



Биология и экология гидробионтов

УДК 595.3, 574.62

КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОННЫХ ЦИСТ АРТЕМИИ (*ARTEMIA LEACH*, 1819) В ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕРАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

© 2022 Г. В. Лукерина¹, Я. С. Пяткова¹, Д. А. Сурков¹, О. А. Мазникова²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Алтайский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АлтайНИРО»), Барнаул 656056, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии ФГБНУ «ВНИРО», Москва 105187, Россия

E-mail: gpermyakova@mail.ru

Аннотация. Исследованы донные цисты артемии из 22 гипергалинных озер Алтайского края. Выделены четыре группы донных яиц артемии: внешне-полноценные цисты, цисты с поврежденным хорионом (округлые, целые с трещинами и неровностями на поверхности оболочки), яйца без хориона (оранжевого цвета, неправильной или округлой формы, мягкие), цисты и яйца неестественной окраски (хорион черного или серого цвета). В среднем по озерам доля внешне-полноценных цист составляла 54,8 % (Cv=31,4 %), цист с поврежденным хорионом — 28,9 % (Cv=47,7 %), яиц без твердой оболочки — 13,7 % (Cv=77,2 %). Цисты с черной и серой окраской хориона наблюдались в илистых грунтах озер Йодное (42,3 % от общей концентрации цист в озере), Кучукское, Малиновое, Большое Яровое, Кулундинское и Малое Яровое (1,8 % при Cv=111,8 %). Доказана корреляция между долей внешне-полноценных цист и содержанием песка в грунте ($r=0,229$); цисты и яйца черного и серого цвета отмечались в илистых грунтах или грунтах с высоким содержанием илов ($r=0,212$). В солевых отложениях цисты не найдены; в грунтах с примесью соли концентрация внешне-полноценных цист артемии сокращается ($r=-0,213$). Средняя по озерам вылупляемость науплиусов из донных цист составляла 7,8 % (0–22 %).

Ключевые слова: артемия (на стадии цист), гипергалинный водоем, донные цисты, вылупление науплиусов (выклев)

QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF BOTTOM *ARTEMIA* CYSTS IN HYPERHALINE LAKES OF THE ALTAI TERRITORY

G. V. Lukerina¹, Ya. S. Pyatkova¹, D. A. Surkov¹, O. A. Maznikova²

¹Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI "VNIRO"),
Altai Branch of the FSBSI "VNIRO" ("AltaiNIRO"), Barnaul 656056, Russia

²Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI "VNIRO"), Moscow 105187, Russia
E-mail: altainiro@vniro.ru

Abstract. Bottom *Artemia* cysts from 22 hyperhaline lakes of the Altai Territory have been investigated. Four groups of *Artemia* bottom eggs were identified: externally whole cysts; cysts with a defective chorion (rounded, whole with breaks and irregularities on the shell surface); eggs without a chorion (orange, rounded or irregular in shape, soft); cysts and eggs with abnormal coloration (black or gray chorion). On average, the proportion of externally whole cysts in lakes was 54.8 % (Cv=31.4 %); for the cysts with a defective chorion it was 28.9 % (Cv=47.7 %), and for the eggs without a chorion it was 13.7 % (Cv=77.2 %). Cysts with black and gray chorion coloration have been recorded in the muddy soils of the Yodnoe (Iodine) Lake (42.3 % of the total concentration of cysts in the lake), Kuchuk Lake, Malinovoe (Raspberry) Lake, Bolshoe (Big) Yarovoe Lake, Kulunda Lake, and Maloe (Small) Yarovoe Lake (1.8 %; Cv=111.8 %). The correlation between the proportion of externally whole cysts and the content of sand in the soil ($r=0.229$) has been proved; cysts and eggs of black and gray color have been recorded in silty soils or in the soils with a high content of silt ($r=0.212$). No cysts were found in salt deposits, and the concentration of externally whole *Artemia* cysts decreases in the soils with an admixture of salt ($r=-0.213$). The average hatching rate of nauplii from bottom cysts in lakes was 7.8 % (0–22 %).

Keywords: *Artemia* (at the stage of cysts), hyperhaline lake, bottom artemia cysts, hatching of *Artemia* nauplii

ВВЕДЕНИЕ

В экстремальных условиях минерализованных озер видовой состав лимнобионтов крайне ограничен, а зачастую представлен единственным зоопланктоном — жаброногим рачком *Artemia* Leach, 1819 [1–4]. Благодаря физиологическим особенностям организма, артемию относят к экологической группе истинно эвригаллиных видов [5]. В неблагоприятных условиях окружающей среды самки артемии продуцируют диапаузирующие яйца (цисты), покрытые толстой оболочкой — хорионом [6]. Цисты накапливаются в донных отложениях гипергаллиных озер в течение длительного времени и сохраняются на протяжении десятков лет даже в условиях полного высыхания водоема [7]. Для возобновления метаболизма эмбрионам в цистах необходимо сочетание благоприятных факторов, которые обеспечиваются при условии всплытия или поднятия цист в толщу воды [8]. Низкая вероятность оптимального сочетания внешних условий для развития эмбриона в агрессивной среде гипергаллиных озер [9], а также высокая смертность на ранних стадиях развития рачков [10] компенсируются

большим количеством продуцируемых самками артемии цист. В водном объекте цисты находятся на поверхности и в толще воды (в яйцевых мешках самок и свободноплавающие), на прилегающей прибрежной полосе — в виде скоплений, а также на дне и в толще донных отложений. Суммарная биомасса цист, находящихся в водоеме, составляет общий запас артемии (на стадии цист) [11].

Благодаря своим кормовым свойствам науплиусы, получаемые из цист артемии, являются широко распространенным стартовым кормом для личинок рыб и ракообразных, а биоресурс артемии (на стадии цист) — стратегически ценным (Постановление Правительства Российской Федерации от 08 октября 2020 г. № 1629). Добычу артемии (на стадии цист), в соответствии с Правилами рыболовства, осуществляют с поверхности воды при помощи отцеживающих орудий лова или с прилегающей прибрежной полосы путем сгребания выбросов [12]. Цисты, находящиеся на дне водоема, недоступны для промышленного рыболовства и составляют резерв для возобновления жизнедеятельности рачков при наступлении благоприятных условий [11].

Изучению содержания цист артемии на дне мелководных водоемов посвящен ряд работ [13–16]. По данным Л.И. Литвиненко с соавторами [10, 16], численность донных цист в мелководных озерах коррелирует с соленостью воды; максимум наблюдается при 160–180 г/л. Авторы приводят данные о вылуплении науплиусов из донных цист в пределах 1,3–57,5 %. Результаты многолетних исследований на Большом Соленом озере (Great Salt Lake, штат Юта, США) показывают, что смертность цист, зимующих в условиях водоема, достаточно высокая и достигает 34–91 % [17]. Наряду с этим экспериментальные данные по вылуплению науплиусов из донных цист мелководных озер Крыма свидетельствуют о сохранении их жизнеспособности длительное время [7]. Однако во всех приведенных работах недостаточно внимания уделено особенностям нахождения цист в условиях донных отложений, а также их морфологическому описанию.

Целью исследования было изучение состояния запаса донных цист в различных биотопах гипергалинных озер Алтайского края. В качестве показателей рассматривались удельная концентрация полноценных цист, удельная концентрация цист с различными повреждениями хориона и вылупляемость науплиусов из донных цист.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для настоящей работы послужили данные, полученные в ходе мониторинга и рекогносцировочных исследований 22 гипергалинных озер Алтайского края в вегетационные периоды 2018–2021 гг. (табл. 1). Площади и глубины водоемов приняты по литературным данным [18–20], а также наблюдениям специалистов Алтайского филиала ФГБНУ «ВНИРО». Исследованные водоемы разделили на группы по показателям средней и максимальной глубины согласно принятой классификации [11], а также особенностям накопления солей в водной толще (рапное озеро) или в донных отложениях (самосадочное).

Гидробиологические съемки проводили при помощи маломерного моторного судна на постоянных станциях наблюдения, а также при помощи объезда водоема по периметру на автомобиле. Расположение станций определяли на местности при помощи навигатора Navitel C500 (Чехия). Периодичность исследований составляла четыре–шесть съемок в течение вегетационного периода, на пересыхающих озерах — однократно в апреле.

На каждой станции проводили следующие измерения: глубина (при помощи лота с храпцом на размеченном шнуре); температура воды и содержание растворенного в воде кислорода (с помощью термооксиметра «Эксперт-001-4.01» (Россия)) в поверхностном и придонных слоях; соленость воды (с помощью рефрактометра Atago Master-S28M (Япония)) в поверхностном слое (на глубине не менее 0,2 м), а также в придонных слоях.

Отбор проб грунта осуществляли дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,025 м² в относительно глубоководных озерах и трубчатым штанговым пробоотборником «ДТШ» (Россия) с площадью захвата 0,005 м² в мелководных озерах.

Пробу помещали в мешочек из газового сита № 46, в котором определяли тип грунта визуальным методом, органолептическим методом, растяжением на ладони. В результате анализа полученных данных выделено шесть типов грунтов, названных по доминирующему типу частиц: соль; илистый с детритом; песчаный; песчано-илистый или заиленный песок; илистый (черные и серые илы); глинистый с примесью песка, соли или ила.

Содержимое мешочка промывали до минимального объема, мешочек снабжали информационной этикеткой. В лабораторных условиях пробы хранили в холодильнике при температуре 4–6 °С для обеспечения сохранения жизнеспособности содержащихся в них цист артемии.

Пробы с большим содержанием песка, соли, глины, растительного детрита взвешивали на электронных весах CAS SWN-06 (Южная Корея) с дискретностью показаний 0,01 г. Навеску массой 1 г, взвешенную на электронных весах Mettler Toledo (Германия) с дискретностью показаний 0,0001 г, разбавляли водой до известного объема (150–200 мл). Тщательно перемешивали и шпатель-пипеткой отбирали 1 мл в 7–10 повторностях. Объекты просчитывали в камере Богорова под тринокулярным стереоскопическим микроскопом «Микромед МС-2 ZOOM» (Россия). Навеску отбирали от 3 до 10 раз в зависимости от массы пробы. Пробы с высоким содержанием илов промывали в мешочке из газового сита до минимального объема, полностью помещали в мерный стакан и разбавляли водой до известного объема (100–250 мл). Обработывали аналогично.

При количественной обработке всех проб (1192) просчитывали яйца и цисты артемии с подразде-

Таблица 1. Исследованные озера Алтайского края с основными параметрами, 2018–2021 гг.
Table 1. Main parameters of the investigated lakes of the Altai Territory, 2018–2021

Группа Category	Озеро Lake	Площадь, Area, km ²	Глубины, м Depth, m		Соленость, г/л Salinity, g/L		Период исследования Investigation period	Кол-во проб грунта Number of soil samples
			Средняя Average	Макс. Max.	Мин. Min.	Макс. Max.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Глубоководное, рапное Deep, brine	Большое Яровое Bolshoe (Big) Yarovoe	65	4,0–4,9	9,5–10,2	130	166	2018–2021	244
	Кулундинское Kulunda	720–728	2,0–2,6	3,3	59	95	2018–2021	321
2. Среднеглубинное, рапное Medium-deep, brine	Малое Яровое Maloe Yarovoe	35,2	2,8	3,6	171	247	2018–2021	160
	Кучукское Kuchuk	181	1,3	2,8	209	303	2019–2021	202
	Малиновое Malinovo (Raspberry)	11,4	1,1	2,1	81	147	2020–2021	35
3. Мелководное, рапное Shallow, brine	Шукьуртуз Shukurtuz	5,2	0,4	0,8	204	252	2021	4
	Йодное Yodnoe (Iodine)	2,65	0,8	1,2	95	160	2021	4
	Большое Шкло Bolshoe (Big) Shklo	3,3	0,6–1,0	1,3	98	179	2020–2021	30
	Танатар 3-й Tanatar 3 rd	4,6	0,5	1,5	123	130	2020–2021	4
4. Мелководное, самосадочное Shallow, with salt precipitation	Ломовое Lomovoe	1,4	0,5	2,0	127	132	2020–2021	8
	Горностаево Gornostalevo	4,8	0,2	0,4	299	334	2020–2021	11
	Баужансор Bauzhan-Sor	12,6	0,6	0,9	174*		2021	2

Таблица 1 (окончание)
Table 1 (finished)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Куричье Kurichye (Hen's)	15,0	0,5	0,9	170	246	2021	3
	Петухово Petukhovo (Rooster's)	12,4	0,5	0,6	226	400	2019–2021	46
	Малое Шкло Maloe (Small) Shklo	1,9	0,2	0,6	64	165	2019–2021	46
	Беленькое Belenkoe (Whitish)	2,0	0,6	0,8	40	120	2021	8
	Качковое Kachkovoe	0,96	0,4	1,0	145	242	2021	6
	Вшивка Vshivka	5,8	0,6	0,8	128*		2021	1
	Танатар 2-й Tanatar 2 nd	1,5	0,2	0,2	86*		2021	2
	Кривая Пучина Krivaya Puchina (Crooked Depth)	6,1	0,4	0,7	144	378	2019, 2021	26
	Живописное Zhivopisnoe (Scenic)	0,75	0,4	0,8	100	254	2020–2021	3
	Танатар 1-й** Tanatar 1 st **	0,84	0,1	1,1	17–160		2018, 2020–2021	26

Примечание: * Данные за апрель; ** озеро имеет сложную конфигурацию с разделением на отдельные участки, два из которых пересыхают; все участки имеют разную соленость рапы
Note: * Data for April; ** this lake has a complex configuration with division into separate sections, two of which dry up; all sections have different brine salinity

нием их на группы: внешне-полноценные цисты (без видимых повреждений, естественной окраски); цисты с поврежденным хорионом (округлой формы, на оболочке имеются трещины, неокрашенные области); яйца без хориона (округлой или неправильной формы с прозрачной оболочкой); цисты неестественной окраски (округлой формы серого или черного цвета) (рис. 1). Для расчета концентрации цист в водоемах принимались только внешне-полноценные цисты.

Для оценки вылупляемости науплиусов из донных цист озер Алтайского края специалистами АлтайНИРО в 2020–2021 гг. подготовлено 11 образцов из пяти водоемов. Образцы цист арте-

мии получали путем вымывания достаточного их количества из проб, последовательно отделяя тяжелые и легкие примеси водным раствором NaCl (220 г/л) и пресной водой.

Для инкубации донных цист использовали конусообразные стеклянные цилиндры, в которых непрерывная аэрация осуществлялась со дна; температура инкубации составляла 25–29 °С, соленость 30,0–35,0 г/л, рН находился на уровне 8, освещенность — 1000 лк, концентрация сырых цист составляла 4,0 г на 1 л инкубационного раствора. Время экспозиции — 24 часа и 48 часов. Фракцию объемом 1 мл отбирали механической шпатель-пипеткой в четырех повторностях и

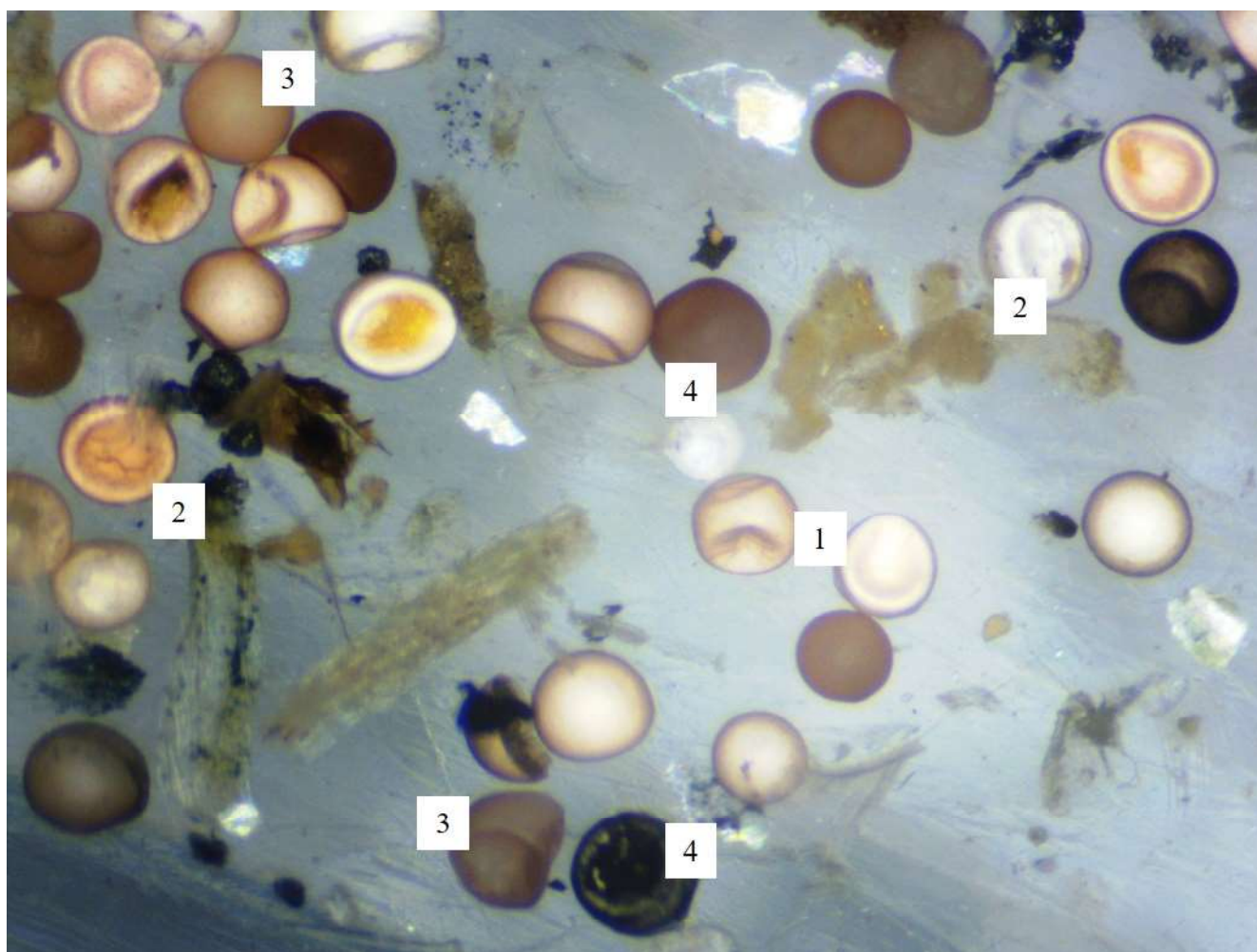


Рис. 1. Качественные группы донных яиц артемии на примере оз. Большое Яровое, 2020 г.

1 — внешне-полноценные цисты; 2 — цисты с поврежденным хорионом; 3 — яйца без хориона; 4 — цисты неестественной окраски (черные)

Fig. 1. Quality groups of bottom *Artemia* eggs on the example of the sample collected in the Bolshoe Yarovoe Lake, 2020

1 — externally whole cysts; 2 — cysts with a damaged chorion; 3 — eggs without a chorion; 4 — cysts with abnormal coloration (black)

помещали в счетные микропланшеты. Фиксацию и окрашивание проводили спиртовым раствором йода. Под тринокулярным микроскопом «Микромед МС-2 ZOOM» (Россия) в каждой ячейке просчитывали количество науплиусов и эмбрионов, а также непроклюнувшихся цист. Рассчитывали долю вылупившихся свободноплавающих науплиусов (выклев) (Н-), а также долю свободноплавающих науплиусов в сумме с неподвижными эмбрионами, вышедшими из оболочки (Н+) [21].

Статистическую обработку материала и построение графиков осуществляли с помощью пакета прикладных программ MS Excel. Вычисляли интервал (Lim — максимальное и минимальное значения), среднearифметическое значение (M), ошибку среднего значения (m), среднее квадратическое отклонение по выборке (σ), коэффициент вариации (Cv), коэффициент корреляции (r). Корреляционный анализ проводили для данных, полученных в результате регулярных исследований на озерах с максимально возможным разнообразием биотопов. Для выявления корреляционной связи между доминирующим типом частиц в грунте и содержанием разных групп яиц артемии типы грунтов выстраивали в ряды от максимального значения до полного отсутствия того или иного компонента. Достоверность корреляции определяли по таблице критических значений при уровнях значимости $p < 0,05$ (тенденция достоверной связи), $p < 0,01$ (значимая), $p < 0,001$ (высокая значимая).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В агрессивной среде высокоминерализованных озер лимитирующим фактором развития зоопланктона и зообентоса становится уровень солености воды [1]. В водоемах с соленостью более 100 г/л наблюдается дефаунация: зообентос, как правило, отсутствует, а зоопланктон представлен одним видом — жаброногим рачком артемия. При солености воды менее 30 и более 380 г/л рачки артемии не встречаются; границы оптимального развития составляют 100–250 г/л [11, 22].

В исследованных озерах в период 2018–2021 гг. сумма солей колебалась в широких пределах (от 17 до 400 г/л). Для всех водоемов характерно весеннее опреснение воды с последующим ростом солености в течение вегетационного периода. Наиболее стабильный гидрохимический режим отмечался в озерах Ломовое, Танатар 3-й и Горносталево, в которых уровень солености изменялся в пределах

4–10 %. В озерах Шукуртуз и Большое Яровое, имеющих грунтовое питание, разница между зафиксированными значениями солености рапы не превышала 22 %. В среднеглубинных рапных озерах (Кулундинское, Малое Яровое, Кучукское) и озере Куричье сумма солей возрастала в среднем на 33 %. Наиболее нестабильный уровень солености отмечался в мелководных самосадочных и пересыхающих водоемах, в которых в среднем за период исследования сумма солей в течение вегетационного периода возрастала на 41–67 % (табл. 1).

В 2020–2021 гг. критические условия для жизнедеятельности артемии складывались в озерах Кучукское, Горносталево, Кривая Пучина и Петухово, имеющих тенденцию к значительному росту солености воды и частичному осушению. В озерах Кулундинское, Танатар 3-й и Танатар 2-й уровень солености был ниже зоны оптимума, но не меньше нижней границы встречаемости артемии (рис. 2).

По данным проведенных исследований, популяции артемии обитали во всех исследованных озерах. В большинстве озер отмечались партеногенетические самки, исключение составляли озеро Танатар, Йодное, Малое Шкло и Живописное с обоеполыми популяциями (доля самцов 30–70 %) [23].

В пробах грунта большинства исследованных озер отсутствовали представители зообентоса. Исключение составляли пробы с озера Малое Яровое, где в биопленке синезеленых водорослей на поверхности дна были отмечены мелкие круглые черви длиной 400–500 мкм, предположительно типа *Nematoda*. Также в озерах Кулундинское, Малиновое и Большое Шкло в мелководной части акватории или у уреза воды отмечались личинки мухи-береговушки рода *Ephydra*. Цисты артемии присутствовали не во всех отобранных пробах грунта, но во всех озерах с весны по осень, что согласуется с данными по другим регионам России [10, 13, 14, 16].

Варьирование средней по станциям концентрации донных цист в большинстве озер превышает 100 %, что объясняется разнообразием биотопов (табл. 2). Ранее было доказано, что распределение донных цист коррелирует с типом грунта [24]. Чем выше содержание ила, тем больше концентрация цист ($r=0,289$, $p < 0,001$, $n=732$). Широко варьирующие показатели характерны для песчаного грунта

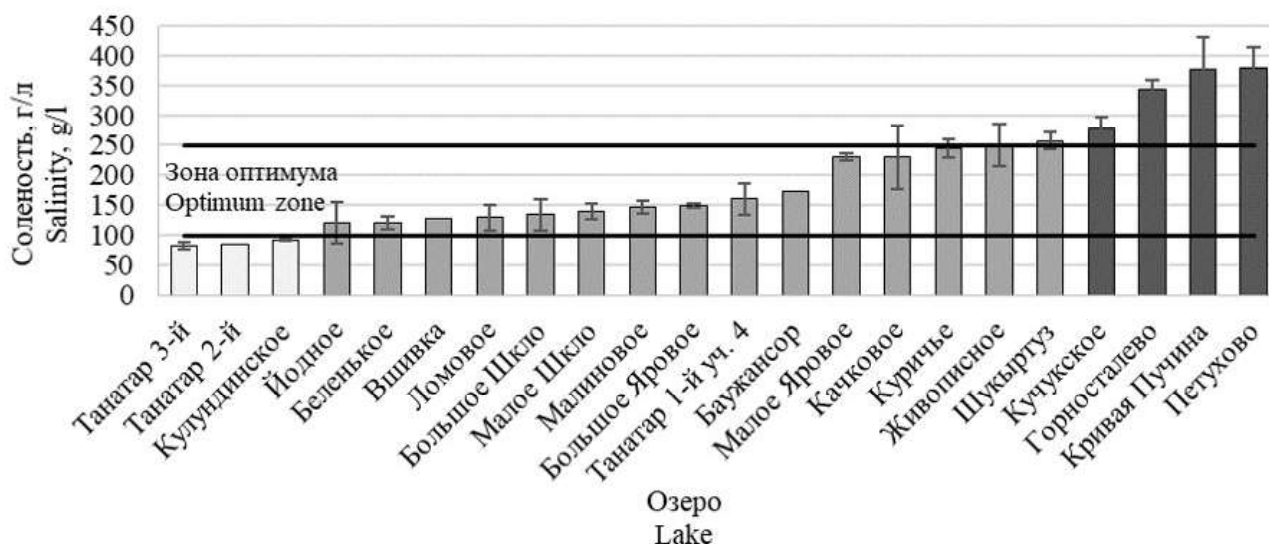


Рис. 2. Уровень солености воды в исследованных гипергалинных озерах Алтайского края, 2020–2021 гг.

Fig. 2. Water salinity in the investigated hyperhaline lakes of the Altai Territory, 2020–2021

— численность цист в песке зависит от направления ветра и численности цист в толще воды. В солевых отложениях цисты практически отсутствуют. Установлена ожидаемая высокая зависимость численности донных цист артемии от их численности в толще воды ($r=0,841$, $p<0,001$, $n=732$).

Качественный анализ проб позволил выявить морфологически разнотипные яйца артемии, которые были условно разделены на 4 группы. Наибольшая доля внешне-полноценных цист отмечалась в озерах Шукыртуз — 91,7 %, Танатар 1-й (уч. 4) — 83,9 %, Куричье и Танатар 3-й — по 75,0 %. В этих водоемах грунты представлены среднedisперсным или мелким песком с примесью глины. Самое низкое качество донных цист отмечено в жидком черном иле оз. Йодное, где доля внешне-полноценных цист составляла 19,1 %, и в грунте с большим содержанием соли оз. Танатар 2-й — 28,5 %. Цисты с неестественной окраской наблюдались в илистом грунте озер Йодное, Кучукское, Малиновое, Большое Яровое, Кулундинское и Малое Яровое (табл. 2). Выраженный запах илов в обследованных озерах свидетельствует о массовом развитии представителей микробентоса, способствующих процессам разложения.

Процентное соотношение выделенных групп цист артемии в исследованных водоемах не коррелирует с абиотическими условиями среды и обусловлено, по-видимому, факторами, воздействующи-

ми на них в условиях грунта (размер частиц, присутствие бактерий и водорослей, газовый режим).

Корреляционный анализ между типом грунта и процентным соотношением разных групп донных цист позволил выявить следующие закономерности: цисты с неестественной окраской отмечаются в грунтах с высоким содержанием ила ($r=0,212$, $p<0,01$, $n=156$) и, напротив, чем выше содержание песка, тем меньше цист с темноокрашенным хорионом ($r=-0,179$, $p<0,05$, $n=156$); доля внешне-полноценных цист увеличивается в грунтах по мере увеличения содержания в них песка ($r=0,229$, $p<0,01$, $n=156$) и снижается при высоком содержании соли ($r=0,213$, $p<0,01$, $n=156$).

Одним из важных показателей качества артемии (на стадии цист) является их жизнеспособность или доля выклева науплиусов. Под выклевом понимают полное освобождение эмбриона от оболочек цисты и появление свободноплавающей личинки рачка — ортонауплиуса [1, 6, 21].

Вылупление науплиусов из донных цист было достаточно низким во всех исследованных образцах: максимум составлял 36,9 % с условием использования активатора (3%-ный раствор перекиси водорода) и экспозицией 48 ч. (оз. Большое Яровое). Выклев без активатора (естественный) не превышал 22 % (табл. 3). В среднем для оз. Большое Яровое отмечалось увеличение вылупляемости в весенний период (в среднем 13,7 %) и уменьшение летом (8,5 %) и осенью (7,5 %). В оз. Кулундинское

Таблица 2. Среднее процентное соотношение разнокачественных цист артемии в составе грунтов озер Алтайского края, 2020–2021 гг.
Table 2. Average percentage of the *Artemia* bottom cysts of different quality in the soils of the lakes of the Altai Territory, 2020–2021

Группа Category	Озеро Lake	Среднесезонная* концентрация донных цист, тыс. экз./м ² Average seasonal* concentration of bottom cysts, thousand ind./m ²	Средняя доля (%) разнокачественных цист артемии Average proportion (%) of <i>Artemia</i> cysts of different quality			
			Внешне- полноценные Externally whole	С поврежденным хорионом With a damaged chorion	Яйца без хориона Eggs without chorion	Неестественной окраски With abnormal coloration
1	2	3	4	5	6	7
1	Большое Яровое Bolshoe (Big) Yarovoe	18930,2±10644,97	60,0	15,3	23,6	1,1
2	Кулундинское Kulunda	3398,0±4370,80	50,8	26,1	22,1	0,2
	Малое Яровое Maloe (Small) Yarovoe	5708,6±7914,00	33,8	36,7	29,5	0,1
	Кучукское Kuchuk	2397,1±4881,45	41,6	23,5	29,8	4,8
3	Малиновое Malinovoe (Raspberry)	8031,3±11133,22	56,7	16,4	24,3	2,7
	Шукьргуз Shukyrtyuz	635,4±235,16	91,7	8,3	0,0	0,0
	Йодное Yodnoe (Iodine)	1698,5±550,86	19,1	30,1	8,5	42,3
4	Большое Шкло Bolshoe (Big) Shklo	2773,1±2406,27	61,3	29,9	7,1	0,0
	Танатар 3-й Tanatar 3 rd	93,6±110,26	75,0	25,0	0,0	0,0
	Ломовое Lomovoe	3160,7±1684,44	38,8	61,2	0,0	0,0
4	Горносталево Gornostalevo	136,7±237,80	50,0	42,9	7,1	0,0
	Баужансор** Bauzhan-Sor**	191,5	52,9	29,4	17,6	0,0

Таблица 2 (окончание)
Table 2 (finished)

1	2	3	4	5	6	7
5	Куричье Kurichye (Hen's)	655,4±735,70	75,0	25,0	0,0	0,0
	Петухово Petukhovo (Rooster's)	367,4±566,65	31,3	53,6	15,1	0,0
	Малое Шкло Maloe (Small) Shklo	624,1±1314,55	41,0	36,2	18,5	0,0
	Беленькое Belenkoe (Whitish)	6907,0±9498,63	67,2	29,3	3,5	0,0
	Качковое Kachkovoe	1708,4±1368,35	70,3	28,4	1,3	0,0
	Вшивка** Vshivka**	822,6	71,6	10,8	17,6	0,0
	Танатар 2-й** Tanatar 2 nd **	1026,0	28,5	31,2	40,3	0,0
	Кривая Пучина Krivaya Puchina (Crooked Depth)	1242,2±1471,88	62,7	16,7	20,7	0,0
	Живописное Zhivopisnoe (Scenic)	459,0±600,38	43,2	48,9	7,9	0,0
	Танатар 1-й уч. 4 Tanatar 1 st , Site 4	2333,2±2398,54	83,9	10,0	6,1	0,0
В среднем по водоемам* Average for the investigated water bodies*			54,8±19,02	28,9±13,87	13,7±11,58	2,3±8,99

Примечание: * M±σ; ** данные за апрель 2021 г.

Note: * M±σ; ** data for April 2021

Таблица 3. Вылупление науплиусов из донных цист артемии гипергалинных озер Алтайского края, 2020–2021 гг.**Table 3.** Hatching of nauplii from the bottom *Artemia* cysts of hyperhaline lakes of the Altai Territory, 2020–2021

Озеро Lake	Дата Date	Экспозиция, ч Exposure, h	Н	Выклев естественный, % Natural hatching, %	Выклев с активатором, % Activated hatching, %	
					Мин. Min.	Макс. Max.
1	2	3	4	5	6	7
Кучукское Kuchuk	26.04.2020	24	Н-	2,6	0,0	2,9
			Н+	5,6	0,0	2,9
		48	Н-	15,7	–	–
			Н+	20,7	–	–
Большое Яровое Bolshoe (Big) Yarovoe	27.04.2020	24	Н-	7,6	5,6	16,4
			Н+	10,0	15,1	22,5
		48	Н-	9,5	6,7	19,2
			Н+	15,9	21,0	23,1
Большое Яровое Bolshoe (Big) Yarovoe	27.04.2020	24	Н-	11,1	19,5	25,7
			Н+	16,5	22,1	31,1
		48	Н-	17,3	22,8	28,2
			Н+	22,0	35,8	36,9
Большое Яровое Bolshoe (Big) Yarovoe	20.09.2020	24	Н-	1,3	–	–
			Н+	4,0	–	–
		48	Н-	2,2	–	–
			Н+	2,9	–	–
Большое Яровое Bolshoe (Big) Yarovoe	04.08.2021	24	Н-	3,7	4,6	10,3
			Н+	8,5	16,7	21,0
		48	Н-	9,7	8,6	15,0
			Н+	12,0	16,6	18,8
Большое Яровое Bolshoe (Big) Yarovoe	30.09.2021	24	Н-	2,7	3,1	10,5
			Н+	15,4	11,5	21,3
		48	Н-	14,1	6,8	25,3
			Н+	17,2	19,3	28,7
Малое Яровое Maloe (Small) Yarovoe	03.08.2021	24	Н-	0,0	0,0	0,0
			Н+	0,0	0,0	0,0
		48	Н-	0,0	0,0	1,6
			Н+	0,0	0,0	1,6
Малое Яровое Maloe (Small) Yarovoe	29.09.2021	24	Н-	0,0	0,0	3,6
			Н+	0,0	0,0	3,6
		48	Н-	4,3	0,0	6,4
			Н+	4,3	0,0	6,4
Кулундинское Kulunda	01.08.2021	24	Н-	1,6	2,1	2,2
			Н+	3,7	4,3	12,8
		48	Н-	15,0	5,9	6,7
			Н+	16,9	6,7	10,3

Таблица 3 (окончание)

Table 3 (finished)

1	2	3	4	5	6	7
Кулундинское Kulunda	01.10.2021	24	H-	0,0	–	–
			H+	0,0	–	–
		48	H-	6,1	–	–
			H+	13,6	–	–
Большое Шкло Bolshoe (Big) Shklo	29.07.2021	24	H-	0,0	2,4	3,6
			H+	2,9	3,5	8,3
		48	H-	11,5	13,7	16,7
			H+	13,7	15,4	17,6
В среднем по водоемам* Average for the investigated water bodies*				7,8±6,73	9,7±9,04	13,6±10,27

Примечание: H- — выклев свободноплавающих науплиусов; H+ — выклев свободноплавающих науплиусов в сумме с проклевывшимися эмбрионами; * $M \pm \sigma$

Note: H- — hatching of free-swimming nauplii; H+ — hatching of free-swimming nauplii with the addition of hatched embryos; * $M \pm \sigma$

средний естественный выклев в летний период составлял 9,3 %, осенью — 4,9 %. В оз. Кучукское весной жизнеспособными были 11,2 % донных цист. В летний период в оз. Большое Шкло выклев был на уровне среднего по озерам показателя и составлял 7,0 %. Минимальные значения отмечались в оз. Малое Яровое, где в летний период цисты не проявляли признаков жизнеспособности, а в осенний период средний выклев составлял всего 2,2 %. Для всех образцов требовалось больше времени для активации, поэтому количество проклевывшихся эмбрионов увеличивалось после 48 ч. экспозиции. В среднем по всем образцам вылупление науплиусов из донных цист составляло 7,8 %.

Полученное среднее значение выклева науплиусов из донных цист (7,8 %) без применения активатора несколько ниже приведенного в литературе (17,7 %) [10]. Однако при анализе динамики выклева по отдельным популяциям показатель находится на одном уровне с рядом водоемов (озера Эбейты, Малое Медвежье, Ново-Георгиевское, Вишняковское, Умрешево Курганской области).

Развитие аквакультуры в мире обуславливает постоянный спрос на живые стартовые корма, одним из которых является артемия (на стадии цист). В России основной источник получения ценного биоресурса — природные популяции жабронога [22]. В критических условиях высокоминерализованных озер основным фактором

сохранения популяций стало достаточное количество цист в биоценозе озера. Природный резерв, в числе прочего, составляют донные цисты, биомасса которых соизмерима [10] с объемом цист в толще воды или значительно его превышает [8].

Во многих литературных источниках описаны полноценные цисты, а также яйца без твердой оболочки (летние яйца) [1, 6, 10, 20, 23]. Также описаны цисты из толщи воды озера Большое Яровое, имеющие черные вкрапления на поверхности, предположительно продукты сгорания углеродного топлива [21]. Цисты с черной или серой окраской хориона, выделенные в ходе проведения исследований, не были ранее отмечены в скоплениях на поверхности воды, а также в береговых выбросах. Можно предположить, что цисты приобретают такой цвет под воздействием условий донных отложений и не всплывают в толщу воды. Известно, что на поверхности хориона цист поселяются разнообразные микроорганизмы [6], а избыточное содержание органических примесей приводит к их массовому развитию и гибели цист [21]. Исследования илов соленых озер Кулундинской степи доказали высокое содержание в них сульфатредуцирующих анаэробных бактерий [25–27], что, по-видимому, негативно сказывается на сохранении целостности цист. Остается открытым вопрос происхождения цист с поврежденным хорионом и яиц без твердой оболочки в

составе грунтов: оседают ли они, имея морфологические особенности, или приобретают их в процессе нахождения на дне.

Способы активации цист и повышения выклева из них в производстве и лабораторных условиях широко освещены в литературе [1, 6, 10, 21], но вопросы их сохранения в естественной среде остаются малоизученными. Работы по определению выживаемости цист артемии в условиях водоема в зимний период выполнены на Большом Соленом озере (Great Salt Lake, штат Юта, США) [17]. Американские ученые установили зависимость между вылуплением науплиусов первого поколения из цист в толще воды и в береговых выбросах и обилием пищевых ресурсов, доступных самкам, а также температурным режимом весеннего периода. Исследования российских ученых [7] показали, что вылупление науплиусов из донных цист в мелководных озерах в весенний период колеблется от 1,3 до 57,5 %, в летний — от 5,1 до 23,1 %, осенний — от 2,2 до 39,3 %. Широкие пределы варьирования объясняются отсутствием единой тенденции активации метаболизма донных цист в разных озерах. Например, для популяций из озер Курганской области приведены высокие показатели выклева как весной, так и в осенний период (озера Большое Медвежье и Ново-Георгиевское), а для донных цист из озера Малое Медвежье показано отсутствие изменения выклева в течение года. Установлено, что науплиусы из донных отложений пересыхающих озер Крыма появляются крайне несинхронно (от 10 до 30 дней), что интерпретировано авторами как приспособление к экстремальным условиям среды [7]. Видимо, для получения наиболее достоверного показателя выклева науплиусов из донных цист требуется более длительное время экспозиции. Таким образом, способы инкубации, принятые для цист из толщи воды и береговых выбросов, не актуальны для исследования донных цист.

Учитывая роль осевших на дно цист артемии в сохранении популяции в экстремальных и нестабильных условиях окружающей среды гипергалинных озер, а также их значительную биомассу, формирующую часть общего запаса ценного биоресурса артемии (на стадии цист), целесообразно продолжить исследования не только их количественного содержания, но и качественных характеристик. Требуется разработка методов определения выживаемости цист в природных условиях, а так-

же исследование процессов всплытия яиц артемии со дна. Необходимо расширить географию изучаемого материала ввиду индивидуальности развития популяций артемии в разнотипных озерах.

ВЫВОДЫ

1. В исследованных гипергалинных озерах Алтайского края в 2020–2021 гг. доля внешне-полноценных цист составляла $54,8 \pm 19,02$ %, цист с поврежденным хорионом — 28,9 %, яиц без твердой оболочки — 13,7 %, яиц с черной и серой окраской хориона — 2,3 %.
2. Соотношение разных групп донных яиц обусловлено типом грунта и, прежде всего, содержанием ила, песка и соли. В илистом грунте концентрация цист наибольшая; среди них возрастает доля цист и яиц с черной или серой окраской внешней оболочки ($r=0,212$, $p<0,01$, $n=156$). Удельная концентрация внешне-полноценных цист увеличивалась в грунтах с более высоким содержанием песка ($r=0,229$, $p<0,01$, $n=156$).
3. Вылупляемость науплиусов из донных цист в среднем по озерам составляла 7,8 %. Единой тенденции в сезонных значениях выклева среди исследованных озер не отмечено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соловов В.П., Подуровский М.А., Ясюченя Т.Л. Жаброног артемия: история и перспективы использования ресурсов. Барнаул: Алтайский полиграфический комбинат, 2001. 144 с.
2. Овчинников А.С., Бородычев В.В., Дедова Э.Б., Иванова В.И. Особенности экосистем соленых водоемов Калмыкии // Известия нижевожского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 4 (40). С. 10–21.
3. Anufrieva E., Shadrin N. The long-term changes in plankton composition: Is Bay Sivash transforming back into one of the world's largest habitats of *Artemia* sp. (Crustacea, Anostraca)? // Aquaculture Research. 2020. Vol. 51, issue 1. Pp. 341–350. doi: 10.1111/are.14381.
4. Лукерина Г.В., Пяткова Я.С., Косачева Ю.Н. Гидробиологические исследования малых гипергалинных озер Алтайского края в период изменения их гидрологического режима // Сборник тезисов докладов участников пула научно-практических конференций: I Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Актуальные проблемы техники, технологии и образования»; Междунар. науч.-практ. конф. «Современные процессы в пищевых производ-

- ствах и инновационные технологии обеспечения качества пищевых продуктов»; II Междунар. науч.-практ. конф. «Современные тенденции интеграции науки, образования и народного хозяйства» (г. Керчь, 25–28 января 2021 г.). Керчь: Изд-во Керченского государственного морского технологического университета, 2021. С. 395–397.
5. Смуров А.О., Комендантов А.Ю. Применение концепции толерантных полигонов для анализа отношения водных беспозвоночных к солености среды // Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря : матер. IX Междунар. конф. (г. Петрозаводск, 11–14 октября 2004 г.). Петрозаводск: Изд-во Карельского научного центра Российской академии наук, 2005. С. 292–296.
 6. Manual for the culture and use of brine shrimp *Artemia* in aquaculture / P. Sorgeloos, P. Lavens, P. Léger, W. Tackaert, D. Versichele (Eds.). Belgium: Ghent University Publ., 1986. 319 p.
 7. Shadrin N.V., Anufrieva E.V., Amat F., Eremin O.Yu. Dormant stages of crustaceans as a mechanism of propagation in the extreme and unpredictable environment in the Crimean hypersaline lakes // Chinese Journal of Oceanology and Limnology. 2015. Vol. 33, no. 6. Pp. 1362–1367. doi: 10.1007/s00343-015-4363-8.
 8. Лукерина Г.В., Сурков Д.А., Пяткова Я.С., Толкушкина Г.Д., Мазникова О.А. Использование биомассы донных цист артемии (*Artemia*) Leach, 1819 для оценки запасов артемии (на стадии цист) в гипергалинных озерах Алтайского края // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса : матер. IX Науч.-практ. конф. молодых ученых с междунар. участием, посвященной 140-летию ВНИРО (г. Москва, 11–12 ноября 2021 г.). / Под ред. И.И. Гордеева, К.К. Киввы, О.В. Воробьевой, Л.О. Архипова, Е.В. Лаврухиной. М.: Изд-во ВНИРО, 2021. С. 111–114.
 9. Голубев А.П., Рощина Н.Н., Хмелева Н.Н. Механизм преобразования параметров жизненного цикла у жаброногих раков рода *Artemia* как фактор адаптации к условиям среды // Доклады Академии наук. 2008. Т. 423, № 3. С. 411–413.
 10. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г. Артемия в озерах Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 2009. 304 с.
 11. Методические рекомендации по оценке запаса и прогнозированию рекомендованного объема добычи (вылова) артемии / Сост. Л.И. Литвиненко, В.А. Бизиков, Н.П. Ковачева, Е.М. Саенко, Л.В. Веснина, К.В. Куцанов, А.М. Семик, А.В. Паршин-Чудин. М.: Изд-во ВНИРО, 2019. 50 с.
 12. Лукерина Г.В., Мазникова О.А. Современное состояние запасов и промысла короткоциклового беспозвоночного в озерах Алтайского края // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2022. № 1 (192). С. 52–61. doi: 10.33920/sel-09-2201-04.
 13. Визер Л.С., Ростовцев А.А. Мониторинг *Artemia* sp. в гипергалинном озере Карачи // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2016. № 2 (39). С. 65–70.
 14. Семик А.М., Ушакова А.О. Современное состояние запасов жаброножного рачка артемии (*Artemia salina* L.) в соленых озерах Республики Крым // Труды ЮгНИРО. 2017. Т. 54. С. 137–141.
 15. Литвиненко А.И., Бойко Е.Г., Корентович М.А., Разова Л.Ф. История изучения бентосных цист артемии // Вестник рыбохозяйственной науки. 2018. Т. 5, № 3 (19). С. 31–40.
 16. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г., Куцанов К.В., Корентович М.А. Влияние промысла цист артемии на экосистему гипергалинного озера // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2020. № 13 (4). С. 348–367. doi: 10.17516/1997-1389-0333.
 17. Belovsky G.E., Perchon W.C., Larson C., Mellison C., Slade J.B., Mahon H., Appiah-Madson H., Birdsey P., Luft J., Mosley R., Neill J., Stone K., Kijowski A., Van Leeuwen J. Overwinter survival of crustacean diapausing cysts: Brine shrimp (*Artemia franciscana*) in Great Salt Lake, Utah // Limnology and Oceanography. 2019. Vol. 64, issue 9. Pp. 2538–2549. doi: 10.1002/lno.11203.
 18. Водоемы Алтайского края: биологическая продуктивность и перспективы использования / Под ред. В.П. Соловова, В.Р. Крохалева, З.И. Новоселова, А.А. Ростовцева. Новосибирск: Изд-во Сибирского предприятия Российской академии наук, Наука, 1999. 285 с.
 19. Веснина Л.В., Лукерина Г.В., Ронжина Т.О. Численные и продукционные изменения популяции рачка *Artemia* Leach, 1819 в гипергалинном озере Кучукское Алтайского края в условиях трансгрессивной фазы водности // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2019. № 49. С. 36–43. doi: 10.17217/2079-0333-2019-49-36-42.
 20. Веснина Л.В., Лукерина Г.В., Ронжина Т.О. Результаты многолетнего экологического мониторинга гипергалинного озера Большое Яровое, г. Славгород Алтайского края // Рыбное хозяйство. 2019. № 4 (159). С. 19–27.
 21. Клепиков Р.А. Цисты рачка *Artemia* Leach, 1819 в гипергалинных озерах Алтайского края : автореф. дис. канд. биол. наук. Новосибирск: Изд-во Алтайского научно-исследовательского института водных биоресурсов и аквакультуры, 2012. 23 с.
 22. Ковачева Н.П., Литвиненко Л.И., Саенко Е.М., Жигин А.В., Кряхова Н.В., Семик А.М. Современное состояние и перспективы развития аквакультуры артемии в России // Труды ВНИРО. 2019. Т. 178. С. 150–171.
 23. Веснина Л.В., Лукерина Г.В., Ронжина Т.О., Савоськин А.В., Сурков Д.А. Морфометрические

исследования самцов артемии из разных популяций гипергалинных водоемов Алтайского края // Рыбное хозяйство. 2020. № 2. С. 74–80. doi: 10.37663/0131-6184-2020-2-74-80.

24. Лукерина Г.В. Пространственное и временное распределение донных цист жаброногого рачка *Artemia* Leach, 1819 в гипергалинных озерах Алтайского края // Биология водных экосистем в XXI веке: факты, гипотезы, тенденции : тезисы докл. Всерос. науч. конф., посвященной 65-летию Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (г. Борок, 22–26 ноября 2021 г.). Ярославль: Изд-во Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук, Филигрань, 2021. С. 125.
25. Sorokin D.Yu., Tourova T.P., Lysenko A.M., Muijzer G. Diversity of culturable halophilic sulfur-oxidizing bacteria in hypersaline habitats // Microbiology. 2006. Vol. 152, issue 10. Pp. 3013–3023. doi: 10.1099/mic.0.29106-0.
26. Sorokin D.Yu., Tourova T.P., Bezoudnova E.Yu., Pol A., Muijzer G. Denitrification in a binary culture and thiocyanate metabolism in *Thiobolophilus thiocyanoxidans* gen. nov. sp. nov. — a moderately halophilic chemolithoautotrophic sulfur-oxidizing Gammaproteobacterium from hypersaline lakes // Archives of Microbiology. 2007. Vol. 187, issue 6. Pp. 441–450. doi: 10.1007/s00203-006-0208-3.
27. Foti M.J., Sorokin D.Yu., Zacharova E.E., Pimenov N.V., Kuenen J.G., Muijzer G. Bacterial diversity and activity along a salinity gradient in soda lakes of the Kulunda Steppe (Altai, Russia) // Extremophiles. 2008. Vol. 12, issue 1. Pp. 133–145. doi: 10.1007/s00792-007-0117-7.

REFERENCES

1. Solovov V.P., Podurovskiy M.A., Yasyuchenya T.L. Zhabronog artemiya: istoriya i perspektivy ispol'zovaniya resursov [Brine shrimp *Artemia*: history and prospects of its resource exploitation]. Barnaul: Altayskiy poligraficheskiy kombinat [Altai Printing Plant], 2001, 144 p. (In Russian).
2. Ovchinnikov A.S., Borodychev V.V., Dedova E.B., Ivanova V.I. Osobennosti ekosistem solenikh vodoev Kalmykii [Features salt water ecosystems of Kalmykia]. *Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], 2015, no. 4 (40), pp. 10–21. (In Russian).
3. Anufrieva E., Shadrin N. The long-term changes in plankton composition: Is Bay Sivash transforming back into one of the world's largest habitats of *Artemia* sp. (Crustacea, Anostraca)? *Aquaculture Research*, 2020, vol. 51, issue 1, pp. 341–350. doi: 10.1111/are.14381.
4. Lukerina G.V., Pyatkova Ya.S., Kosacheva Yu.N. Gidrobiologicheskie issledovaniya malykh gipergalinnyykh ozer Altayskogo kraya v period izmeneniya ikh gidrologicheskogo rezhima [Hydrobiological studies of small hyperhaline lakes of the Altai Territory during the period of changes in their hydrological regime]. In: *Sbornik tezisev dokladov uchastnikov pula nauchno-prakticheskikh konferentsiy: I Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem "Aktual'nye problemy tekhniki, tekhnologii i obrazovaniya"; Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sovremennye protsessy v pishchevykh proizvodstvakh i innovatsionnye tekhnologii obespecheniya kachestva pishchevykh produktov"; II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sovremennye tendentsii integratsii nauki, obrazovaniya i narodnogo khozyaystva"* (g. Kerch', 25–28 yanvarya 2021 g.) [Collection of abstracts of the reports presented by the participants of the pool of research and practice conferences: 1st National Research and Practice Conference with international participation "Crucial issues of technics, technologies and education"; International Research and Practice Conference "Current practices in food production and innovative technologies for ensuring the quality of food products", 2nd International Research and Practice Conference "Current trends in science, education and economy integration" (Kerch, 25–28 January, 2021)]. Kerch: Kerchenskiy gosudarstvennyy morskoy tekhnologicheskii universitet [Kerch State Maritime Technological University] Publ., 2021, pp. 395–397. (In Russian).
5. Smurov A.O., Komendantov A.Yu. Primenenie kontseptsii tolerantnykh poligonov dlya analiza otnosheniya vodnykh bespozvonochnykh k solenosti sredi [Use of salinity tolerance polygons for the analysis of attitude of water invertebrates to salinity factor]. In: *Problemy izucheniya, ratsional'nogo ispol'zovaniya i okhrany resursov Belogo morya : materialy IX Mezhdunarodnoy konferentsii* (g. Petrozavodsk, 11–14 oktyabrya 2004 g.) [The study, sustainable use and conservation of natural resources of the White Sea. Proceedings of the 9th International Conference (Petrozavodsk, 11–14 October, 2004)]. Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy tsentr Rossiyskoy akademii nauk [Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences] Publ., 2005, pp. 292–296. (In Russian).
6. Manual for the culture and use of brine shrimp *Artemia* in aquaculture. P. Sorgeloos, P. Lavens, P. Léger, W. Tackaert, D. Versichele (Eds.). Belgium: Ghent University Publ., 1986, 319 p.
7. Shadrin N.V., Anufrieva E.V., Amat F., Eremin O.Yu. Dormant stages of crustaceans as a mechanism of propagation in the extreme and unpredictable environment in the Crimean hypersaline lakes. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2015, vol. 33, no. 6, pp. 1362–1367. doi: 10.1007/s00343-015-4363-8.

8. Lukerina G.V., Surkov D.A., Pyatkova Ya.S., Tolkushkina G.D., Maznikova O.A. Ispol'zovanie biomassy donnykh tsist artemii (*Artemia*) Leach, 1819 dlya otsenki zapasov artemii (na stadii tsist) v gipergalinnykh ozerakh Altayskogo kraya [The use of biomass of bottom artemia cysts (*Artemia*) Leach, 1819 for the assessment of artemia stocks (at the stage of cysts) in hyperhaline lakes of the Altai Territory]. In: *Sovremennye problemy i perspektivy razvitiya rybokhozyaystvennogo kompleksa : materialy IX Nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoy 140-letiyu VNIRO (g. Moskva, 11–12 noyabrya 2021 g.)* [Modern problems and prospects for the development of the fisheries complex. Proceedings of the 9th Research and Practice Conference of Young Scientists with international participation dedicated to the 140th anniversary of VNIRO (Moscow, 11–12 November, 2021)]. I.I. Gordeev, K.K. Kivva, O.V. Vorobyeva, L.O. Arkhipov, E.V. Lavrukina (Eds.). Moscow: VNIRO Publ., 2021, pp. 111–114. (In Russian).
9. Golubev A.P., Roshchina N.N., Khmeleva N.N. The mechanism of transformation of life history parameters in *Artemia* (Anostraca, Branchiopoda, Crustacea) as a factor of adaptation to environment. *Doklady. Biological Sciences*, 2008, vol. 423, no. 1, pp. 422–424. doi: 10.1134/s0012496608060161.
10. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G. Artemiya v ozerakh Zapadnoy Sibiri [Brine shrimp *Artemia* in Western Siberia lakes]. Novosibirsk: Nauka [Science], 2009, 304 p. (In Russian).
11. Metodicheskie rekomendatsii po otsenke zapasa i prognozirovaniyu rekomendovannogo ob'ema dobychi (vylova) artemii [Methodological recommendations on stock assessment and forecasting of recommended catch (yield) of *Artemia*]. L.I. Litvinenko, V.A. Bizikov, N.P. Kovacheva, E.M. Saenko, L.V. Vesnina, K.V. Kutsanov, A.M. Semik, A.V. Parshin-Chudin (Eds.). Moscow: VNIRO Publ., 2019, 50 p. (In Russian).
12. Lukerina G.V., Maznikova O.A. Sovremennoe sostoyanie zapasov i promysla korotkotsiklovyykh bespozvonochnykh v ozerakh Altayskogo kraya [Current state of stocks and harvesting of short-cycle invertebrates in the lakes of the Altai Territory]. *Rybovodstvo i rybnoe khozyaystvo* [Fish Breeding and Fisheries], 2022, no. 1 (192), pp. 52–61. doi: 10.33920/sel-09-2201-04. (In Russian).
13. Vizer L.S., Rostovtsev A.A. Monitoring *Artemia* sp. v gipergalinnom ozere Karachi [Monitoring of *Artemia* sp. in the hypersaline lake Karachi]. *Vestnik NSAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)* [Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)], 2016, no. 2 (39), pp. 65–70. (In Russian).
14. Semik A.M., Ushakova A.O. Sovremennoe sostoyanie zapasov zhabronogogo rachka artemii (*Artemia salina* L.) v solenykh ozerakh Respubliki Krym [Current state of the brine shrimp (*Artemia salina* L.) stock in the salt lakes of Crimea]. *Trudy YugNIRO* [Proceedings of the Southern Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography], 2017, vol. 54, pp. 137–141. (In Russian).
15. Litvinenko A.I., Boyko E.G., Korentovich M.A., Razova L.F. Istoriya izucheniya bentosnykh tsist artemii [The history of studying *Artemia*'s benthic cysts]. *Vestnik rybokhozyaystvennoy nauki* [The Bulletin of Fisheries Science], 2018, vol. 5, no. 3 (19), pp. 31–40. (In Russian).
16. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G., Kutsanov K.V., Korentovich M.A. Vliyanie promysla tsist artemii na ekosistemu gipergalinnogo ozera [The effects of *Artemia* cyst harvesting on the salt lake ecosystem]. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Biologiya* [Journal of Siberian Federal University. Biology], 2020, no. 13 (4), pp. 348–367. doi: 10.17516/1997-1389-0333. (In Russian).
17. Belovsky G.E., Perchon W.C., Larson C., Mellison C., Slade J.B., Mahon H., Appiah-Madson H., Birdsey P., Luft J., Mosley R., Neill J., Stone K., Kijowski A., Van Leeuwen J. Overwinter survival of crustacean diapausing cysts: Brine shrimp (*Artemia franciscana*) in Great Salt Lake, Utah. *Limnology and Oceanography*, 2019, vol. 64, issue 9, pp. 2538–2549. doi: 10.1002/lno.11203.
18. Vodoemy Altayskogo kraya: biologicheskaya produktivnost' i perspektivy ispol'zovaniya [Water bodies of the Altai Territory: biological productivity and prospects for their use]. V.P. Solovov, V.R. Krokhalevskiy, Z.I. Novoselov, A.A. Rostovtsev (Eds.). Novosibirsk: Sibirskoe predpriyatie Rossiyskoy akademii nauk [Siberian Enterprise of the Russian Academy of Sciences] Publ., Nauka [Science], 1999, 285 p. (In Russian).
19. Vesnina L.V., Lukerina G.V., Ronzhina T.O. Chislennye i produktsionnye izmeneniya populyatsii rachka *Artemia* Leach, 1819 v gipergalinnom ozere Kuchukskoe Altayskogo kraya v usloviyakh transgressivnoy fazy vodnosti [Numerical and descriptive changes of crustacean *Artemia* Leach, 1819 population in hyperhaline lake Kuchukskoye of Altaysky Krai in terms of water content transgressive phase]. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Kamchatka State Technical University], 2019, no. 49, pp. 36–43. doi: 10.17217/2079-0333-2019-49-36-42. (In Russian).
20. Vesnina L.V., Lukerina G.V., Ronzhina T.O. Rezul'taty mnogoletnego ekologicheskogo monitoringa gipergalinnogo ozera Bol'shoe Yarovoe, g. Slavgorod Altayskogo kraya [Results of long-term environmental monitoring of the hypervalent Bolshoe Yarovoe Lake, Slavgorod, Altai Region]. *Rybnoe khozyaystvo* [Fisheries], 2019, no. 4 (159), pp. 19–27. (In Russian).
21. Klepikov R.A. Tsisty rachka *Artemia* Leach, 1819 v gipergalinnykh ozerakh Altayskogo kraya : avtoref.

- dis. kand. biol. nauk [Cysts of the brine shrimp *Artemia* Leach, 1819 in the hyperhaline lakes of the Altai Territory. Extended abstract of Candidate's (Biology) Thesis]. Novosibirsk: Altayskiy nauchno-issledovatel'skiy institut vodnykh bioresursov i akvakul'tury [Altai Scientific Research Institute of Water Bioresources and Aquaculture] Publ., 2012, 23 p. (In Russian).
22. Kovacheva N.P., Litvinenko L.I., Saenko E.M., Zhigin A.V., Kryakhova N.V., Semik A.M. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya akvakul'tury artemii v Rossii [Current state and prospects of aquaculture *Artemia* in Russia]. *Trudy VNIRO [VNIRO Proceedings]*, 2019, vol. 178, pp. 150–171. (In Russian).
 23. Vesnina L.V., Lukerina G.V., Ronzhina T.O., Savoskin A.V., Surkov D.A. Morfometricheskie issledovaniya samtsov artemii iz raznykh populyatsiy gipergalinnykh vodoemov Altayskogo kraya [Morphometric studies of brine shrimp's males from different populations of the Altai Region]. *Rybnoe khozyaystvo [Fisheries]*, 2020, no. 2, pp. 74–80. doi: 10.37663/0131-6184-2020-2-74-80. (In Russian).
 24. Lukerina G.V. Prostranstvennoe i vremennoe raspredelenie donnykh tsist zhabronogogo rachka *Artemia* Leach, 1819 v gipergalinnykh ozerakh Altayskogo kraya [Spatial and temporal distribution of bottom cysts of the brine shrimp *Artemia* Leach, 1819 in the hyperhaline lakes of the Altai Territory]. In: *Biologiya vodnykh ekosistem v XXI veke: fakty, gipotezy, tendentsii : tezisy dokladov Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 65-letiyu Instituta biologii vnutrennikh vod im. I.D. Papanina RAN (g. Borok, 22–26 noyabrya 2021 g.) [Biology of aquatic ecosystems in the 21st century: facts, hypotheses, trends. Abstracts of the All-Russian Scientific Conference dedicated to the 65th anniversary of the Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences (Borok, 22–26 November, 2021)]*. Yaroslavl: Institut biologii vnutrennikh vod im. I.D. Papanina Rossiyskoy akademii nauk [Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences] Publ., Filigran' [Filigree], 2021, pp. 125. (In Russian).
 25. Sorokin D.Yu., Tourova T.P., Lysenko A.M., Mulyzer G. Diversity of culturable halophilic sulfur-oxidizing bacteria in hypersaline habitats. *Microbiology*, 2006, vol. 152, issue 10, pp. 3013–3023. doi: 10.1099/mic.0.29106-0.
 26. Sorokin D.Yu., Tourova T.P., Bezoudnova E.Yu., Pol A., Mulyzer G. Denitrification in a binary culture and thiocyanate metabolism in *Thiohalophilus thiocyanoxidans* gen. nov. sp. nov. — a moderately halophilic chemolithoautotrophic sulfur-oxidizing Gammaproteobacterium from hypersaline lakes. *Archives of Microbiology*, 2007, vol. 187, issue 6, pp. 441–450. doi: 10.1007/s00203-006-0208-3.
 27. Foti M.J., Sorokin D.Yu., Zacharova E.E., Pimenov N.V., Kuenen J.G., Mulyzer G. Bacterial diversity and activity along a salinity gradient in soda lakes of the Kulunda Steppe (Altai, Russia). *Extremophiles*, 2008, vol. 12, issue 1, pp. 133–145. doi: 10.1007/s00792-007-0117-7.

Поступила 19.05.2022

Принята к печати 30.08.2022