

ВЕТЕРИНАРИЯ, ЗООТЕХНИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-71-2-189-198

УДК 592:593.3

ПРОДУКЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЖАБРОНОГО РАЧКА АРТЕМИИ В ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕРАХ РАВНИНЫ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Л.В. Веснина, доктор биологических наук, профессор

Д.М. Безматерных, доктор биологических наук, доцент

Ю.А. Веснин, инженер

М.В. Лассый, лаборант

Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук, Барнаул, Россия

E-mail: artemia.vesnina@mail.ru

Ключевые слова: жаброногий рачок, плодовитость, диапаузирующие цисты, летние яйца, живорождение, фазы водности.

Реферат. Жаброногий рачок артемия является наиболее распространенным живым кормом, который используется в аквакультуре во всем мире. Для управления промыслом биоресурса цист артемии необходимо определять их запасы, величина которых зависит от биопродукционных характеристик артемии. В статье проанализирована межгодовая динамика численности цист артемии, взрослых особей рачка и его разновозрастных стадий в разные фазы водности в сравнении с их среднепогодными показателями в основных промысловых озерах Алтайского края: Кулундинском, Кучукском, Большом Яровом и Малом Яровом. В разнотипных исследуемых озерах в течение вегетационного периода наблюдается три-четыре генерации артемии. Выявлено, что на жизненный цикл артемии в среднем приходится $3,7 \pm 1,4$ поколений. Рассчитана длина половозрелых особей в оз. Кулундинское со средней плодовитостью самок в пределах 16,0–94,0 экз.; в оз. Кучукское – 34,0–45,0 экз.; в оз. Большое Яровое – 26,6–134,4 экз.; в оз. Малое Яровое – 25,0–30,0 экз. В озерах Кулундинское и Большое Яровое показана структура продукционных характеристик самок рачка в составе толстоскорлуповых цист, тонкоскорлуповых яиц и живорождения. На долю последних приходится в среднем от 1,5 до 9,4 %. Рассчитан коэффициент корреляции между плодовитостью и температурой воды – $r = 0,80$ ($p < 0,05$). Показана особенность вариационных рядов плодовитости на примере самок рачка артемии оз. Кулундинское в трансгрессивную и регрессивную фазы водности. Выявлен тренд запасов цист артемии в гипергалинных озерах до 2030 г.

PRODUCTION POTENTIAL OF THE BRINE SHRIMP ARTEMIA IN HYPERHALINE LAKES OF THE PLAIN OF THE ALTAI TERRITORY

L.V. Vesniba, Doctor of Biological Sciences, Professor

D.M. Bezmaternyyh, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor

Yu.A. Vesnin, Engineer

M.V. Lassyi, Laboratory assistant

Institute of Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia

E-mail: artemia.vesnina@mail.ru

Keywords: branchiopod crustacean, fertility, diapausing cysts, summer eggs, viviparity, water phases.

Abstract. The brine shrimp *Artemia* is the most common live food used in aquaculture worldwide. In order to manage the fishery of *Artemia* cysts bioresource it is necessary to determine their stocks, the value of which depends on the bioproductive characteristics of *Artemia* cysts. The article analyzes the inter-annual dynamics of *Artemia* cysts abundance, adult individuals of the brine shrimp and its different age stages in different phases of water availability in comparison with their average annual indicators in the main commercial lakes of the Altai Krai: Kulundinskoye, Kuchukskoye, Bolshoye Yarovoye and Maloye Yarovoye. Three or four generations

of Artemia are observed in different types of the studied lakes during the vegetation period. It was revealed that Artemia life cycle has 3.7 ± 1.4 generations on average. The length of sexually mature individuals was calculated in Kulundinskoye with average fecundity of females ranging from 16.0–94.0 specimens; in Kuchukskoye – 34.0–45.0; in Bolshoye Yarovoye – 26.6–134.4; in Maloye Yarovoye – 25.0–30.0 specimens. In lakes Kulundinskoye and Bolshoye Yarovoye, the structure of productive characteristics of female crustacean in the composition of thick-shell cysts, thin-shell eggs, and live birth is shown. The share of the latter accounts on average from 1.5 to 9.4 %. The correlation coefficient between fecundity and water temperature was calculated – $r = 0.80$ ($p < 0.05$). The peculiarity of fecundity variation series on the example of female Artemia of Lake Kulundinskoye in transgressive and regressive phases of water content is shown. The trend of Artemia cysts stocks in hyperhaline lakes up to 2030 is revealed.

В основе освоения биоресурса цист артемии в гипергалинных озерах Западной Сибири лежит выпуск стартовых биокормов. В 70-е гг. впервые были проведены исследования и начато хозяйственное освоение цист артемии на оз. Соленое Завьяловского района Алтайского края объемом добычи 0,5–23,8 т сырой массы. В 80-е гг. объем вылова возрос до 39,0 т, в 90-е гг. – до 1 077,0 т. Начиная с 2000 г. на гипергалинных озерах равнины Алтая ведется мониторинг состояния биоты озер и прогнозирование рекомендованного объема вылова диапаузирующих цист.

Гипергалинные озера юга Западной Сибири становятся основными поставщиками диапаузирующих цист для море- и аквакультуры. Большую значимость имеет жаброногий рачок как ресурс белкового корма. На современном международном рынке есть не только цисты артемии в качестве стартовых кормов, но и науплии, взрослые особи в живом, сублимированном виде, свежемороженом, а также в виде муки и гранул. Россия на мировом рынке занимает третье место по запасам диапаузирующих цист после США и Китая. Цисты относятся к стратегически важным ресурсам и знаковыми для развития аквакультуры и подтверждены основными документами: приказом Росрыболовства № 191 от 2009 г. и постановлением Правительства РФ № 401 от 2019 г.

В Западной Сибири известно более 90 гипергалинных озер с соленостью от 30 до 300 г/л. Рекомендованный объем вылова артемии (на стадии цист) ежегодно превышает 1 300 т. Однако динамика запасов цист определяется климатической изменчивостью с циклами различной длительности [1]. Наступление регрессивных и трансгрессивных фаз увлажненности определяет состояние водных экосистем и состояние развития популяции рачка артемии и ее цист.

Повышение водности приводит к развитию в составе зоопланктона солоноватоводной фауны, которая может составлять по численным параметрам выше 50 %, вытесняя доминирующий таксон – артемию. При этом в связи с нарушением баланса экосистемы снижается плодовитость рачка артемии и запасы цист, они сокращаются до минимальных значений [1].

В Западной Сибири самыми перспективными и продуктивными по запасам диапаузирующих цист артемии являются следующие озера: Кулундинское, расположенное на территории трех районов (Благовещенский, Суетский, г. Славгород); Кучукское Благовещенского района; Большое Яровое г. Славгорода и Малое Яровое г. Славгорода (Алтайский край).

Цель исследований – оценка плодовитости жаброногого рачка артемии разнотипных гипергалинных озер Алтайского края и определение потенциала биоресурса диапаузирующих цист рачка.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основными объектами исследований послужили жаброногий рачок артемия и его диапаузирующие цисты из озер Алтайского края: Кулундинского ($52^{\circ}95'$ с.ш., $79^{\circ}50'$ в.д.), Кучукского ($52^{\circ}65'$ с.ш., $79^{\circ}75'$ в.д.), Большого Ярового ($52^{\circ}52'$ с.ш., $78^{\circ}36'$ в.д.) и Малого Ярового ($53^{\circ}05'$ с.ш., $79^{\circ}10'$ в.д.). Карта-схема озер представлена на рис. 1. Пробы отбирались тотальным способом (от поверхности до дна) в течение вегетационного периода с апреля по октябрь по постоянным трансектам глубоководной зоны озер и их литоральным участкам [2, 3]. Отбор проб проводили планктонной сетью Апштейна малой модели (размер ячеи 64 мкм) и фиксировали 70%-м этанолом. В лабораторных

условиях планктонные пробы рассматривали в камере Богорова с использованием бинокля МБС-10. Оценку численности гидробионтов, их измерение и идентификацию осуществляли во всей пробе. В составе зоопланктона выделяли представителей солоноватоводной фауны (коловраток, веслоногих и ветвистоусых ракообразных), все возрастные стадии жаброногого рачка артемии (ортонауплии, метанауплии, ювенильные (1,0–5,0 мм), предвзрослые (5,1–10,0 мм), половозрелые самки и самцы). Отмечали летние

тонкокорлуповые яйца и толстокорлуповые (диапаузирующие) цисты.

На каждой станции измеряли температуру воды с применением ртутного термометра в поверхностном слое воды; соленость воды – с помощью рефрактометра ATAGO (Kenco Instruments Co., USA) на глубине не менее 0,2 м.

Статистическую обработку материала проводили с применением программ Microsoft Excel 2013 и Statistica 10 [4, 5].



Рис. 1. Карта-схема расположения гипергалинных озер Алтайского края

Location map of hyperhaline lakes in Altai Krai

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Периодические колебания климата приводят к цикличности гидрохимического режима с сопровождением флуктуации биоты в целом. Особенно подвержены циклональным и антициклональным явлениям озера Кулундинское и Кучукское. Многолетний диапазон минерализации воды составляет в оз. Кулундинское 39,0–145,2 г/л; в оз. Кучукское – 220,0–310,0 г/л. Более стабилен многолетний гидрохимический режим оз. Большое – 140,0–160,0 г/л и оз. Малое Яровое – 240,0–260,0 г/л [6–8]. Значение солености воды важно для жизнедеятельности артемии и других представителей зоопланктона. Во всех исследованных водоемах основу гидрофауны составляет этот жаброногий рачок. Однако с опреснением оз. Кулундинского в отдельные годы (в трансгрессивную фазу водности) получали развитие представители

солоноватоводной фауны – коловратки, веслоногие и ветвистоусые рачки, составляя до 70 % от общей численности зоопланктона [9, 10]. Оз. Кучукское, наоборот, подвергается осолонению. Этот процесс привел к уменьшению развития популяции артемии до единичных экземпляров [11]. Границы оптимальных условий для воспроизводства рачка артемии находятся в пределах 20,0–280,0 г/л. Степень эвригалинности цист и науплиусов несколько ниже, чем у взрослых особей, и является критическим фактором для состояния плавучести цист в озере [12, 13].

Жаброногий рачок в исследуемых озерах образует в течение вегетационного периода три-четыре поколения. Число кладок за жизненный цикл составляет в среднем $3,7 \pm 1,4$, $C_v = 14$ %. Рачки становятся половозрелыми в оз. Кулундинское при длине их тела $9,81 \pm 0,07$ мм со средней плодовитостью самок в пределах

16,0–94,0 экз., в оз. Кучукское – при длине тела $9,13 \pm 0,12$ мм со средней плодовитостью от 34,0 до 45,0 экз., в оз. Большое Яровое – при длине тела $8,71 \pm 0,16$ со средней плодовитостью от 26,6 до 134,4 экз., в оз. Малое Яровое – при длине тела $7,43 \pm 0,09$ мм со средней плодовитостью от 25,0 до 30,0 экз. В озерах Кулундинское и Большое Яровое для рачков свойственен вымет самками не только толстоскорлуповых цист и тонкоскорлуповых яиц, но и отмечается живорождение, составляющие в среднем от 1,5 до 9,4 %. Коэффициент корреляции Спирмена между плодовитостью и температурой воды составляет $r = 0,80$ ($p < 0,05$).

Поскольку плодовитость самок определяет запасы цист артемии в озере, была подробно изучена плодовитость на примере самок в оз. Кулундинское в разные фазы водности.

В трансгрессивную фазу (2019–2022 гг.) плодовитость самок в популяции характеризовалась двухмодальным распределением: $Mo_1 = 24$ экз./особь, $Mo_2 = 1$ экз./особь. Наличие второй моды объясняется спецификой проведения исследований: учитывалась остаточная плодовитость. Крайний левый класс представлен такими особями с «остаточной плодовитостью», их было порядка 16,7 % от

всего экспериментального материала трансгрессивной фазы. К первому модальному классу (20–30 экз./особь) относились 30,7 % особей. Плодовитость равную или больше модальной (≥ 24 экз./особь) имели 46,3 % особей.

В регрессивную фазу (2006–2013 гг.) крайний левый класс (до 0,10 экз./особь) не создавал дополнительной моды и был достаточно малочислен. Это связано с тем, что плодовитость учитывали на живом материале сразу после отбора пробы.

Вариационный ряд значительно удлинился справа: прибавились три достаточно многочисленных класса: 80–90, 90–100, 100–110 экз./особь, а также четыре класса с совсем незначительной численностью (отметать их как случайные «выбросы» было бы неверно): 110–120, 120–130, 130–140 и 140–150 экз./особь. Такой плодовитостью характеризовались особи из правого «хвоста» графика. Особи из добавившихся классов составляли 8,2 % от всего экспериментального материала регрессивной фазы. Мода вариационного ряда составляла 27 экз./особь. К модальному классу принадлежало 29,6 % исследованных самок. Плодовитость равную либо больше модальной имели 58,2 % особей (рис. 2).

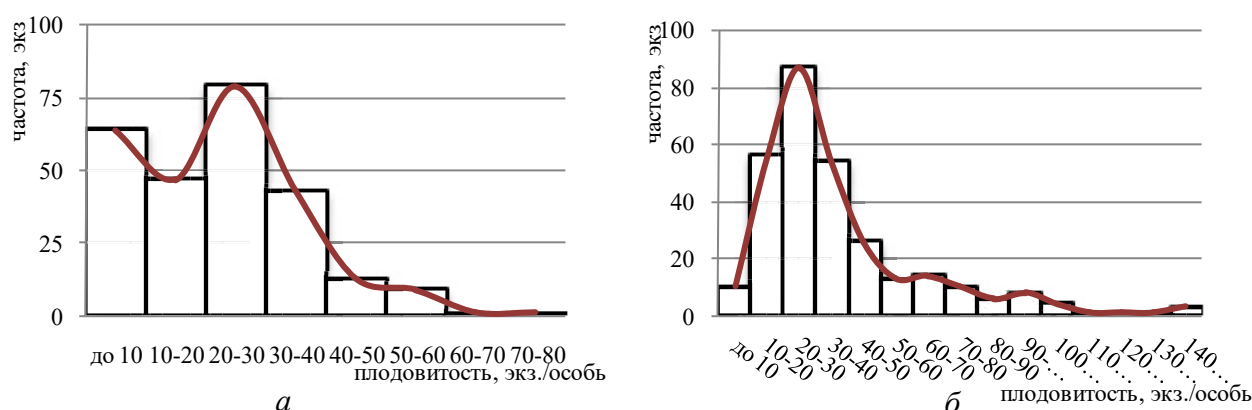


Рис. 2. Гистограммы распределения половозрелых самок артемии по плодовитости в трансгрессивную (а) и регрессивную (б) фазы водности.

Histograms of the distribution of sexually mature artemia females by fertility (r) in the transgressive (a) and regressive (b) phases of water availability

Таким образом, в регрессивную фазу оз. Кулундинского имелась тенденция к повышению плодовитости, что было обусловлено появлением немногочисленных особей, имеющих большое количество цист в яйцевом мешке

самки рачка артемии, что согласуется с исследованиями других авторов [14, 15].

Среднегодовая численность половозрелых самок в оз. Кулундинское за период 2000–2019 гг. составляла $2,05 \pm 0,65$ тыс. экз./м³. Со-

поставление этих данных с периодами 2020 г. и 2022 г., соответственно $0,46 \pm 0,04$ и $0,33 \pm 0,12$ тыс. экз./м³, подтверждает тенденцию к понижению численных показателей в оз. Кулундинское в фазе трансгрессии (табл. 1). В оз. Кучукское наблюдалась обратная тенденция – к повышению численных характеристик до $9,0 \pm 5,75$ тыс. экз./м³ (2020 г.). Сходные значения многолетних

среднегодовых и текущих характеристик наблюдались в оз. Малое Яровое, составляя соответственно $1,17 \pm 0,79$ (2000–2019 гг.) и $1,12 \pm 0,59$ тыс. экз./м³ (2020 г.). Самые низкие показатели по численности половозрелых самок отмечены в оз. Большое Яровое, минимальные значения которых находятся в пределах от $0,05 \pm 0,01$ до $0,58 \pm 0,16$ тыс. экз./м³.

Таблица 1

Численные показатели популяций самок артемии в гипергалинных озерах Алтайского края
Numerical indicators of Artemia females populations in hypergaline lakes Altai Krai

Озеро	Среднегодовая численность самок, тыс. экз./м ³		
	2000–2019 гг.	2020 г.	2022 г.
Кулундинское	$2,05 \pm 0,65$	$0,46 \pm 0,04$	$0,33 \pm 0,12$
Кучукское	$0,76 \pm 0,44$	$9,0 \pm 5,75$	$1,55 \pm 0,33$
Большое Яровое	$3,62 \pm 1,13$	$0,05 \pm 0,01$	$0,58 \pm 0,16$
Малое Яровое	$1,17 \pm 0,79$	$1,12 \pm 0,59$	$0,64 \pm 0,09$

Среднегодовая численность артемии (науплий, метанауплий, предвзрослых особей) в оз. Кулундинское за многолетний период (2000–2019 гг.) составляла $26,64 \pm 8,39$ тыс. экз./м³ (табл. 2). Достаточно высокие значения этих показателей отмечены в 2020 г. – $43,89 \pm 6,85$ тыс. экз./м³, с последующим понижением к 2022 г. в 2 раза: до $22,42 \pm 4,13$ тыс.

экз./м³. Самая большая вспышка развития артемии отмечена в оз. Кучукское с максимальными значениями в 2020 г. до $173,89 \pm 52,61$ тыс. экз./м³. В оз. Большое Яровое максимальная плотность рачков артемии выявлена в 2022 г. ($9,62 \pm 2,01$ тыс. экз./м³). В оз. Малое Яровое среднегодовая плотность рачков в 2022 г. почти в 7 раз выше ($76,74 \pm 22,65$ тыс. экз./м³).

Таблица 2

Численные показатели популяций рачков артемии в гипергалинных озерах Алтайского края
Numerical indices of Artemia crustacea populations in hypergaline lakes (Altai Krai)

Озеро	Среднегодовая численность рачков, тыс. экз./м ³		
	2000–2019 гг.	2020 г.	2022 г.
Кулундинское	$26,64 \pm 8,39$	$43,89 \pm 6,85$	$22,42 \pm 4,13$
Кучукское	$13,6 \pm 4,19$	$173,89 \pm 52,61$	$100,03 \pm 23,40$
Большое Яровое	$30,37 \pm 11,15$	$4,80 \pm 0,99$	$9,62 \pm 2,01$
Малое Яровое	$22,43 \pm 13,84$	$16,52 \pm 9,06$	$76,74 \pm 22,65$

Самая высокая многолетняя плотность цист артемии отмечена в оз. Кулундинское – $305,13 \pm 65,10$ тыс. экз./м³ (табл. 3). В 2020 г. плотность цист повысилась до $366,56 \pm 35,82$ тыс. экз./м³, а к 2022 г. снизилась до $128,35 \pm 18,33$ тыс. экз./м³. Самые низкие значения многолетней плотности цист артемии зарегистрированы в оз. Кучукское ($141,88 \pm 57,41$ тыс. экз./м³). Однако эти значения увеличились в 1000 раз в 2020 г., достигая $1\,683,56 \pm 1\,079,72$ тыс. экз./м³. К 2022 г. этот показатель снизился до $658,16 \pm 169,83$ тыс.

экз./м³. В оз. Большое Яровое многолетние значения плотности достигали $155,64 \pm 43,67$ тыс. экз./м³. В 2020 г. там выявлены их минимальные значения ($4,97 \pm 1,22$ тыс. экз./м³). В 2022 г. среднегодовая плотность цист в этом водоеме увеличилась до $79,34 \pm 24,67$ тыс. экз./м³. В оз. Малое Яровое основной пик численности цист наблюдался в 2022 г. ($563,46 \pm 205,40$ тыс. экз./м³), что в 2 раза превышает многолетние значения ($260,71 \pm 113,35$ тыс. экз./м³).

Таблица 3

Численные показатели популяций цист артемии в гипергалинных озерах Алтайского края
Numerical indicators of *Artemia* cyst populations in hypersaline lakes (Altai Krai)

Озеро	Среднегодовая численность цист, тыс. экз./м ³		
	2000–2019 гг.	2020 г.	2022 г.
Кулундинское	305,13±65,10	366,56±35,82	128,35±18,33
Кучукское	141,88±57,41	1 683,56±1 079,72	658,16±169,83
Большое Яровое	155,64±43,67	4,97±1,22	79,34±24,67
Малое Яровое	260,71±113,35	216,72±55,08	563,46±205,40

Таким образом, среднегодовые значения общей численности жаброногих рачков, половозрелых самок и их цист лежат в основе определения запасов артемии на стадии цист [16–18]. Общий запас цист в гипергалинных озерах Алтайского края оценивается на уровне

6–7 тыс. т. Рекомендованный объем вылова за период 2000–2018 гг. находился в пределах от 1 024 т (2011 г.) до 1 842 т (2006 г.). Динамика освоения рекомендованного объема вылова в 2000–2018 гг. представлена на рис. 3.

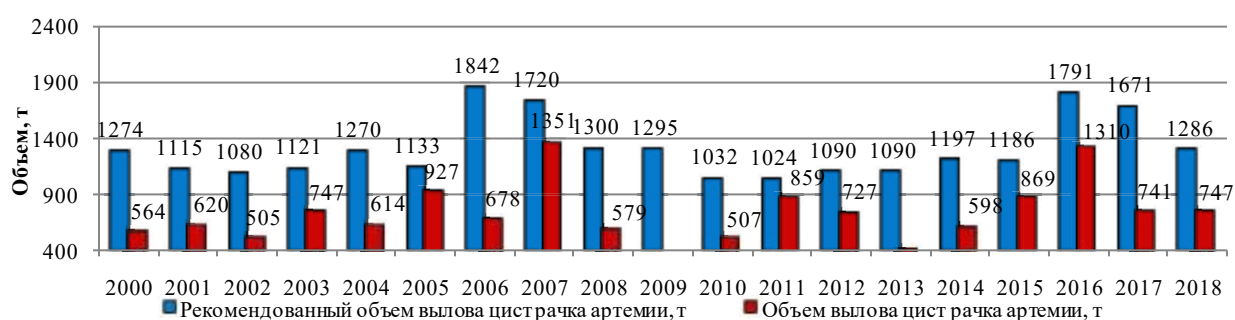


Рис. 3. Динамика освоения рекомендованного объема вылова артемии на стадии цист в гипергалинных озерах Алтайского края в 2000–2018 гг.

Dynamics of the development of the recommended volume of catch of artemia at the cyst stage in hypersaline lakes, 2000–2018 (Altai Krai)

Освоение ресурса пользователями рыболовных участков колебался в пределах от 44 % (2000 г.) до 84 % (2011 г.). Анализ многолетних данных об объемах заготовки и освоения ар-

темии на стадии цист позволил выявить тренд фактической добычи биоресурса, согласно которому к 2030 г. объем заготовки может достичь 1 300 т (рис. 4).

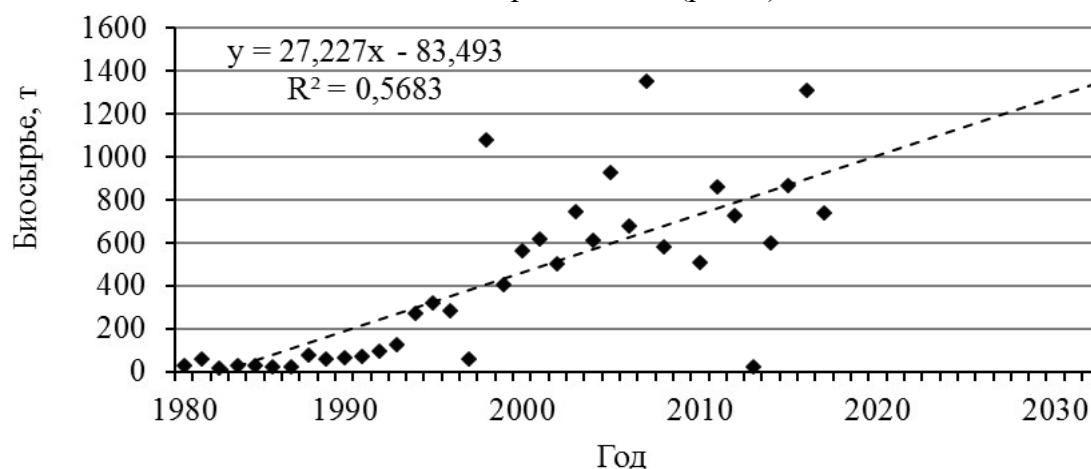


Рис. 4. Тренд фактической добычи (вылова) артемии на стадии цист в гипергалинных озерах Алтайского края
Trend of actual production (catch) of artemia at the cyst stage in hypersaline lakes (Altai Krai)

Собранное биосырье цист из разных озер может иметь различные загрязняющие примеси, влияющие на эффективность коммерческого производства [19, 20]. Основными загрязнителями могут быть хитиновые экзuvia галофильной мухи-береговушки (*Ephydra*), остатки водорослей, фрагменты рачка артемии и различных насекомых, прочие загрязнители. Процент собранного чистого биосырья в исследуемых озерах колеблется от 69 % (Большое Яровое) до 8 % (Кулундинское) (рис. 5). В дальнейшем биосырье проходит очистку для получения более высокого процента вылупления цист [21].

Эффективность вылупления (количество науплиев, полученных на грамм сухих цист) является важным параметром при оценке качества цист при их сбыте [22]. Однако состав биосырья характеризуется наличием декапсулированных цист, летних тонкоскорлуповых яиц. Последние могут понижать качество сырья, так как при технической очистке их тонкоскорлуповая оболочка разрушается. Таким образом, при исследовании запасов артемии важно определять не только численные показатели разновозрастных стадий развития и цист, но и производственные характеристики (см. рис. 5).

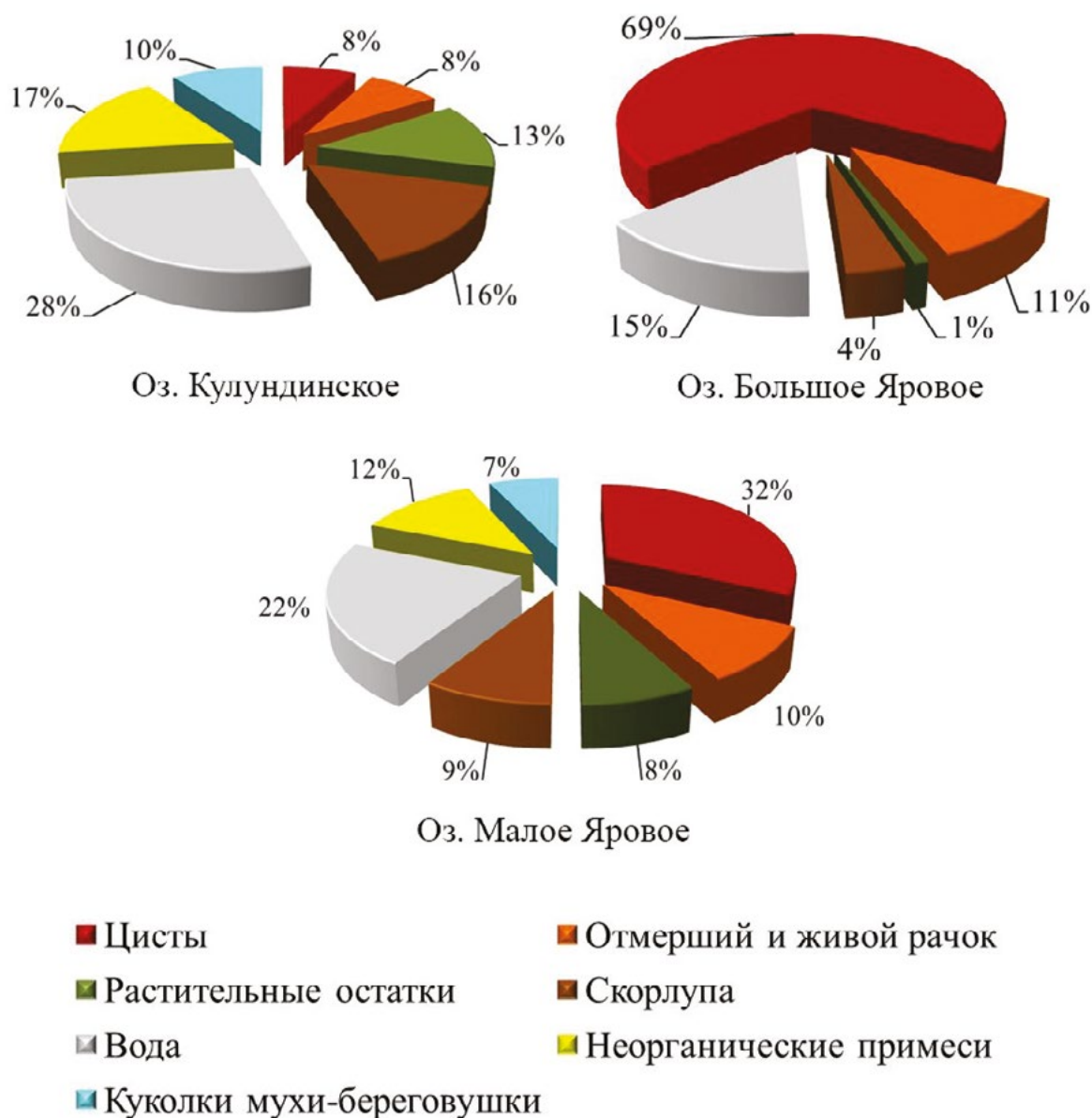


Рис. 5. Результаты оценки качества добываемого сырья артемии на стадии цист гипергалинных озер Алтайского края

Results of quality assessment of extracted *Artemia* raw material at the stage of cysts of hyperhaline lakes (Altai region)

ВЫВОДЫ

1. Выявлена статистически значимая положительная сильная корреляция плодовитости артемии с температурой воды.

2. Жаброногий рачок в исследуемых озерах образует в течение вегетационного периода три-четыре генерации. Число кладок за жизненный цикл составляет в среднем $3,7 \pm 1,4$. Рачки становятся половозрелыми в оз. Кулундинское при длине тела $9,81 \pm 0,07$

мм со средней плодовитостью самок $16,0-94,0$ экз., в оз. Кучукское – $9,13 \pm 0,12$ мм и $34,0-45,0$ экз., в оз. Большое Яровое – $8,71 \pm 0,16$ мм и $26,6-134,4$ экз., в оз. Малое Яровое – $7,43 \pm 0,09$ мм и $25,0-30,0$ экз. соответственно.

3. Многолетние показатели объемов заготовки и освоения артемии (на стадии цист) имеют устойчивый положительный тренд фактической добычи биоресурса, к 2030 г. она может вырасти до 1300 т.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Vesnina L., Bezmaternykh D. Long-term and seasonal dynamics of zooplankton in hyperhaline lake Kulundinskoye (Kulunda Steppe, Russia) // Acta Biologica Sibirica. – 2023. – Vol. 9. – P. 387–396. – DOI: 10.5281/zenodo.7927562.
2. Киселев И.А. Методы исследования планктона // Жизнь пресных вод СССР. – Т. IV, ч. 1. – М.; Л., 1956. – С. 183–265.
3. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах: Зоопланктон и его продукция / под ред. А.А. Салазкина, М.Б. Ивановой, В.А. Огородниковой. – Л.: ГосНИОРХ, 1984. – 33 с.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие для биол. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
5. Плохинский А.Н. Биометрия. – Новосибирск: СО АН СССР, 1961. – 364 с.
6. Многолетний мониторинг гипергалинных водоемов юга Западной Сибири / Л.В. Веснина, Т.О. Ронжина, Г.В. Лукерина, Д.А. Сурков // XII съезд гидробиологического общества при РАН: тезисы докладов, г. Петрозаводск, 16–20 сентября 2019 г. / отв. ред. Н.В. Ильмаст. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2019. – С. 82–84.
7. Опресняющий фактор и запасы цист артемии в многоводный период в озере Кулундинское Алтайского края / Л.В. Веснина, Г.В. Лукерина, Д.А. Сурков, О.Я. Горбачевская, Г.Д. Толкушкина // Современное состояние водных биоресурсов: мат-лы 5-й междунар. конф., г. Новосибирск, 27–29 ноября 2019 г. – Новосибирск, 2019. – С. 185–190.
8. Веснина Л.В. Состояние популяции артемии в депрессивный период в озере Большое Яровое Алтайского края // Инновации и продовольственная безопасность. – 2019. – № 2 (24). – С. 102–111.
9. Веснина Л.В., Веснин Ю.А. Современное состояние зоопланктона озера Кулундинское Алтайского края в период фазы трансгрессии // Инновации и продовольственная безопасность. – 2022. – № 3 (37). – С. 20–35.
10. Роль солоноватоводной фауны и состояние биоресурса экосистемы гипергалинного озера Кулундинское в фазе трансгрессии (Алтайский край) / Л.В. Веснина, Ю.А. Веснин, Н.С. Романова, И.В. Морузи // Рыбное хозяйство. – 2023. – № 2. – С. 65–72.
11. Seasonal and interannual dynamics of Artemia crustacean population from hypersaline Lake Kuchuk-skoye (Western Siberia) / L. Vesnina, D. Bezmaternykh, Y. Vesnin [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2022. – Vol. 363. – P. 03049. – DOI: 10.1051/e3sconf/202236303049.
12. Веснина Л.В. Биоресурсный потенциал цист артемии озер Алтайского края и факторы его формирования // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2019. – № 3 (158). – С. 18–30.
13. Dey P., Bradley T.M., Boymelgreen A. The impact of selected abiotic factors on Artemia hatching process through real-time observation of oxygen changes in a microfluidic platform // Scientific reports. – 2023. – Vol. 12. – P. 63–70. – DOI: 10.1038/s41598-023-32873-1.
14. Review on integrated production of the brine shrimp Artemia in solar salt ponds / G. Van Stappen, L. Sui, V.N. Hoa [et al.] // Reviews in Aquaculture. – 2020. – Vol. 12 (2). – P. 1054–1071. – DOI:10.1111/raq.12371.
15. Pandey B.D. Effects of natural, artificial and ground saline waters on hatching of Artemia franciscana cysts // Journal of Aquatic Biology & Fisheries. – 2020. – Vol. 7. – P. 142–145.

16. Mura G. *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) from Lymington, England: frontal knob morphology by scanning electron microscopy // J. Crust. Biol. – 1990. – Vol. 10. – P. 364–368.
17. Mayer R.J. Morphology and biometry of three populations of *Artemia* (Branchiopoda: Anostraca) from the Dominican Republic and Puerto Rico // Hydrobiologia. – 2002. – Vol. 486. – P. 29–38.
18. Sellami I., Ben Naceur H., Kacem A. Study of Cysts Biometry and Hatching Percentage of the Brine Shrimp *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) from the Sebkh of Sidi El Hani (Tunisia) Accordin to Successive Generations // Aquaculture Studies. – 2020. – Vol. 21, N 1. – P. 41–46. – DOI: 10.4194/2618-6381-v21_1_05.
19. Продуктивность цист рачка *Artemia* Leach, 1819 в гипергалинных озерах Алтайского края / Л.В. Веснина, Р.А. Клепиков, Е.В. Пищенко, И.В. Моружи // Новосибирск: Золотой колос, 2021. – 147 с.
20. Rahman M.M., Van Hoa N., Sorgeloos P. Handbook for *Artemia* Pond Culture in Bangladesh. Bayan Lepas. – Malaysia: WorldFish (WF), 2022. – 72 p.
21. Biometrical study of *Artemia* cysts harvested from the Aral Sea in Uzbekistan / F.J. Utemuratova, S.I. Kim, B.G. Kamilov [et al.] // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2022 – P. 1–7. – DOI: 10.1088/1755-1315/1068/1/01/2030.
22. Cyst size variability in invasive American *Artemia franciscana* Kellogg, 1906 (Branchiopoda, Anostraca) in Asia: a commercial approach / X.-F. Wu, C.-Y. Shen, C.-Z. Fu [et al.] // Crustaceana. – 2022. – Vol. 95 (5–6). – P. 573–584. – DOI: 10.1163/15685403-bja10206.

REFERENCES

1. Vesnina L., Bezmaternykh D., Long-term and seasonal dynamics of zooplankton in hypergaline lake Kurlundinskoye (Kulunda Steppe, Russia), *Acta Biologica Sibirica*, 2023, Vol. 9, P. 387–396, DOI:10.5281/zenodo.7927562.
2. Kiselev I.A., *Zhizn' presnykh vod SSSR* (Freshwater life), T. IV, p. 1, Moscow, 1956, pp. 183–265. (In Russ.)
3. Salazkin A.A., Ivanova M.B., Ogorodnikova V.A., *Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoemakh: Zooplankton i ego produktsiya* (Guidelines for collecting and processing materials during hydrobiological studies in freshwater bodies: Zooplankton and its products), Leningrad, GosNIORKh, 1984, 33 p.
4. Lakin G.F., *Biometriy* (Biometrics), Moscow, Vysshaya shkola, 1990, 352 p.
5. Plokhinskii A.N., *Bshometriya* (Biometrics), Novosibirsk, SO AN SSSR, 1961, p. 364.
6. Vesnina L.V., Ronzhina T.O., Lukerina G.V., Surkov D.A., *XII S'ezd gidrobiologicheskogo obshchestva pri RAN* (XII Congress of the Hydrobiological Society of the Russian Academy of Sciences), Abstracts of Papers, September 16–20, Petrozavodsk, 2019, pp. 82–84. (In Russ.)
7. Vesnina L.V., Lukerina G.V. Surkov D.A., Gorbachevskaya O.Ya., Tolkushkina G.D., *Sovremennoe sostoyanie vodnykh bioresursov* (Current state of aquatic biological resources), Proceedings of the 5th international Conference, Novosibirsk, NGAU, 2019, pp. 185–190. (In Russ.)
8. Vesnina L.V., *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2019, No. 2 (24), pp. 102–111. (In Russ.)
9. Vesnina L.V., Vesnin Yu.A., *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2022, No. 3 (37), pp. 20–35. (In Russ.)
10. Vesnina L.V., Vesnin Yu.A., Romanova N.S., Moruzi I.V., *Rybnoe khozyaistvo*, 2023, No. 2, pp. 65–72. (In Russ.)
11. Vesnina L., Bezmaternykh D., Vesnin Y., Moruzi I., Pishchenko E., Seasonal and interannual dynamics of *Artemia* crustacean population from hypersaline Lake Kuchukskoye (Western Siberia), *E3S Web of Conferences*, 2022, Vol. 363, pp. 03049, DOI:10.1051/e3sconf/202236303049.
12. Vesnina L.V., *Rybovodstvo i rybnoe khozyaistvo*, Moscow: izdatel'skii dom Prosveshchenie, 2019, No. 3 (158), pp. 18–30. (In Russ.)
13. Dey P., Bradley T.M., Boymelgreen A., The impact of selected abiotic factors on *Artemia* hatching process through real-time observation of oxygen changes in a microfluidic platform, *Scientific reports*, 2023, Vol. 12, pp. 6370, DOI: 10.1038/s41598-023-32873-1.
14. Van Stappen, G., Sui L., Hoa V.N., Tamtin M., Nyonje B., Rocha R.M., Sorgeloos P., Gajardo G., Review on integrated production of the brine shrimp *Artemia* in solar salt ponds, *Reviews in Aquaculture*, 2020, No. 12 (2), pp. 1054–1071, DOI:10.1111/raq.12371.

15. Pandey B.D., Effects of natural, artificial and ground saline waters on hatching of *Artemia franciscana* cysts, *Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 2020, Vol. 7, pp. 142–145.
16. Mura G., *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) from Lymington, England: frontal knob morphology by scanning electron microscopy, *J. Crust. Biol.*, 1990, Vol. 10, pp. 364–368.
17. Mayer R.J., Morphology and biometry of three populations of *Artemia* (Branchiopoda: Anostraca) from the Dominican Republic and Puerto Rico, *Hydrobiologia*, 2002, Vol. 486, pp. 29–38.
18. Sellami I., Ben Naceur H., Kacem A., Study of Cysts Biometry and Hatching Percentage of the Brine Shrimp *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) from the Sebkha of Sidi El Hani (Tunisia) According to Successive Generations, *Aquaculture Studies*, 2020, Vol. 21, No. 1, pp. 41–46, DOI: 10.4194/2618-6381-v21_1_05.
19. Vesnina L.V., Klepikov R.A., Pishchenko E.V., Moruzi I.V., *Produktivnost' tsist rachka Artemia Leach, 1819 v gipergalinnyz ozerakh Altaiskogo kraya* (Productivity of cysts of the crustacean *Artemia* Leach, 1819 in hypersaline lakes of the Altai Territory), Novosibirsk: Zolotoi Kolos, 2021, 147 p.
20. Rahman M.M., Van Hoa N., Sorgeloos P., *Handbook for Artemia Pond Culture in Bangladesh*, Bayan Lepas, Malaysia: WorldFish (WF), 2022, 72 p.
21. Utemuratova F.J., Kim S.I., Kamilov B.G., Yaldashov M.A., Mustafaeva Z.A., Biometrical study of *Artemia* cysts harvested from the Aral Sea in Uzbekistan, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2022, pp. 1–7, DOI:10.1088/1755-1315/1068/1/01/2030.
22. Wu X.-F., Shen C.-Y., Fu C.-Z., Yang N., Wang P.-Z., Eimanifar A., Asem A., Cyst size variability in invasive American *Artemia franciscana* Kellogg, 1906 (Branchiopoda, Anostraca) in Asia: a commercial approach, *Crustaceana*, 2022, Vol. 95 (5–6), pp. 573–584, DOI:10.1163/15685403-bja10206.