м	Грунт
Оз. Рай № 1	N 46° 01' 53,0" E 78° 07' 32,0"	10,4	1,0–1,5	1,0–1,5	Темно-серый ил, песок
Оз. Рай № 2	N 46° 02' 10,6" E 78° 07' 19,6"	10,4	0,8–3,5	0,8–1,5	Темно-серый ил, песок
Оз. Рай № 3	N 46° 02' 24,0" E 78° 07' 28,7"	1,9	0,6–2,0	0,6–2,0	Темно-серый ил, песок
Оз. Тузколь	N 43° 00' 21,6" E 79° 59' 26,0"	700,0	0,2–1,0	0,2–0,8	Черный ил, песок

Оценка современного состояния среды обитания артемии в этих озерах дается по результатам гидрохимических исследований, проведенных в весенне-летний период 2017 г. (табл. 2).

Таблица 2

Гидрохимические показатели воды исследуемых водоемов в 2017 г.

Место отбора	Месяц	pH	Биогенные элементы, мг/дм ³						Органическое вещество, мг/дм ³	Общая жесткость, мг-экв./дм ³
			NH ₄	NO ₂	NO ₃	P	Fe	Si		
Райские озера										
Оз. Рай № 1	май	9,15	0,35	0,001	0,16	0,207	0,60	1,3	64,0	32,0
	август	9,20	0,14	0,001	0,06	0,103	0,14	2,9	52,0	38,0
Оз. Рай № 2	май	8,94	0,33	0,001	0,19	0,150	0,11	1,4	61,0	70,0
	август	9,19	0,10	следы	0,04	0,093	0,03	1,9	50,0	70,0
Оз. Рай № 3	май	9,20	0,21	0,001	0,16	0,029	0,02	1,1	42,0	12,6
	август	9,20	0,10	следы	0,04	0,015	0,02	2,8	33,0	17,8
Оз. Тузколь										
Прибрежье	май	8,30	0,06	0,001	0,11	0,004	0,42	0,8	35,0	11,2
	август	7,8	0,04	0,003	7,1	1,33	–	–	48,0	–

Реакция водной среды озер щелочная, водородный показатель, в зависимости от интенсивности процессов фотосинтеза, колеблется в пределах 8,94–9,20. Температура воды в озерах в мае достигает 22 °С, в августе нарастает до 26,4 °С.

Количество органического вещества высокое, особенно в озерах № 1 и № 2, где обитала артемия. Величина перманганатной окисляемости в озерах снижается от весны к лету на 18–21 %. Повышенное содержание органики в озерах образуется при замедлении процессов разложения, что обычно наблюдается в водоемах с дефицитом кислорода.

В количественном отношении среди соединений азота весной лидирует аммоний. Распределение нитритов и нитратов по акваториям озер равномерное. Максимальные концентрации минерального фосфора (0,150–0,207 мг/дм³) и общего железа (0,11–0,60 мг/дм³) зафиксированы также в воде озер № 1 и № 2. В водной среде менее минерализованного озера № 3 содержание данных компонентов на порядок ниже. Количество кремния в водной толще меняется незначительно по озерам.

Из анализа сезонной динамики биогенных элементов следует, что летом в озерах наблюдается уменьшение количества аммонийного азота в 2,1–3,3 раза, нитратов – в 2,7–4,8 раза, минерального фосфора – в 1,6–2,0 раза. Результаты летних исследований свидетельствуют о снижении в 3,7–4,3 раза содержания общего железа в воде озер № 1 и 2. Сезонные изменения кремния характеризуются ростом его концентрации летом.

Вода в исследуемых водоемах относится к категории «очень жесткая». Максимальная жесткость воды, 70,0 мг-экв./дм³, характерна для озера № 2 и обусловлена высоким содержанием ионов магния.

Водоемы значительно различаются по ионно-солевому составу и минерализации воды, что связано с особенностями гидрогеологических условий по региону (табл. 3).

Ионно-солевой состав воды озер Рай и оз. Тузкуль в 2017 г.

Место отбора	Месяц	Главные ионы, мг/дм ³						Минерализация, г/дм ³	Индекс по О. А. Алекину	
		HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na			K
Райские озера										
Оз. Рай № 1	май	3 294	46 120	16 811	14,4	380	37 683	4 142	108,4	Cl ^{Na} _I
	август	11 590	63 060	20 413	48,1	433	53 055	5 289	153,9	Cl ^{Na} _I
Оз. Рай № 2	май	1 464	27 864	15 033	20,8	839	23 733	2 593	71,5	Cl ^{Na} _I
	август	4 587	39 846	18 844	72,1	807	34 279	3 072	101,5	Cl ^{Na} _{II}
Оз. Рай № 3	май	1 147	3 935	5 475	12,8	145	2 593	583	16,5	Cl ^{Na} _I
	август	3 599	6 771	6 477	14,4	208	8 299	813	26,2	SCl ^{Na} _I
Оз. Тузкуль										
Прибрежье	май	224	26 800	624	120	63,2	17 163	1 699	46,7	Cl ^{Na} _{II}
	август	459	24 461	784	260	69,2	26 728		52,8	Cl ^{Na} _I

Согласно принятой классификации вода гипергалинных озер № 1 и № 2 по величине минерализации (выше 50 г/дм³) относится к рассолам [15]. Вода озера № 3, с минерализацией 16,5–26,2 г/дм³, соответствует соленым водам. Величина минерализации динамична и подвержена значительным колебаниям в сезонном аспекте, что связано с изменениями гидрологического режима. В августе соленость воды в озерах увеличилась на 29–37 %.

Вода озера № 1 принадлежит к хлоридному классу, натриевой группе, I типу. По доминирующим ионам вода озера № 2 хлоридно-натриевая, весной она соответствует I типу, с увеличением солености летом меняется на II тип. В весенний период вода озера № 3 относится к смешанному сульфатно-хлоридному классу, натриевой группе, I типу. При росте минерализации, наблюдаемом летом, соотношение ионов меняется и вода переходит в хлоридный класс.

В летний период при повышении солености меняется процент-эквивалентное соотношение концентраций ионов: увеличивается доля гидрокарбонатов на фоне снижения доли сульфатов.

Соотношение ионов Na⁺ : K⁺ в озерах № 1 и № 2 низкое, не превышает величины 9,2 весной и 11,2 летом по сравнению с минерализацией соляных озер Сибири и Крыма (34,4–48,2) [10]. В озере № 3 весной этот показатель минимален и равен 4,4, и только в августе поднимается до 10,2 – уровня, примерно равного по всем озерам летом. Доля ионов натрия в водной среде озера № 3 возрастает летом с 29 до 46 %-экв. Процент-эквивалентное соотношение остальных ионов практически равнозначно по сезонам и не зависит от колебаний величины минерализации.

Гидрохимический режим гипергалинных озер Рай № 1 и № 2 благоприятен для жизнедеятельности жаброногого рачка артемии, способного существовать при высоком содержании органических веществ и солей в условиях возможного дефицита кислорода. Пониженная минерализация воды в оз. Рай № 3, невысокое (на порядок ниже) содержание ионов натрия и других ионов не соответствуют условиям выживания и полноценного функционирования жизненных процессов артемии. Соответственно указанным условиям обитания популяции артемии присутствовали только в озерах № 1 и № 2, в оз. № 3 артемия не обнаружена.

Рачки были представлены всеми возрастными стадиями популяций в весенний и летний периоды наблюдений в обоих озерах (табл. 4).

Таблица 4

Распределение численности и биомассы разновозрастных стадий артемии в озерах Рай № 1 и № 2 в мае и августе 2017 г.

Месяц	Науплии	Ювенильные	Предвзрослые и самки	Самки с яйцами	Самцы	Всего	Цисты в воде
Численность, тыс. экз./м³							
<i>Оз. Рай № 1</i>							
Май	3,70	0,20	0,10	0,10	0,10	4,30	16,10
Август	27,89	1,28	4,16	3,56	5,47	42,36	13,22
<i>Оз. Рай № 2</i>							
Май	29,00	9,40	19,30	0,30	4,30	62,70	18,10
Август	14,00	1,33	2,00	0,80	2,67	20,80	11,000
Биомасса, г/м³							
<i>Оз. Рай № 1</i>							
Май	0,60	0,10	0,30	0,40	0,3	1,91	0,16
Август	4,74	0,71	9,86	13,16	15,10	43,56	0,13
<i>Оз. Рай № 2</i>							
Май	4,90	5,20	41,20	1,20	12,0	64,51	0,18
Август	2,38	0,73	4,27	2,96	7,36	17,70	0,11

В мае численность и биомасса рачка в озере № 1 низкие; в озере № 2 многократно (в 15 и 34 раза) более высокие. Преобладали самые молодые, науплиальные стадии. В озере № 1 они составляли 86 % всей численности популяции, на долю самок здесь приходилось менее 5 %. В пелагиали концентрация науплиев была выше (4,7 тыс. экз./м³), чем в прибрежье (2,8 тыс. экз./м³). Прочие возрастные стадии рачка распределялись по акватории равномерно.

В более глубоководном и продуктивном озере № 2 плотность науплиев в 1 м³ на порядок выше по всей акватории, чем в озере № 1. Молодые самки и дополняющие их предвзрослые концентрировались больше в глубинной части (41,5 %), чем в прибрежье (9,4 %). При этом яйценозные особи составляли только 0,5 % численности популяции, на долю молодых самок приходилась ее треть. Вероятно, низкий процент самок с яйцами в озерах обусловлен отмиранием их после вымета науплиев и завершения процесса размножения в наблюдаемых генерациях.

В августе количественные показатели популяций артемии увеличиваются, но в разной степени по озерам, при идентичной структуре популяций (см. табл. 4).

Более продуктивна летом артемия в озере № 1, с оптимальной для рачков минерализацией воды – 153,9 г/дм³. В оз. Рай № 2, в условиях солёности ниже на треть относительно первого озера, запасы артемии по численности и массе были ниже в 2 и 2,5 раза. Основу показателя в обоих случаях формировали недавно появившиеся молодые науплии, 66 % от общего количества. Роль ювенальных и предвзрослых стадий невелика – от 2 до 6 %. Половозрелая часть популяции составляла около 30 % от количества всех рачков. Суммарная доля самок равнопредставлена по озерам.

Популяции артемии озера Рай относятся к партеногенетическим расам. Доля самцов в мае составляла не более 2,3 и 6,8 % от общей численности особей по озерам. Летом их больше, до 13 %. В типичных бисексуальных популяциях число самцов превышает уровень 30 % от всех особей [3].

Самцы крупнее в озере № 1 (от 8,2 до 9,8 мм), чем в озере № 2 (от 6,2 до 7,9 мм). То же относится и к размеру самок: 9–14 и 7,8–8,2 мм соответственно. Выше и плодовитость самок первого озера (50–70 яиц) относительно второго (13–20 яиц). Популяции артемии в этих озерах весной и летом характеризуются низкой продуктивностью цист по водоемам.

Величина биомассы рачков прибалхашских популяций меняется от низкой до очень высокой по сезонам, в соответствии с классификацией [1]. При этом оз. Рай № 1 высокопродуктивно летом, а озеро № 2 – в мае. Видимо, такая разница показателей в одном и том же временном периоде обусловлена наблюдением различных генераций в популяциях рачка по озерам.

Следует указать также, что в озере № 2, где минерализация воды понижена, появляются галофильные зоопланктеры, конкуренты в питании жабронога. Это коловратки *Brachionus plicatilis*, *Synchaeta sp.*, рачки *Moina macrocopa* и *Arctodiptomus salinus*, с невысокой численностью (9 тыс. экз./м³) и массой (50,44 мг/м³). В озере № 3 данный набор организмов имел уже повышенные количественные показатели – до 308 тыс. экз./м³ и 5 г/м³ – на фоне низкой солёности воды. При суммарном воздействии этих факторов артемия отсутствовала.

Озеро Тузкуль. Находится в предгорном массиве Алматинской области (Райимбекский район), в 15 км от населенного пункта Карасаз. Длина озера составляет 5,7 км при максимальной ширине 1,5 км и соответствующей площади (см. табл. 1). Объем водной массы 3,7 млн м³. Вода серовато-зеленого цвета. Дно озера пологое, плавно углубляется к центру. Берега низкие, с западной стороны скалистые. Высшая водная растительность отсутствует, но имеются выросты нитчатых водорослей. Последнее обстоятельство является неблагоприятным фактором при учете и сборе береговых отложений цист. Преобладающие ветры юго-восточного направления способствуют нагону цист к северо-западной части озера. Подпитывается озеро родниками и водами артезианской скважины. Зимой покрывается льдом. Водоем периодически арендовался для добычи лечебной грязи и соли; постоянный промысел цист на озере не велся.

Температура водных масс в мае 2017 г. соответствовала 26,0 °С, в августе – 21,0 °С.

Реакция водной среды слабощелочная (см. табл. 3). Количество органического вещества в воде в оба месяца высокое, а концентрации биогенных элементов низкие. Минимальные концентрации в мае характерны для нитритов и минерального фосфора. Приоритетным компонентом по содержанию в воде является железо. К концу лета концентрация нитратов нарастает на порядок, а минерального фосфора – на три порядка. По суммарному содержанию ионов кальция и магния вода относится к категории «очень жесткая».

Вода озера весной классифицируется как соленая, а в августе 2017 г., при небольшом нарастании количества солей, переходит в разряд рассолов (см. табл. 3). Оба показателя ионного состава воды относятся к классу низкой минерализации среди артемиевых озера [1, 3].

В составе воды озера преобладают анионы Cl, затем ионы Na и K, что соответствует хлоридному классу натриевой группы I или II типа (см. табл. 3). Соотношение ионов $Na^+ : K^+$ в водной среде оз. Тузкуль не поднимается выше величины 10,1, фактически повторяя летние значения аналогичных показателей для прибалхашских озер. Видимо, данное соотношение указанных микроэлементов может быть типичным для воды соленых озер полупустынной зоны, с сопутствующим своеобразием морфологического облика артемии в них [8].

Летний показатель солености воды в маловодном 2015 г. был выше, чем в 2017 г., более чем в 5 раз – 278,8 г/дм³, приближаясь к максимальным показателям условий обитания артемии [3, 18]. Известно, что концентрация хлорида натрия выше 250 г/дм³ на рачков оказывает уже токсическое действие [4]. В таких условиях наиболее значимым параметром популяции была только концентрация покоящихся стадий – цист.

В октябре 2002 г., в конце вегетационного сезона рачка, минерализация воды в озере составляла 160 г/дм³. Такой показатель считается оптимальным для наращивания биомассы и численности цист. Подтверждалось это морфометрией рачков – наличием на фуркальных ветвях 15–17 щетинок, – а также общим запасом цист (около 9 т) [9].

По всем периодам исследования озера биологические характеристики популяции артемии представлены в табл. 5.

Таблица 5

Распределение количественных показателей разновозрастных стадий артемии оз. Тузкуль в сезонном и межгодовом аспектах

Месяц	Науплии	Ювенальные	Предвзрослые и самки	Самки с яйцами	Самцы	Всего	Цисты в воде
2017 г.							
Численность, тыс. экз./м³							
Май	–	–	23,12	7,12	–	30,24	7,82
Август	2,67	11,33	0,77	0,10	0,01	14,89	39,33
Биомасса, г/м³							
Май	–	–	47,91	26,34	–	74,25	0,08
Август	0,45	6,23	1,40	0,37	0,027	8,48	0,39
2015 г.							
Численность, тыс. экз./м³							
Август	4,40	0,35	0,71	0,12	0,02	5,58	110,40
Биомасса, г/м³							
Август	0,75	0,19	1,31	0,44	0,06	2,75	1,10
2002 г.							
Численность, тыс. экз./м³							
Октябрь	0,01	46,1	22,8	3,6	0,58	73,09	525,00
Биомасса, г/м³							
Октябрь	0,002	25,36	59,47	13,32	1,60	99,75	5,25

В мае 2017 г., в начале периода вегетации, численность артемии была выражена высокой величиной, так же как и биомасса. В популяции уже полностью отсутствовала молодь – науплиальные и ювенальные рачки, перешедшие на следующую возрастную стадию. Это предвзрослые особи, которые составляли основу численности данной генерации (43,8 %), остальную ее часть представляли самки без яиц (32,6 %) и с яйцами (23,5 %). Две последние группы формировали основу биомассы в относительно равном соотношении – 34,0 и 35,5 %.

По величине биомассы рачков (74,25 г/м³), водоем весной 2017 г. оценивался как «очень высокопродуктивный» по классификации артемиевых озер различной трофности [1]. Интересно, что высокие количественные показатели жабронога в данном случае получены в условиях относительно низкой минерализации воды озера за период наблюдений. Считается, что оптимальная соленость водной среды для создания биомассы артемии находится в пределах 100–200 г/дм³ [3]. Очевидно, что в мае 2017 г. популяционные характеристики высокой продуктивности артемии получены из цист урожая 2016 г. в результате раннего массового выхода рачков из них.

Более соответствуют уровню пониженной минерализации значения численности и биомассы особей летом 2017 г., которые в 2 и 9 раз ниже, чем в мае. В августе популяция артемии была представлена всеми возрастными стадиями. Преобладали количественно ювенальные особи, составляющие 76,2 % от состава. Эта же стадия формировала основу биомассы артемии в озере – 73,5 % от величины показателя. Значительно меньше было науплиальных и предвзрослых

стадий – 17,9 и 4,5 % соответственно. Половозрелые рачки крайне малочисленны, значения их численности и биомассы не превышали 1,3 и 7,0 % артемии в водоеме. Яйценосные самки и самки без яиц среди них отмечены в равной степени.

В августе 2015 г., при экстремальной для жизни рачка солености, количественные показатели разновозрастных особей минимальны в толще воды. Популяция представлена в основном численностью покоящихся стадий – цистами (см. табл. 5). К концу вегетационного сезона, в октябре, преобладали старшие стадии молодых особей, только изредка присутствовали метанауплиусы. Основу численности популяции (63,1 %) создавали ювенальные рачки. Максимальная их плотность на отдельных биотопах озера достигала 108 тыс. экз./м³.

Размерные показатели половозрелых особей популяции и остаточная плодовитость самок артемии представлены по сезонам в табл. 6.

Таблица 6

Размерный состав половозрелых особей и плодовитость артемии оз. Тузколь за период исследований

Размер особей, плодовитость	05.2017	08.2017	08.2015	10.2002
Самки, мм	8,6–13,0	7,0–11,0	6,4–9,0	8,0–11,0
Самцы, мм	–	7,0	5,5	8,0–9,0
Плодовитость, экз./самку	5–22	50–80	24–74	24–52

Популяция артемии в оз. Тузколь представлена партеногенетической расой. Самцы в популяции в мае 2017 г. отсутствовали, в августе этого года и в 2015 г. отмечались единичные их экземпляры. Увеличение их численности на порядок величин отмечено только в октябре, при отмирании популяции. Осенью соотношение самцов с самками не превышало 1 : 20, или 0,8 % от числа всех особей.

В октябре самцы были несколько крупнее, чем летом. Самки отличались меньшими размерами в августе, особенно при максимальной минерализации воды в 2015 г. Плодовитость же самок была более высокой летом 2017 г., при благоприятной солености для яйцеобразования и живорождения (при 52,8 г/дм³), но не для цист. Два этих процесса находятся в противофазе и проходят при различном уровне минерализации среды. Поэтому высокая концентрация цист – 525 тыс. экз./м³ – отмечалась в октябре (при 160 г/дм³). Очевидно, суммарная величина численности цист за счет неучтенных, бентосных, будет еще выше, особенно при солености 160–180 г/м³, когда обычно наблюдается максимальная плотность этой стадии в озерах [3].

Биомасса популяции артемии в оз. Тузколь оценивается на уровне низкопродуктивных артемиевых водоемов в летний сезон. В начале и конце вегетационного сезона биомасса рачков классифицируется как «очень высокая», попадающая в разряд значений этого класса от 52 до 119 г/м³ [1].

Структура популяции артемии и концентрация цист в водной толще в период наблюдения обусловлены минерализацией среды обитания и временем развития очередной генерации рачка.

Заключение

Информация о состоянии ценного биоресурса Казахстана – рачка артемии и его цист – пополнилась сведениями по южному региону (Алматинская область) – озерам Рай из Прибалхашья и предгорному оз. Тузколь. Минерализация воды озер Рай № 1, № 2, № 3 и оз. Тузколь меняется в пределах классов рассолов и соленых вод в зависимости от сезона. Особенностью озер является низкое соотношение ионов Na⁺ : K⁺ по сравнению с водоемами Сибири и Крыма. Предполагается, что данный фактор способствует своеобразию морфологических черт прибалхашской артемии.

Гидрохимический режим гипергалинных озер Рай № 1, № 2 и оз. Тузколь благоприятен для жизнедеятельности жаброногого рачка артемии. Пониженная минерализация воды в оз. Рай № 3, невысокое содержание ионов натрия и других ионов, а также массовое развитие иных зоопланктеров не способствуют выживанию артемии в этом озере.

В озерах Рай и Тузколь рачок представлен партеногенетической расой, со всеми возрастными стадиями развития в весенне-летний период наблюдений. Более крупными размерами отличались самцы и самки артемии в оз. Рай № 1, последние имели и более высокую плодовитость. Но популяции в озерах Рай отличались низкой продуктивностью цист в мае и августе 2017 г.

Величина биомассы рачков прибалхашских популяций менялась по сезонам в пределах от низкой до очень высокой. Оз. Рай № 1 высокопродуктивно артемией летом, а озеро № 2 – весной. Такая разница во временном аспекте обусловлена наличием различных генераций в популяциях рачка по сезонам. Популяции озер Рай можно использовать как биофонд артемии для инокуляции в водоемы южного региона.

Биомасса популяции артемии в оз. Тузколь оценивается на уровне низкопродуктивных артемиевых водоемов в летний сезон. В начале и конце вегетационного периода биомасса рачков классифицируется как «очень высокая». Наибольшая концентрация планктонных цист в этом озере отмечалась в октябре, при завершении жизни популяции, и в период максимальной величины солености воды. Очевидно, суммарная величина численности цист за счет неучтенной их части в бентосе может быть еще выше, чем отмеченная в водной толще. Оз. Тузколь рекомендуется для промысла цист артемии, с соответствующими биологическими обоснованиями для данного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шарипова Л. И., Шалгимбаева Г. М., Исбеков К. Б., Трошина Т. Т., Нуриева Ш. Б., Турсунбаев А. У. Биологические характеристики и видовая генетическая идентификация популяций артемии в разнотипных водоемах Казахстана // Наука, техника и образование. 2016. № 9 (27). С. 15–25.
2. Шалгимбаева Г. М., Волков А. А. Изменчивость микросателлитных локусов природных популяций рачка артемии (*Artemia parthenogenetica*) соляных водоемов Казахстана // Генетика популяций: прогресс и перспективы: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 80-летию акад. Ю. П. Алтухова и 45-летию лаборатории популяц. генетики ИОГен РАН (Звенигородская биостанция биолог. фак. МГУ им. М. В. Ломоносова, 17–21 апреля 2017 г.). М., 2017. С. 320–321.
3. Литвиненко Л. И., Литвиненко А. И., Бойко Е. Г. Артемия в озерах Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 2009. 304 с.
4. *Manual for the culture and use of brine shrimp in aquaculture* / eds P. Sorgeloos, P. Lavens, Ph. Leger et al. Belgium: Chent universiteit, 1986. 319 p.
5. Соловов В. П., Подуровский М. А., Ясюченя Т. Л. Жаброног артемия и перспективы использования ресурсов. Барнаул: Алт. полигр. комб., 2001. 144 с.
6. Шарипова Л. И., Крупа Е. Г., Трошина Т. Т., Климов Ф. В., Канагатова Ш. Ч., Мурова Е. В. Экология *Artemia sp.* (Crustacea, Anostraca) в соляных водоемах Казахстана // Selevinia. 2002. № 1–4. С. 265–270.
7. Шарипова Л. И., Трошина Т. Т., Фефелов В. В., Нуриева Ш. Б., Турсунбаев А. У. Современное состояние и продуктивность популяций *Artemia sp.* (Crustacea, Anostraca) в условиях соляных озер Северо-Казахстанской области Республики Казахстан // Европейский журнал технических и естественных наук. 2017. № 3. С. 3–8.
8. Соловов В. П., Студеникина Т. Л. Рачок артемия в озерах Западной Сибири: морфология, экология, перспективы хозяйственного развития. Новосибирск: Наука, 1990. 81 с.
9. Шарипова Л. И. *Artemia sp.* в соляных озерах юго-востока Казахстана // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: сб. науч. докл. XX Междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 4–6 октября 2017 г.). Новосибирск, 2017. С. 489–491.
10. Воронов П. М. Солевой состав воды и изменчивость *Artemia salina* (L.) // Зоол. журн. 1979. Т. 58. Вып. 2. С. 175–178.
11. *Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши* / под ред. д-ра хим. наук, проф. А. Д. Семенова. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 542 с.
12. *СТ РК ГОСТ Р 51592-2003*. Вода. Общие требования к отбору проб. Астана, 2003. 59 с.
13. *ГОСТ 26449.1-85*. Установки дистилляционные опреснительные стационарные. Методы химического анализа соленых вод. М.: Изд-во стандартов, 1985. 45 с.
14. *ГОСТ 26449.2-85*. Установки дистилляционные опреснительные стационарные. Методы химического анализа дистиллята. М.: Изд-во стандартов, 1985. 24 с.
15. Алевин О. А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеорол. изд-во, 1970. 444 с.
16. *Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем*. СПб.: Гидрометеоздат, 1992. 318 с.
17. *Методическое пособие при гидробиологических рыбохозяйственных исследованиях водоемов Казахстана (планктон, зообентос)*. Алматы, 2006. 27 с.
18. *Методические указания по определению общих допустимых уловов (ОДУ) цист жаброног рачка Artemia*. Тюмень: СибрыбНИИпроект, 2002. 26 с.
19. Шапиро С. М., Павличенко Л. М., Подольный О. В. Гидрогеологические прогнозы подземного стока в озере Балхаш. Алма-Ата: Наука, 1982. С. 8–20.

Статья поступила в редакцию 25.12.2018

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шарапова Людмила Ивановна – Республика Казахстан, 050016, Алматы; Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства; канд. биол. наук; старший научный сотрудник, зав. лабораторией гидробиологии и гидроаналитики; li.sharapova@mail.ru.

Шарипова Ольга Александровна – Республика Казахстан, 100300, Балхаш; Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Балхашский филиал; старший научный сотрудник комплексной лаборатории; oshar1969@mail.ru.

Трошина Татьяна Тимофеевна – Республика Казахстан, 050016, Алматы; Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства; старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии и гидроаналитики; kazniirh_gidro@mail.ru.

Кенжебеков Боранбай Кенжебекович – Республика Казахстан, 050016, Алматы; Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства; старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии и гидроаналитики; boranbaik@mail.ru.

Нуриева Шырайлым Бетболаткызы – Республика Казахстан, 050016, Алматы; Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства; младший научный сотрудник лаборатории гидробиологии и гидроаналитики; nuriyeva@kazniirh.kz.



ARTEMIA POPULATIONS IN MODERN CONDITIONS OF SALT LAKES OF SOUTH-EASTERN KAZAKHSTAN

L. I. Sharapova¹, O. A. Sharipova², T. T. Troshina¹, B. K. Kenzhebekov¹, Sh. B. Nuriyeva¹

¹*Kazakh Research Institute of Fishery,
Almaty, Republic of Kazakhstan*

²*Balkhash branch of Kazakh Research Institute of Fishery,
Balkhash, Republic of Kazakhstan*

Abstract. Assessment of the state of a valuable bioresource of salt lakes - artemia crustacean and its cysts – has never been done before for the southern regions of the Republic of Kazakhstan. The purpose of the study is to characterize the crustacean populations in the south east of Kazakhstan, in three Ray Lakes of the semi-desert Balkhash area and in the piedmont Tuzkol Lake (the Almaty Region). Water mineralization in the Ray Lakes No.1 and No.2 can be called brines (71.5-153.9 g/dm³); Lake No.3 has salty water (16.5-26.2 g/dm³). The amount of ions in waters of Tuzkol Lake did not exceed 46.7 and 52.8 g/dm³ in spring and summer 2017. Its mineralization can reach 160 g/dm³ in October and 278.8 g/dm³ during low-water summer season. The water in the lakes contains sodium chloride, type I or II. It is characterized by a low Na⁺ : K⁺ ion ratio in the water in different seasons (4.4-11.2). In the Ray Lakes No.1 and No.2 and Tuzkol Lake the crustacean is represented by parthenogenetic race. No artemia has been found in Ray Lake No.3 against massive development of other zooplankters. Artemia biomass in the Ray Lakes is registered from low to very high (1.9-64.5 g/m³), but the cyst concentration was low (0.1-18.0 thousand specimens/m³). Tuzkol Lake has a very high crustacean production in the beginning and in the end of the vegetation period (71.25-99.75 g/m³). Maximal cyst density was registered there in October (525.000 specimens/m³) and under extreme water salinity (110.000 specimens/m³). Tuzkol Lake is recommended for artemia cyst fishery. The Ray Lakes can be used as a crustacean biofund for inoculation into the water bodies of the southern region.

Key words: artemia, crustacean, cysts, nauplius, parthenogenetic race, population, biomass, zooplankters, lakes, mineralization.

For citation: Sharapova L. I., Sharipova O. A., Troshina T. T., Kenzhebekov B. K., Nuriyeva Sh. B. Artemia populations in modern conditions of salt lakes of South-Eastern Kazakhstan. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry.* 2019;1:72-82. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2019-1-72-82.

REFERENSES

1. Sharapova L. I., Shalgimbaeva G. M., Isbekov K. B., Troshina T. T., Nurieva Sh. B., Tursunbaev A. U. *Biologicheskie kharakteristiki i vidovaia geneticheskaia identifikatsiia populiatsii artemii v raznotipnykh vodoemakh Kazakhstana* [Biological characteristics and specific genetic identification of artemia populations in different types of water bodies in Kazakhstan]. Nauka, tekhnika i obrazovanie, 2016, no. 9 (27), pp. 15-25.
2. Shalgimbaeva G. M., Volkov A. A. *Izmenchivost' mikrosatellitnykh lokusov prirodnykh populiatsii rachka artemii (Artemia parthenogenetica) solianykh vodoemov Kazakhstana* [Diversity of microsatellite loci of natural populations of artemia crustacean (Artemia parthenogenetica) in salty water bodies of Kazakhstan]. *Genetika populiatsii: progress i perspektivy: materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posviashchennoi 80-letiiu akademika Iu. P. Altukhova i 45-letiiu laboratorii populiatsionnoi genetiki IOGen RAN (Zvenigorodskaya biostantsiia biologicheskogo fakul'teta MGU im. M. V. Lomonosova, 17–21 apreliia 2017 g.)*. Moscow, 2017. Pp. 320-321.
3. Litvinenko L. I., Litvinenko A. I., Boiko E. G. *Artemiia v ozerakh Zapadnoi Sibiri* [Artemia in lakes of Western Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2009. 304 p.
4. *Manual for the culture and use of brine shrimp in aquaculture*. Eds P. Sorgeloos, P. Lavens, Ph. Leger et al. Belgium, Chent universiteit, 1986. 319 p.
5. Solovov V. P., Podurovskii M. A., Iasiuchenia T. L. *Zhabronog artemiia i perspektivy ispol'zovaniia resursov* [Gill-footed crustacean artemia and potential use of resources]. Barnaul, Altaiskii poligraficheskii kombinat, 2001. 144 p.
6. Sharapova L. I., Krupa E. G., Troshina T. T., Klimov F. V., Kanagatova Sh. Ch., Murova E. V. *Ekologiya Artemia sp. (Crustacea, Anostraca) v solianykh vodoemakh Kazakhstana* [Ecology of Artemia sp. (Crustacea, Anostraca) in salty water bodies of Kazakhstan]. *Selevinia*, 2002, no. 1-4, pp. 265-270.
7. Sharapova L. I., Troshina T. T., Fefelov V. V., Nurieva Sh. B., Tursunbaev A. U. *Sovremennoe sostoianie i produktivnost' populiatsii Artemia sp. (Crustacea, Anostraca) v usloviakh solianykh ozer Severo-Kazakhstanskoi oblasti Respubliki Kazakhstan* [Current state and production of Artemia sp. (Crustacea, Anostraca) populations in conditions of salty lakes of the Northern Kazakhstan region of the Republic of Kazakhstan]. *Evropeiskii zhurnal tekhnicheskikh i estestvennykh nauk*, 2017, no. 3, pp. 3-8.
8. Solovov V. P., Studenikina T. L. *Rachok artemiia v ozerakh Zapadnoi Sibiri: morfologiya, ekologiya, perspektivy khoziaistvennogo razvitiia* [Artemia crustacean in lakes of Western Siberia: morphology, ecology, potential of economic development]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1990. 81 p.
9. Sharapova L. I. *Artemia sp. v solianykh ozerakh iugo-vostoka Kazakhstana* [Artemia sp. in salty lakes of South-Eastern Kazakhstan]. *Agrarnaia nauka – sel'skokhoziaistvennomu proizvodstvu Sibiri, Kazakhstana, Mongolii, Belarusi i Bolgarii: sbornik nauchnykh dokladov XX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Novosibirsk, 4–6 oktiabria 2017 g.)*. Novosibirsk, 2017. Pp. 489-491.
10. Voronov P. M. *Solevoi sostav vody i izmenchivost' Artemia salina (L.)* [Saline concentration of water and diversity of Artemia salina (L.)]. *Zoologicheskii zhurnal*, 1979, vol. 58, iss. 2, pp. 175-178.
11. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu poverkhnostnykh vod sushi* [Guide on chemical analysis of surface waters]. Pod redaktsiei d-ra khim. nauk, professora A. D. Semenova. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1977. 542 p.
12. ST RK GOST R 51592-2003. *Voda. Obshchie trebovaniia k otboru prob* [ST RK GOST R 51592-2003. Water. General requirements to sample selection]. Astana, 2003. 59 p.
13. GOST 26449.1-85. *Ustanovki distilliatsionnye opresnitel'nye statsionarnye. Metody khimicheskogo analiza solenykh vod* [GOST 26449.1-85. Stationary distillate desalination plants. Methods of chemical analysis of salty water]. Moscow, Izd-vo standartov, 1985. 45 p.
14. GOST 26449.2-85. *Ustanovki distilliatsionnye opresnitel'nye statsionarnye. Metody khimicheskogo analiza distilliata* [GOST 26449.2-85. Stationary distillate desalination plants. Methods of chemical analysis of distillate]. Moscow, Izd-vo standartov, 1985. 24 p.
15. Alekin O. A. *Osnovy gidrokhimii* [Introduction to hydrochemistry]. Leningrad, Gidrometeorol. izd-vo, 1970. 444 p.
16. *Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem* [Manual on hydrobiological monitoring of fresh water ecosystems]. Saint-Petersburg, Gidrometeoizdat, 1992. 318 p.
17. *Metodicheskoe posobie pri gidrobiologicheskikh rybokhoziaistvennykh issledovaniakh vodoemov Kazakhstana (plankton, zoobentos)* [Teaching guide on hydrobiological fishery research of water bodies of Kazakhstan (plankton, zoobenthos)]. Almaty, 2006. 27 p.
18. *Metodicheskie ukazaniia po opredeleniiu obshchikh dopustimykh ulovov (ODU) tsist zhabronogogo rachka Artemia* [Teaching guide on determining total permitted catches of crustacean Artemia cysts]. Tiumen', FGUP «SibrybNIIproekt», 2002. 26 p.
19. Shapiro S. M., Pavlichenko L. M., Podol'nyi O. V. *Gidrogeologicheskie prognozy podzemnogo stoka v ozero Balkhash* [Hydrogeological forecasts of subsurface water flow into Balkhash Lake]. Alma-Ata, Nauka Publ., 1982. Pp. 8-20.

The article submitted to the editors 25.12.2018

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sharapova Lyudmila Ivanovna – Republic of Kazakhstan, 050016, Almaty; Kazakh Research Institute of Fishery; Candidate of Biology; Senior Researcher, Head of the Laboratory of Hydrobiology and Hydroanalytics; li.sharapova@mail.ru.

Sharipova Olga Aleksandrovna – Republic of Kazakhstan, 100300, Balkhash; Balkhash branch of Kazakh Research Institute of Fishery; Senior Researcher of the Complex Laboratory; oshar1969@mail.ru.

Troshina Tatjana Timofeevna – Republic of Kazakhstan, 050016, Almaty; Kazakh Research Institute of Fishery; Senior Researcher of the Laboratory of Hydrobiology and Hydroanalytics; kazniirh_gidro@mail.ru.

Kenzhebekov Boranbay Kenzhebekovich – Republic of Kazakhstan, 050016, Almaty; Kazakh Research Institute of Fishery; Senior Researcher of the Laboratory of Hydrobiology and Hydroanalytics; boranbaik@mail.ru.

Nuriyeva Shyrailym Betbolatkyzy – Republic of Kazakhstan, 050016, Almaty; Kazakh Research Institute of Fishery; Junior Researcher of the Laboratory of Hydrobiology and Hydroanalytics; nuriyeva@kazniirh.kz.

