

УДК 574.52

DOI:10.31677/2072-6724-2020-30-4-87-100

## УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ АРТЕМИИ И ИХ ПРОДУКЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ В РАЗНОТИПНЫХ ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕРАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

**Л. В. Веснина**, доктор биологических наук, профессор

*Институт водных и экологических проблем СО РАН*

E-mail: artemia.vesnina@mail.ru

**Ключевые слова:** артемия, гипергалинный водоем, плодовитость, живорождение, цистоношение, количество пометов (кладок), продукционные показатели.

*Реферат. Проанализированы многолетние данные (2002–2019 гг.) по условиям формирования популяций артемии в разнотипных гипергалинных озерах Алтайского края. Рассчитаны границы индивидуальной плодовитости и средняя плодовитость, показано влияние абиотических факторов на качественное содержимое овисака. Исследованы особенности их изменения при разном уровне солености воды в течение вегетационного периода. Рассчитано среднее для алтайских популяций количество пометов (кладок), проанализировано влияние факторов окружающей среды на данный показатель.*

## CONDITIONS FOR THE FORMATION OF THE ARTEMIA CRUSTACEAN POPULATION AND THEIR PRODUCTION INDICATORS IN DIFFERENT TYPES OF HYPERHALINE LAKES OF THE ALTAI TERRITORY

**L. V. Vesnina**, Doctor of Biological Sciences, Professor

*Institute of water and environmental problems of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences*

**Key words:** brine shrimp, hyperhaline reservoir, fertility, live birth, cyst bearing, number of litters (clutches), production indicators.

*Abstract. Long-term data (2002–2019) on the conditions of the formation of Artemia populations in different types of hyperhaline lakes of the Altai Territory are analyzed. The boundaries of individual fecundity and average fecundity were calculated, the influence of abiotic factors on the quality content of ovisak was shown. The peculiarities of their changes at different levels of water salinity during the growing season have been investigated. The average number of litters (clutches) for Altai populations was calculated, the influence of environmental factors on this indicator was analyzed.*

В последнее время многократно усилилось антропогенное воздействие на гипергалинные водоемы в связи с использованием цист артемии в качестве стартового корма для личинок ценных видов рыб и ракообразных и увеличением спроса на биосырье. Корма из цист артемии используют при культивировании 85,0% морских организмов. Всеобщий интерес к артемии как к ценному пищевому объекту, используемому в различных отраслях животноводства, обусловил необходимость разработки охранных мероприятий с целью рационального использования этого биоресурса.

Заготовка цист артемии началась в 50-е гг. XX в. в США на предприятиях по производству соли в Сан-Франциско и на Большом Соленом озере в штате Юта. В то время цисты артемии пользовались спросом только у аквариумистов и имели низкую стоимость. Цена их значительно возросла в середине 80-х гг. XX в. с увеличением спроса в результате появления многочисленных предприятий по выращиванию рыбы и ракообразных и снижения запасов цист в Большом Соленом озере. Всеобщий спрос на данный ресурс стал причиной многочисленных исследований по всему миру [1].

В настоящее время повышенный спрос на яйцо артемии и климатические изменения, а также усиливающееся антропогенное воздействие вызвали необходимость изучения условий формирования популяций артемии в различных водоемах.

Известно, что численность беспозвоночных регулируется как абиотическими, так и биотическими факторами среды, которые определяют динамику уровня воспроизводства биоресурса. Численность артемии находится в зависимости от ряда основных гидрологических и гидрохимических характеристик воды [2].

Одним из таких факторов является общая минерализация воды, которая приобретает еще большее значение для обитателей галинных и гипергалинных водоемов. Способность гидробионтов выдерживать значительные колебания солености зависит от видовой принадлежности и ряда различных факторов [3].

Основной причиной соленакопления в почвах, грунтовых водах в степях континентальной зоны становятся соли, которые образуются в процессе выветривания и почвообразования, перераспределяются поверхностным и грунтовым стоками, сносятся в озера и накапливаются в них. По общепризнанному мнению, описанные процессы являются причиной происхождения соляных озер юга Западной Сибири [4–6]. По сути, соли в озерах Обь-Иртышского междуречья являются наследством обширного послеледникового бассейна, сохранившегося в глинах до настоящего времени. Соленакопление в почвах и подземных водах зависит от подстилающих горных пород, от интенсивности испарения, скорости движения и глубины залегания грунтовых вод.

При изменении климата и гидрологических условий заметно меняется и режим соленых озер. Изменения могут проходить в двух направлениях: опреснение озера с постепенным растворением или захоронением донных химических осадков; усыхание озера с постепенной деградацией донных химических осадков и иловых отложений.

В гипергалинных водоемах юга Западной Сибири сумма солей колеблется в широких пределах (от 60,0 до 320,0 г/л). В весенний период наблюдается понижение минерализации за счет талых вод. В летние месяцы, благодаря повышенной инсоляции и преобладанию процесса испарения, уровень воды в большинстве озер снижается, что приводит к повышению концентрации солей рапы. Таким образом, артемиевые водоемы Алтайского края по Венецианской классификации относятся к гипергалинным, по остальным – к рассолам и крепким рассолам.

Уровенный режим большинства гипергалинных озер непостоянен, подвержен значительным колебаниям, вплоть до полного высыхания мелких водоемов и заметного сокращения площадей и глубин больших. При снижении водности территории и вступлении водоемов в стадию регрессии олигогалинные озера становятся мезогалинными, которые, в свою очередь,

переходят в группу гипергалинных вплоть до минерализованных (самосадочных). Поэтому линейные размеры озер, очертания береговой линии, соленость рапы находятся в интегральной зависимости от условий водности.

Популяции артемии, живущие в специфических для них биотопах, имеют разные пределы толерантности к абиотическим условиям [7]. В условиях перезаготовки цист и резкого колебания факторов среды возможен подрыв сырьевой базы ресурса на ряд лет. Поэтому при их добыче необходимо сохранить естественное воспроизводство артемии, обеспечивающее стабильные объемы заготовки диапаузирующих яиц. Для этого ежегодно проводятся комплексные исследования состояния популяции артемии и факторов, обуславливающих количественные характеристики ракообразных.

Цель исследования – изучение влияния абиотических (уровенного и температурного режимов, солености и др.) и биотических (численность и биомасса фитопланктона) факторов на численность и продукцию артемии в гипергалинных озерах Алтайского края.

Объектом исследования послужили пробы зоопланктона из озер Кулундинское (53°10'N-79°30'E), Малое Яровое (53°04'N-79°10'E), Большое Яровое (52°50'N-79°4'E), Кучукское (52°42'N-79°46'E). Отбор проб проводили в 2017–2019 гг. по стандартным методикам [3, 8–12] с литоральных и глубоководных станций с помощью планктонной сети Апштейна (размер ячеи 64 мкм) в период с апреля по октябрь. Обработку проб проводили по общепринятой методике [13] в камере Богорова под бинокуляр МБС-10, оборудованным окуляр-микрометром. В составе популяции артемии выделяли следующие группы: ортонауплии, метанауплии, ювенильные (1,0–5,0 мм), предвзрослые (5,1–10,0 мм), половозрелые самки (отмечалось содержание овисака) и самцы. Различали также летние тонкоскорлуповые яйца и диапаузирующие (цисты). В характеристике структуры популяции артемии отмечалась численность всех возрастных групп: науплиальные и ювенильные стадии, предвзрослые особи, самки с яйцами, самки без яиц, самцы, цисты, летние яйца. Для характеристики плодовитости рачков ежемесячно отбирали 25–30 экземпляров живых овулятивных самок. Под бинокуляр МБС-10 с окуляр-микрометром измеряли длину тела, просчитывали количество эмбрионов (науплий, летних яиц, цист).

Фитопланктон озер исследовали ежемесячно в период открытой воды с апреля по октябрь. Отбор проб производили зачерпыванием воды с поверхности. Фиксацию и обработку их объемом 1,0–2,0 л проводили по стандартной методике [14].

Для характеристики условий формирования биоты учитывали уровенный и температурный режимы, общий солевой состав рапы.

Статистическую обработку материала проводили с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel и STATISTICA. Вычисляли максимальное и минимальное значения ( $x_{\max}$ ,  $x_{\min}$ ), среднеарифметическое значение ( $\bar{x}$ ), стандартную ошибку ( $S\bar{x}$ ), стандартное отклонение ( $\sigma$ ), коэффициент вариации ( $Cv$ ), коэффициент корреляции ( $r$ ) при 5- и 1 %-м уровнях значимости ( $P < 0,05$ ,  $P < 0,01$ ). Разницу средних величин оценивали по критерию Стьюдента при 5 %-м уровне значимости. Для оценки влияния глубины на распределение цист использовали однофакторный дисперсионный анализ [6, 15–17].

Многолетние исследования гипергалинных озер показали взаимозависимость уровенного режима и биоты (рис. 1, 2).

Для соленых озер существуют свои особенности гидротермического режима. Прежде всего, в минерализованных озерах заметно ниже испаряемость, значения которой снижаются при увеличении минерализации. Ориентировочно можно принять испаряемость с рапных озер на уровне 69,0% ее значения в пресноводных водоемах. Температурный режим поверхностных слоев рапы выше, чем водной массы пресных озер, так как удельная теплоемкость ультрагалинных озер на 25,0% меньше, чем пресной воды. Даты перехода температуры воды через



Рис. 1. Изменение уровня режима гипергалинных озер

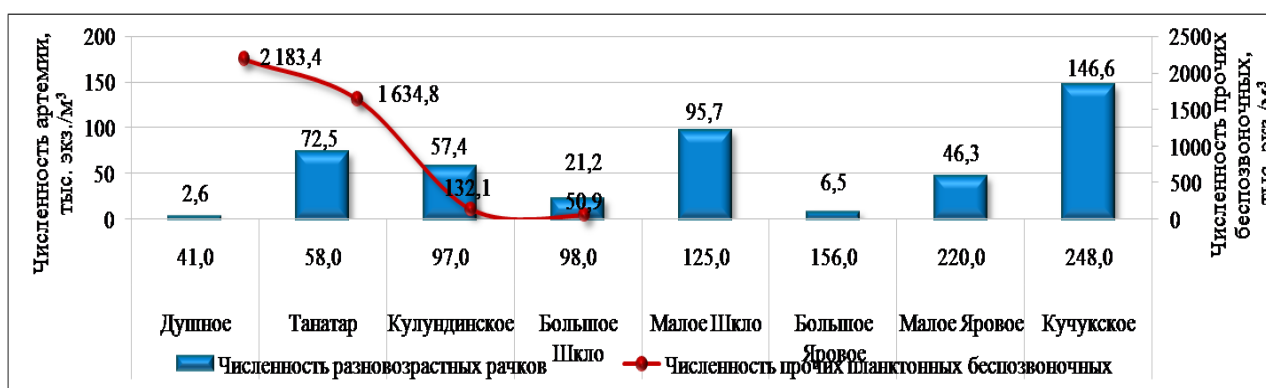


Рис. 2. Изменения численности зоопланктона в соленых озерах Алтайского края при разной минерализации

важную критическую для гидробионтов точку  $4,0^{\circ}\text{C}$  в гипергалинных озерах весной наблюдаются раньше, а осенью позже [18]. Можно выделить еще одну особенность температурного режима, связанную со средней глубиной гипергалинных водоемов Алтайского края. В силу мелководности в небольших водоемах не наблюдается температурной стратификации в течение одного сезона. Однако на территории Алтайского края в глубоководном озере Большое Яровое на глубине 8,00–9,0 м наблюдались отрицательные температуры даже в мае (рис. 3).

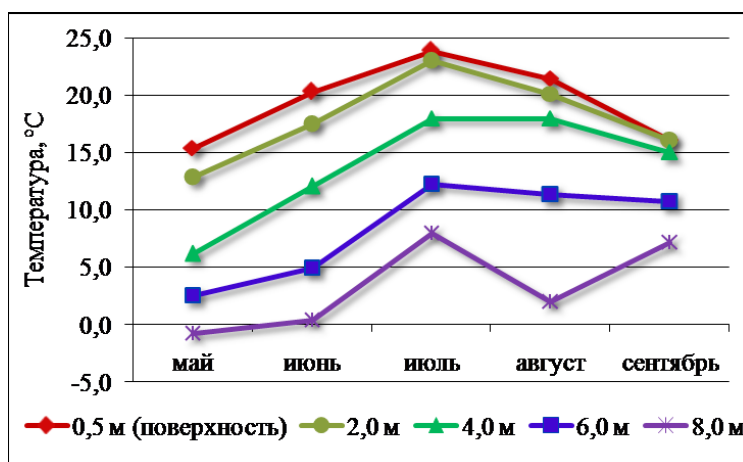


Рис. 3. Динамика температуры воды в оз. Большое Яровое водного столба 0,5 – 8,0 м, 2002–2018 гг.

По мере увеличения солености воды в видовом составе фитопланктона отмечается уменьшение общего количества видов и форм и увеличение доли галофилов [19]. Видовой состав фитопланктона озер, по многолетним наблюдениям, состоял из 32 видов, относящихся

к 5 отделам [20]. Доминирующими по числу видов, а также по численности и биомассе были представители цианобактерий и диатомовых водорослей (*Cladophora glomerata*, *Ankyra judai*, *Dunaliella salina*). Численность фитопланктона колебалась по месяцам, отмечалось неравномерное его распределение по акватории. Многолетние наблюдения выявили корреляционную зависимость численности фитопланктона, минерализации и температуры воды (рис. 4–6).

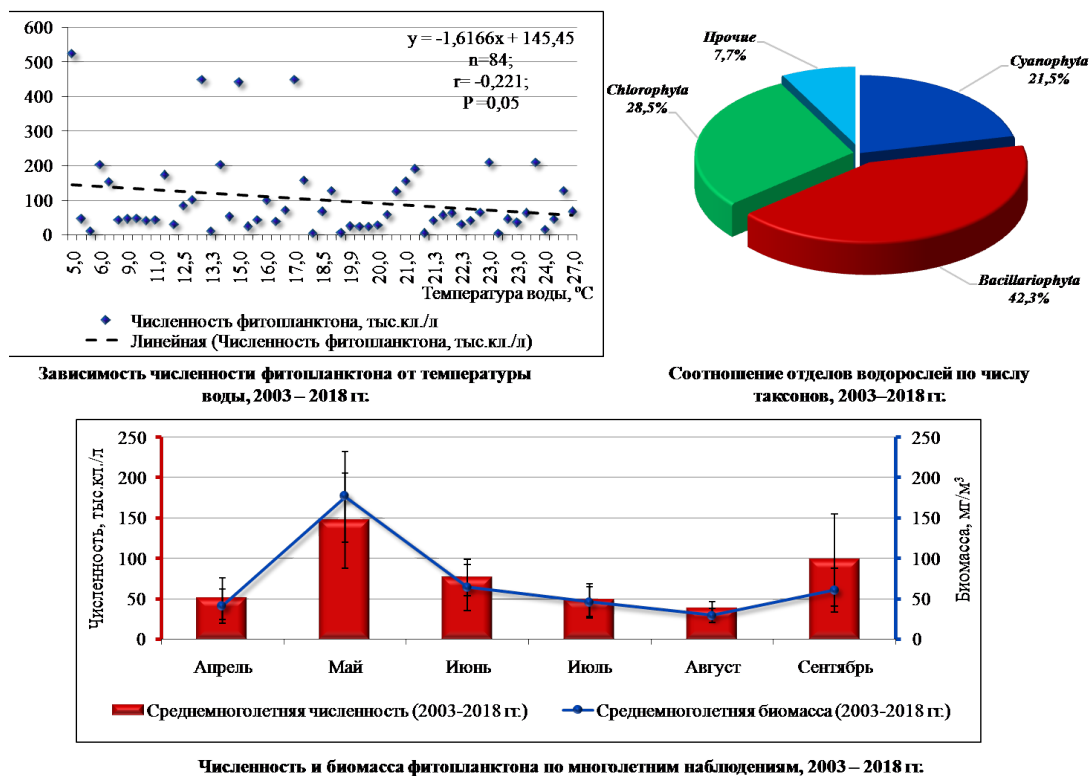


Рис. 4. Фитопланктон озера Большое Яровое

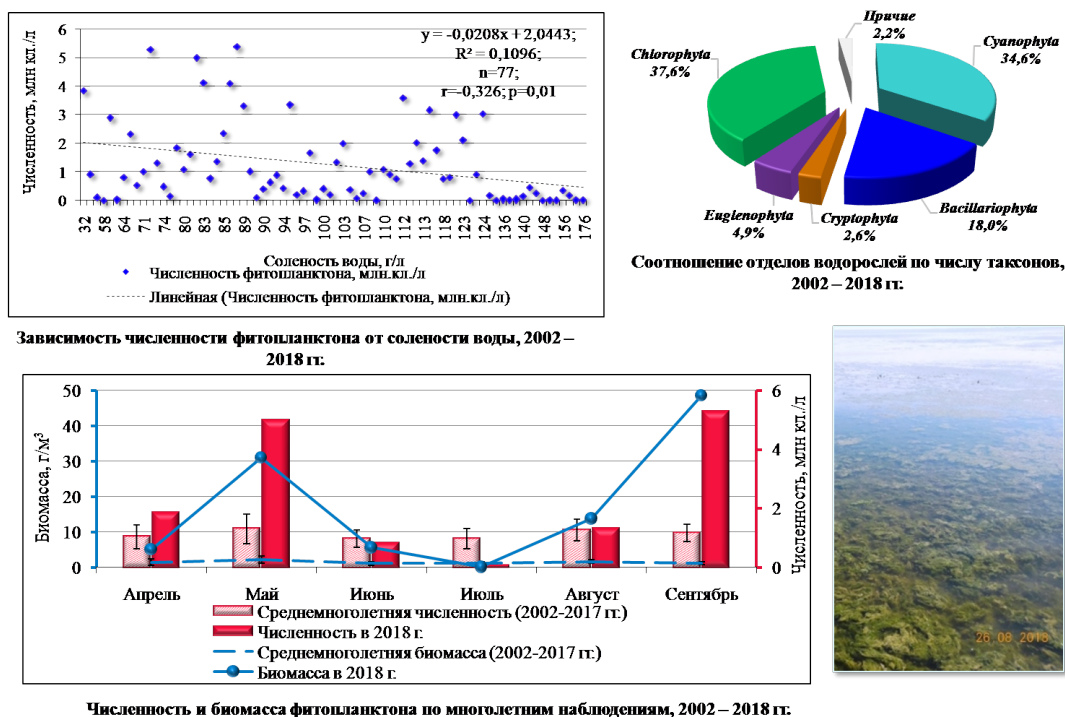
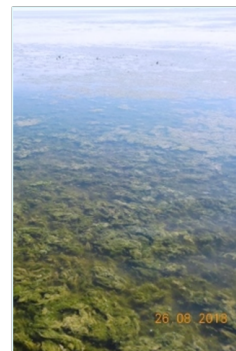
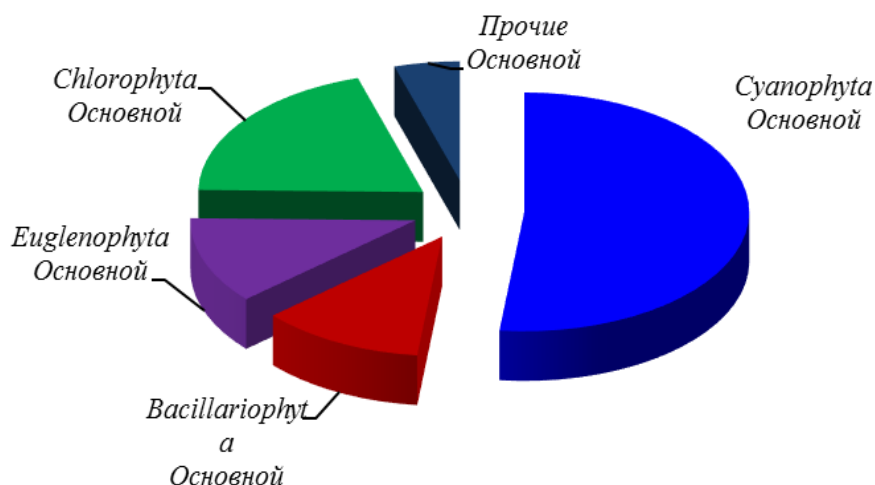


Рис. 5. Фитопланктон оз. Кулундинское







Соотношение отделов водорослей по числу таксонов, 2003–2018 гг.

Рис. 6. Фитопланктон оз. Кучукское

Галофильный рачок артемия развивается в большинстве малых озер в монокультуре из-за критической для большинства гидробионтов минерализации воды. Однако в отдельные годы в составе зоопланктона оз. Кулундинское отмечаются солоноватоводные виды, представители коловраток, веслоногих и ветвистоусых ракообразных. Из веслоногих ракообразных доминируют *Cletocamptus retrogressus* Shmankevich, 1875; из ветвистоусых – *Moina* sp. За период мониторинговых исследований в составе зоопланктона был отмечен комплекс солоноватоводных коловраток – *Euchlanis myersi* Kutikova, 1959, *Brachionus urceus* (Linnaeus, 1758), *B. Plicatilis* Müller, 1786, *B. Rotundiformis* Tschugunoff, 1921, *Keratella cruciformis* (Thompson, 1892), *Testudinella clypeata* (Müller, 1786) [2, 21, 22].

По многолетним наблюдениям рассчитана корреляционная матрица численности рачков разных стадий развития, численности цист, плодовитости и факторов среды водоема. Из абиотических факторов найдена зависимость, прежде всего, с минерализацией воды. Численность планктонных цист коррелирует с численностью половозрелых особей (табл. 1).

Таблица 1

Корреляционная матрица численности рачков, цист артемии и факторов среды в оз. Кулундинское, 2002–2018 гг.

Показатель	Численность					Плодовитость	Численность фитопланктона	Биомасса фитопланктона	Соленость воды	Температура воды
	ювенильных особей	предвзрослых особей	половозрелых самок	половозрелых самцов	цист					
Численность										
науплий (n=101)	0,139	-0,081	-0,094	-0,057	-0,023	-0,043	0,054	-0,008	-0,132	-0,154
ювенильных особей (n=100)	1	0,143	-0,083	-0,049	-0,037	-0,112	<b>0,221</b>	0,055	0,012	0,173
предвзрослых особей (n=100)		1	0,048	-0,008	-0,034	-0,119	-0,164	-0,113	<b>0,224</b>	<b>0,206</b>
половозрелых самок (n=99)			1	<b>0,445</b>	<b>0,462</b>	0,159	-0,168	-0,047	<b>0,293</b>	<b>0,253</b>
половозрелых самцов (n=99)				1	<b>0,379</b>	0,096	0,055	-0,044	0,056	0,164
цист (n=101)					1	0,135	-0,095	-0,058	0,013	0,125
Плодовитость (n=50)						1	-0,098	0,084	<b>0,383</b>	-0,162
Численность фитопланктона (n=77)							1	<b>0,648</b>	<b>-0,326</b>	-0,136
Биомасса фитопланктона (n=77)								1	-0,252	<b>-0,230</b>
Соленость воды (n=101)									1	-0,050

Примечание. **0,256** – P=0,01; **0,197** – P=0,05.

Популяция артемии в оз. Кулундинское относится к партеногенетическим, доля самцов незначительная (1–2% от общей численности) или они отсутствуют. Продукционные показатели самок на примере данных, полученных в 2017 г., не имеют значимых отличий от многолетних значений. По многолетним наблюдениям найдена положительная линейная зависимость плодовитости от минерализации воды. Кроме того, обнаружено, что доля самок с летними яйцами уменьшается с увеличением минерализации воды и понижением температуры воды; при уменьшении температуры воды увеличивается доля самок с цистоношением; количество кладок имеет положительную корреляцию с численностью фитопланктона (рис. 7).

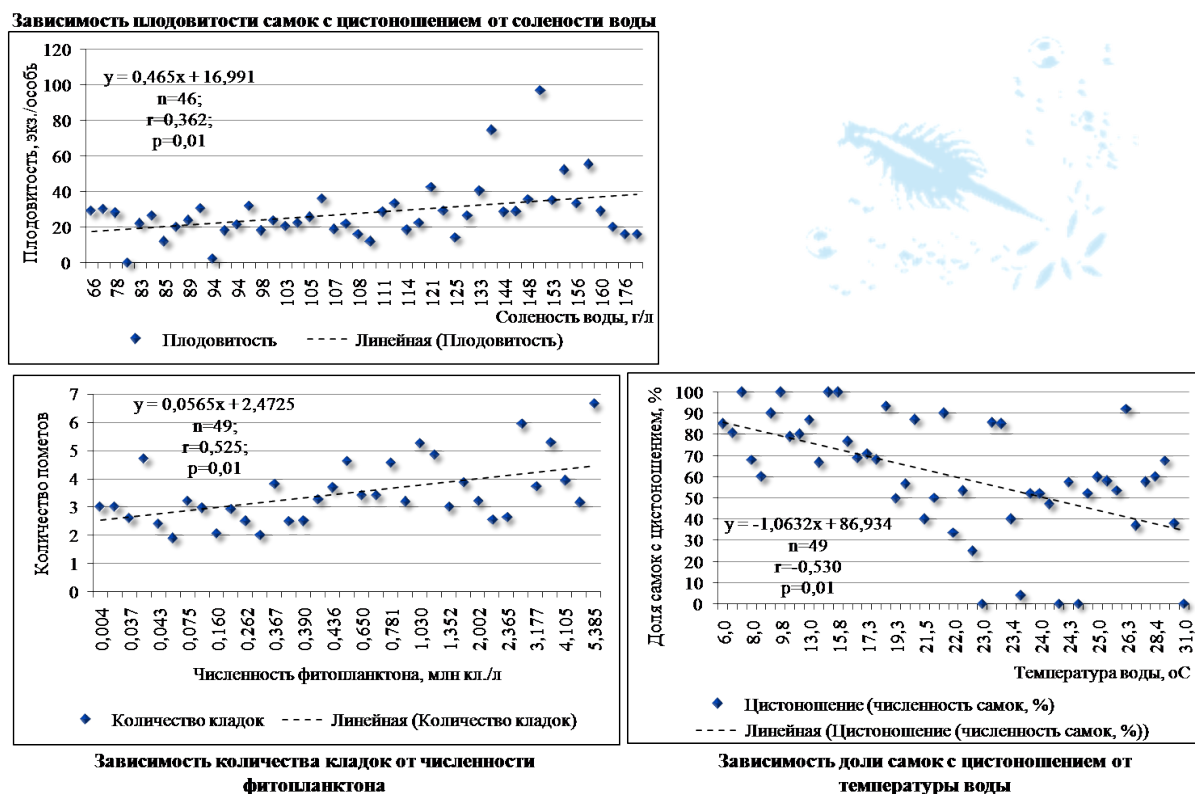


Рис. 7. Зависимость продукционных показателей популяции рачка артемии в оз. Кулундинское от факторов среды, 2002–2018 гг.

Границы жизнедеятельности артемии находятся в зависимости от абиотических факторов среды. Половозрелые особи выдерживают широкий диапазон колебаний температуры, т.е. обладают определенной эвритермностью. Однако для воспроизводства им необходим строго определенный температурный диапазон от 20 до 30 °C. Среди существующих популяций жаброногого рачка одни размножаются половым путем, другие – партеногенетически. Среди около 470 описанных популяций артемии 36,0% размножаются облигатным партеногенезом [23]. В водоемах юга Западной Сибири большинство популяций жаброногого рачка относятся к партеногенетической расе, исключения составляют сообщества в озерах Танатар, Соленое и Петуховское, в которых наблюдаются бисексуальные расы [1, 15]. Способ размножения оказывает разностороннее воздействие на количественные параметры жизненного цикла рачка, а также на соотношение полов и разных типов кладок [24]. Размножение может происходить путем живорождения и откладывания яиц. При этом выделяют два типа яиц: тонкоскорлуповые, или летние, и толстоскорлуповые диапаузирующие (цисты) [19, 20, 23, 25, 26]. Из тонкоскорлуповых выклев науплий происходит после их вымета. Толстоскорлуповые яйца (цисты)

содержат эмбрионы на стадии гастролы, покрытые толстой оболочкой и находящиеся в состоянии диапаузы [27].

В оз. Малое Яровое наибольшее число взаимосвязей найдено с численными показателями фитопланктона (табл. 2).

Таблица 2

Корреляционная матрица численности рачков, цист артемии и факторов среды в оз. Малое Яровое, 2006 – 2018 гг.

Показатель	Численность					Биомасса фитопланктона	Минерализация воды	Температура воды (n=75)
	ювенильных особей	предвзрослых особей	половозрелых самок	цист	фитопланктона			
Численность науплий (n=75)	<b>0,321</b>	0,082	-0,026	0,223	-0,120	-0,121	-0,092	0,045
ювенильных особей (n=66)	1,00	<b>0,392</b>	0,063	0,017	-0,109	-0,109	0,012	<b>0,272</b>
предвзрослых особей (n=61)		1,00	<b>0,510</b>	0,084			-0,131	0,180
половозрелых самок (n=57)			1,00	0,104	<b>0,811</b>	<b>0,811</b>	-0,072	-0,062
цист (n=75)				1,00	<b>0,758</b>	<b>0,760</b>	-0,182	
фитопланктона (n=18)					1,00	<b>1,00</b>	0,084	0,098
Биомасса фитопланктона (n=18)						1,00	0,044	0,100
Минерализация воды (n=75)							1,00	0,082

Примечание. **0,333** – P=0,01; **0,253** – P=0,05.

Популяция в оз. Большое Яровое, по многолетним наблюдениям, относится к партеногенетическим, однако в июне 2017 г. доля самцов превышала 10%, поэтому первую генерацию можно отнести к бисексуальным. Также в популяции отмечались самки с живорождением, летними яйцами и цистоношением. По многолетним наблюдениям, размножение цистами отмечается с июня с постепенным увеличением доли от общей численности к осеннему периоду до 100%. Цистоношение отмечалось в популяции с августа с незначительной их долей, что привело к отсутствию промысловых скоплений цист. По многолетним данным, существует отрицательная корреляция между плодовитостью и минерализацией воды (табл. 3, рис. 8).

Таблица 3

Корреляционная матрица численности разных стадий развития рачка артемии, ее цист и факторов среды в оз. Большое Яровое, 2000–2018 гг.

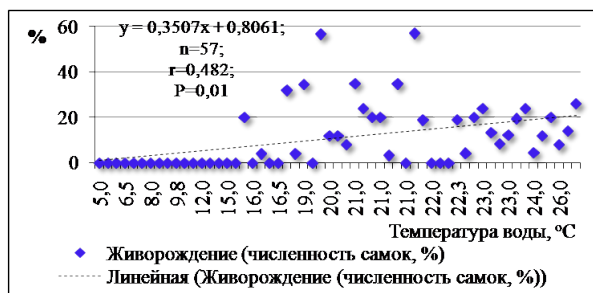
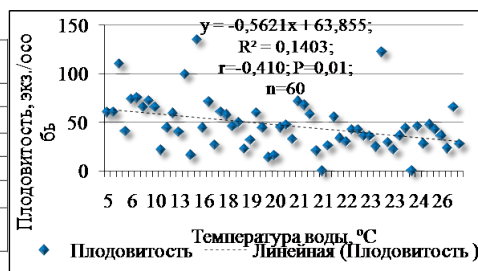
Показатель	Численность						Соленость воды	Температура воды	Численность фитопланктона	Биомасса фитопланктона	Плодовитость
	ювенильных особей	предвзрослых особей	половозрелых самок	половозрелых самцов	цист	летних яиц					
Численность науплиальных особей (n=92)	0,055	<b>0,301</b>	<b>0,747</b>	<b>0,305</b>	0,190	<b>0,648</b>	-0,060	<b>0,238</b>	-0,140	0,018	0,033
ювенильных особей (n=92)	1	-0,050	-0,038	0,162	-0,066	0,039	0,094	0,071	-0,113	-0,104	-0,028
предвзрослых особей (n=80)		1	<b>0,660</b>	<b>0,386</b>	0,046	<b>0,692</b>	-0,009	0,146	-0,050	0,203	-0,147
половозрелых самок (n=71)			1	<b>0,419</b>	<b>0,255</b>	<b>0,807</b>	0,017	<b>0,220</b>	-0,162	0,228	-0,147
половозрелых самцов (n=71)				1	<b>0,424</b>	<b>0,532</b>	<b>0,301</b>	0,222	-0,147	0,041	-0,059
цист (n=92)					1	0,249	<b>0,472</b>	0,051	-0,240	-0,135	-0,029
летних яиц (n=57)						1	0,174	0,195	-0,124	0,229	-0,200
Соленость воды (n=92)							1	-0,042	-0,258	0,063	-0,160
Температура воды (n=92)								1	-0,190	-0,178	<b>-0,387</b>
Численность фитопланктона (n=55)									1	0,005	-0,094
Биомасса фитопланктона (n=55)										1	<b>0,292</b>

Примечание. **0,286** – P=0,01; **0,220** – P=0,05.

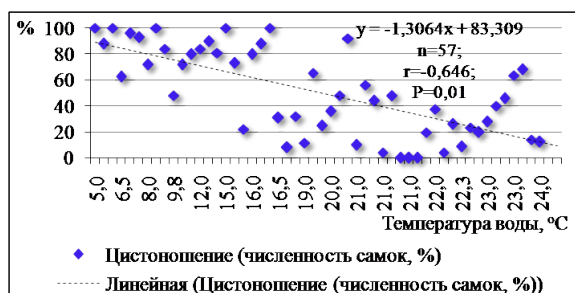


	Живорождение	Летние яйца	Цистоношение	Соленость воды	Температура воды	Численность фитопланктона
Кол-во кладок	-0,146	0,090		0,179	-0,106	-0,216
Живорождение	1	0,219	<b>-0,607</b>	-0,192	<b>0,482</b>	-0,116
Летние яйца		1	<b>-0,908</b>	-0,206	<b>0,538</b>	-0,243
Цистоношение			1	0,257	<b>-0,646</b>	0,246
Соленость воды				1	-0,208	0,078
Температура воды					1	-0,265

Примечание: **0,350** –  $P=0,01$



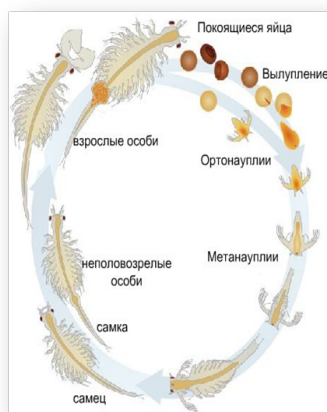
Зависимость доли самок с живорождением от температуры воды, %



Зависимость доли самок с цистоношением от температуры воды, %

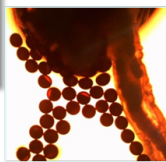
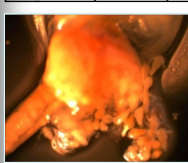
Рис. 8. Корреляционная матрица продукционных показателей и факторов среды в оз. Большое Яровое, 2002–2018 гг. (n=57)

Расчетное количество пометов у самок артемии в зависимости от солености воды разнотипных гипергалинных озер колеблется от 3 до 5 (рис. 9). Соотношение качественного содержимого овисака в оз. Кулундинское находится в диапазоне 35,4–88,8, в оз. Большое Яровое – 14,5–96,2%. Величина средней плодовитости, зависящая от солености воды, меняется от 15 до 140 экз/особь.

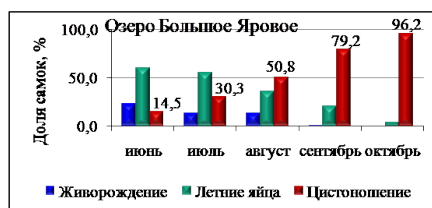
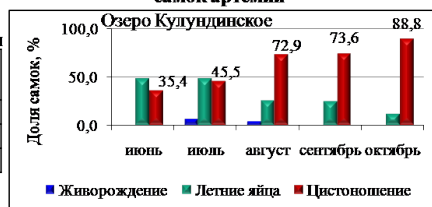


Расчетное количество пометов у самок артемии в зависимости от солености воды

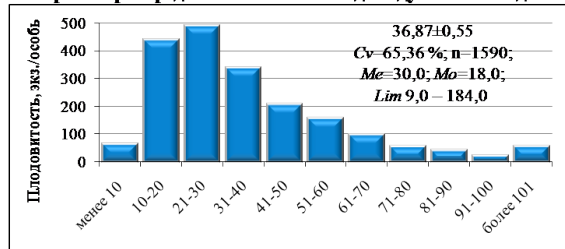
Соленость, г/л		Количество пометов
30-70	210-240	5
90-195	230-250	4
60-90	230-260	3



Соотношение качественного содержимого овисаков самок артемии



Гистограмма распределения самок по индивидуальной плодовитости



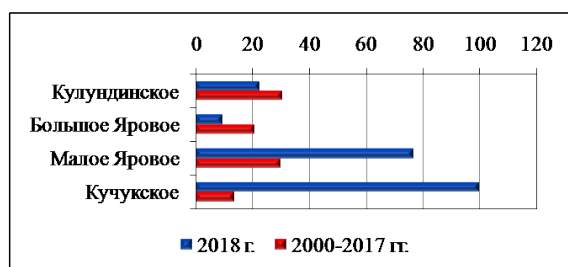
Величина средней плодовитости самок артемии в зависимости от солености воды

Соленость, г/л		Плодовитость, экз./особь
30	340	15-17
60-120	140-195	18-25
100	120-180	27-45
70	140-170	50-60
100	190	70-80
150-160	250	90-140

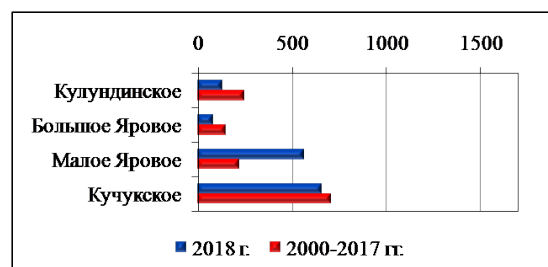
Рис. 9. Продукционные показатели популяций артемии из разнотипных гипергалинных водоемов Алтайского края, 2000 – 2019 гг.

Численные показатели популяций артемии в основных гипергалинных озерах Алтайского края показывают, что в озерах Кулундинское и Малое Яровое популяции развивались на уровне среднемноголетнего значения в пределах статистической ошибки, за исключением численности половозрелых самок в оз. Кулундинское. Это может быть связано с несовпадением сроков наблюдения с периодом максимального развития их генерации (рис. 10). В оз. Кучукское численные показатели популяции артемии в 2017 г. значительно превышали среднемноголетние значения, а в оз. Большое Яровое – наоборот. Показатели 2017 г. не превышали 15 % от среднемноголетнего значения.

Озеро	Среднегодовая численность рачков, тыс. экз./м <sup>3</sup>			Среднегодовая численность самок, тыс. экз./м <sup>3</sup>			Среднегодовая численность цист, тыс. экз./м <sup>3</sup>		
	2000-2016 гг.	2017 г.	2018 г.	2000-2016 гг.	2017 г.	2018 г.	2000-2016 гг.	2017 г.	2018 г.
Кулундинское	26,64±8,39	43,89±6,85	22,42±4,13	2,05±0,65	0,46±0,04	0,33±0,12	305,13±65,10	366,56±35,82	128,35±18,33
Кучукское	13,6±4,19	173,89±52,61	100,03±23,40	0,76±0,44	9,0±5,75	1,55±0,33	141,88±57,41	1683,56±1079,72	658,16±169,83
Большое Яровое	30,37±11,15	4,80±0,99	9,62±2,01	3,62±1,13	0,05±0,01	0,58±0,16	155,64±43,67	4,97±1,22	79,34±24,67
Малое Яровое	22,43±13,84	16,52±9,06	76,74±22,65	1,17±0,79	1,12±0,59	0,64±0,09	260,71±113,35	216,72±55,08	563,46±205,40



Среднегодовая численность рачков, тыс. экз./м<sup>3</sup>



Среднегодовая численность цист, тыс. экз./м<sup>3</sup>



Среднегодовая численность самок, тыс. экз./м<sup>3</sup>

Рис. 10. Численные показатели популяций рачка артемии в гипергалинных водоемах Алтайского края

В 2017 г. популяция артемии в оз. Кулундинское развивалась в условиях высокого уровня воды. Минерализация воды в летний и осенний период была ниже среднемноголетнего значения в среднем на 30 %. Температурные условия не препятствовали развитию и размножению артемии в озере. Количество градусодней с суммой активных температур воздуха выше 10 °С было ниже по сравнению с предыдущей пятилеткой, но не выходило за пределы, характерные для данной территории по многолетним наблюдениям. Сказался недостаток тепла в июле – августе и обильные осадки в летний период.

Популяция артемии в оз. Кулундинское относится к партеногенетическим по многолетним наблюдениям, доля самцов незначительная или они отсутствуют. Продукционные показатели самок в 2017 г. не имеют значимых отличий от многолетних значений. В 2017 г. цистоношение отмечалось у самок второй и третьей генерации, их доля увеличивалась к осеннему периоду.

При анализе зависимости способа размножения и количества кладок от факторов среды найдены следующие достоверные корреляции: доля самок с летними яйцами уменьшается с увеличением минерализации воды и понижением температуры воды; при наступлении неблагоприятных температурных условий (понижение) увеличивается доля самок с цистоноше-

нием (на графике представлено уравнение отрицательной линейной зависимости); количество кладок имеет положительную корреляцию с численностью фитопланктона (описывается линейным уравнением).

Озеро Кучукское Благовещенского района – крупный мелководный водоем с болотистыми берегами и значительными перепадами уровня воды. На водоеме осуществляется нерегулярная добыча артемии (на стадии цист) в зависимости от гидрологических условий. В 2017 г. здесь сформировано два РПУ.

Популяция артемии в озере в 2017 г. развивалась в благоприятных гидрологических условиях. Минерализация воды в летне-осенний период была ниже среднееголетнего значения в среднем на 12 %. Температурные условия не выходили за пределы, характерные для данной территории, хотя были ниже показателей предыдущего года.

В 2017 г. популяция развивалась в условиях высокой водности и обильных осадков в июле – августе. Обильный сток с водосборной площади обусловил снижение минерализации воды в весенний период, а обильные осадки в летний период способствовали еще большему снижению минерализации. Среднегодовое значение минерализации воды в озере в 2017 г. было ниже среднееголетнего значения на 7 %. Прогревание поверхностного слоя находилось на уровне среднееголетних данных. Количество тепла в 2017 г. было ниже по сравнению с предыдущим годом, но не выходило за пределы, характерные для данной территории по многолетним наблюдениям.

Озеро Большое Яровое – глубоководный водоем с неравномерным прогреванием водной толщи в течение вегетационного периода. По многолетним наблюдениям, в водоеме наблюдается стратификация с термоклином, возможно сохранение отрицательных температур в летний период на глубине 8–9 м. При этом благодаря высокой прозрачности водоема температура водного столба 0–2 м не имеет значимых отличий.

Температурная стратификация наблюдалась в мае с сохранением отрицательной температуры в придонных слоях. В июле отмечалась температурная стагнация с показателями около 20 °С. Стагнация сохранялась до осеннего периода. Популяция в оз. Большое Яровое, по многолетним наблюдениям, относится к партеногенетическим, однако в июне 2017 г. доля самцов превышала 10 %, поэтому первую генерацию можно отнести к бисексуальным. В 2017 г. в популяции отмечались самки с живорождением, летними яйцами и цистоношением. По многолетним наблюдениям, размножение цистами отмечается с июня с постепенным увеличением доли от общей численности к осеннему периоду до 100 %. В 2017 г. цистоношение отмечалось в популяции артемии с августа с незначительной их долей, что привело к отсутствию промысловых скоплений цист.

В большинстве гипергалинных озер зоопланктон моновидового типа и представлен исключительно видом рода *Artemia*. При этом в 2017 г. в оз. Кулундинское были и другие виды гипергалинных планктонных сообществ: коловратки, веслоногие и ветвистоусые ракообразные. Наблюдается отрицательная зависимость между величиной минерализации воды и численностью солоноватоводных планктонных беспозвоночных.

При оценке численных показателей артемии в гипергалинных озерах Алтайского края в 2017 г. наибольшая среднегодовая численность артемии всех стадий (за исключением цист) отмечалась в озерах Кучукское (173,9 тыс. экз/м<sup>3</sup>) и Кулундинское (121,1 тыс. экз/м<sup>3</sup>). Наименьшая среднегодовая численность зафиксирована в озерах Душное (6,6 тыс. экз/м<sup>3</sup>) и Большое Яровое (4,8 тыс. экз/м<sup>3</sup>).

В большинстве гипергалинных озер Алтайского края артемия представлена партеногенетическими самками. Численность самцов в таких популяциях в 2017 г. не превышала 10 экз/м<sup>3</sup>. По численным показателям плотности половозрелых самок и планктонных цист в 2017 г. лидирующее положение занимало оз. Кучукское. Наибольшая плодовитость самок артемии от-

мечена также в оз. Кучукское. Наименьшие численные показатели популяции артемии были характерны для оз. Большое Яровое.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соловов В. П., Студеникина Т. Л. Рачок артемия в озерах Западной Сибири: морфология, экология, перспективы хозяйственного использования. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – 81 с.
2. Веснина Л. В. Влияние факторов среды на динамику численности и биомассу *Artemia* sp. в озере Кулундинском // Сибирский экологический журнал. – 2002. – № 6. – С. 637–646.
3. Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. Вводные и общие вопросы планктологии. – М.: Наука, 1969. – Т. 1. – 440 с.
4. Баранов И. В. Основы биопродукционной гидрохимии. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 112 с.
5. Дзенс-Литовский А. И. Соляные озера СССР и их минеральные богатства. – Л.: Недра, 1968. – 118 с.
6. Васильева Л. А. Статистические методы в биологии. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 2004. – 127 с.
7. Sorgeloos P. High density culturing of the brine shrimp, *Artemia salina* L. // Aquaculture. – 1973. – N 1. – P. 385–391.
8. Воронов П. М. Размножение *Artemia salina* в соленых озерах Крыма // Зоологический журнал. – 1973. – Т. 52, № 6. – С. 945–947.
9. Константинов А. С. Общая гидробиология. – М.: Высш. шк., 1979. – 480 с.
10. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М.: Наука, 1975. – 240 с.
11. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. – Л.: ГосНИОРХ, 1983. – 51 с.
12. Методические указания по определению общих допустимых уловов (ОДУ) цист жаброногого рачка *Artemia*. – Тюмень, 2002. – 25 с.
13. Жадин В. И. Методы гидробиологического исследования. – М.: Высш. шк., 1960. – 188 с.
14. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В. А. Абакумова. – СПб.: Гдрометеоиздат, 1992. – 319 с.
15. Плохинский А. Н. Биометрия: СО АН СССР. – Новосибирск, 1961. – 364 с.
16. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М.: Наука, 1982. – 270 с.
17. Лакин Г. Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
18. Соловов В. П., Подуровский М. А., Ясюченя Т. Л. Жаброног артемия: история и перспективы использования ресурсов: монография. – Барнаул: Алт. полиграф. комбинат, 2001. – 144 с.
19. Веснина Л. В. Фитопланктон соленых озер степной зоны Алтая // Пойменные и дельтовые биоценозы голарктики: биологическое многообразие, экология и эволюция: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. ФГБОУ ВО Астрахан. гос. ун-т. – Астрахань, 2019. – С. 42–47.
20. Веснина Л. В., Царева Г. А. Особенности репродуктивных характеристик рачка *Artemia* sp. в озере Большое Яровое // Стратегия развития аквакультуры в условиях 21 века: материалы междунар. конф. – Минск, 2004. – С. 28–33.
21. Лисицина Т. О. Влияние факторов среды на изменение видового состава и численности зоопланктона в озере Кулундинское // Современное состояние рыбоводства Сибири: тез. докл. межрегион. науч.-практ. конф. – Новосибирск: Новосиб. гос. аграр. ун-т, 2006. – С. 23–26.



22. Ронжина Т. О. Динамика численности популяции галофильного рачка *Artemia* sp. в гипергалинных озерах юга Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2009. – 19 с.
23. Gilchrist B. M. Growth and form of the brine shrimp *Artemia salina* (L.) // Proc. Zool. Soc. Ind. – 1960. – Vol. 134, N 2. – P. 221–235.
24. Голубев А. П. Изменчивость количественных параметров роста и воспроизводства у *Artemia* (Crustacea, Anostraca) как фактор адаптации к условиям среды и механизм преобразования жизненных циклов // Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование: сб. докл. междунар. науч.-исслед. семинара. – Тюмень, 2004. – С. 105–115.
25. Аникин В. П. Некоторые биологические наблюдения над ракообразными из рода *Artemia* // Известия Томского университета. – 1898. – Т. 14. – С. 100–200.
26. Воронов П. М. О некоторых особенностях развития *Artemia salina* (L.) // Зоологический журнал. – 1971. – Т. 50, вып. 6. – С. 937–938.
27. Богатова И. Б., Шмакова З. И. Активация диапаузирующих яиц *Artemia salina* (L.) // Гидробиологический журнал. – 1980. – Т. 16, вып. 3. – С. 180.

## REFERENCES

1. Solovov V. P., Studenikina T. L. Rachok artemiya v ozerah Zapadnoj Sibiri: morfologiya, ekologiya, perspektivy hozyajstvennogo ispol'zovaniya. – Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1990. – 81 s.
2. Vesnina L. V. Vliyanie faktorov sredy na dinamiku chislennosti i biomassu Artemia sp. v ozere Kulundinskom // Sibirskij ekologicheskij zhurnal. – 2002. – № 6. – S. 637–646.
3. Kiselev I. A. Plankton morej i kontinental'nyh vodoemov. Vvodnye i obshchie voprosy plankologii. – M.: Nauka, 1969. – T. 1. – 440 s.
4. Baranov I. V. Osnovy bioprodukcionnoj gidrohimii. – M.: Legkaya i pishchevaya prom-st», 1982. – 112 s.
5. Dzents-Litovskij A. I. Solyanye ozera SSSR i ih mineral'nye bogatstva. – L.: Nedra, 1968. – 118 s.
6. Vasil'eva L. A. Statisticheskie metody v biologii. – Novosibirsk: Izd-vo NGU, 2004. – 127 s.
7. Sorgeloos P. High density culturing of the brine shrimp, *Artemia salina* L. / P. Sorgeloos // Aquaculture. – 1973. – N 1. – P. 385–391.
8. Voronov P. M. Razmnozhenie Artemia salina v solenyyh ozerah Kryma // Zoologicheskij zhurnal. – 1973. – T. 52, № 6. – S. 945–947.
9. Konstantinov A. S. Obshchaya gidrobiologiya. – M.: Vyssh. shk., 1979. – 480 s.
10. Metodika izucheniya biogeocенозов vnutrennih vodoemov. – M.: Nauka, 1975. – 240 s.
11. Metodicheskie rekomendacii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoemah. Zoobentos i ego produkciya. – L.: GosNIORH, 1983. – 51 s.
12. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu obshchih dopustimyyh ulovov (ODU) cist zhabronogogo rachka Artemia. – Tyumen», 2002. – 25 s.
13. ZHadin V. I. Metody gidrobiologicheskogo issledovaniya. – M.: Vyssh. shk., 1960. – 188 s.
14. Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem / pod red. V. A. Abakumova. – SPb.: Gdrometeoizdat, 1992. – 319 s.
15. Plohinskij A. N. Biometriya: SO AN SSSR. – Novosibirsk, 1961. – 364 s.
16. Pesenko YU. A. Principy i metody kolichestvennogo analiza v faunisticheskikh issledovaniyakh. – M.: Nauka, 1982. – 270 s.



17. Lakin G.F. Biometriya. – M.: Vyssh. shk.1990. – 352 s.
18. Solovov V.P., Podurovskij M.A., YAsyuchenya T.L. ZHаброногартемия: istoriya i perspektivy ispol'zovaniya resursov: monografiya. – Barnaul: Alt. poligraf. kombinat, 2001. – 144 s.
19. Vesnina L.V. Fitoplankton solenyyh ozer stepnoj zony Altaya // Pojmennyye i del'tovyye biotsenozy golarktiki: biologicheskoe mnogoobrazie, ekologiya i evolyuciya: sb. materialov mezhdunar. nauch. – prakt. konf. FGBOU VO Astrahan. gos. un-t. – Astrahan», 2019. – S. 42–47.
20. Vesnina L.V., Careva G.A. Osobennosti reproduktivnykh harakteristik rachka Artemia sp. v ozere Bol'shoe Yarovoe // Strategiya razvitiya akvakul'tury v usloviyakh 21 veka: materialy mezhdunar. konf. – Minsk, 2004. – S. 28–33.
21. Lisicina T.O. Vliyaniye faktorov sredy na izmeneniye vidovogo sostava i chislennosti zooplanktona v ozere Kulundinskoye // Sovremennoye sostoyaniye rybovodstva Sibiri: tez. dokl. mezhdunar. nauch. – prakt. konf. – Novosibirsk: Novosib. gos. agrar. un-t, 2006. – S. 23–26.
22. Ronzhina T.O. Dinamika chislennosti populyatsii galofil'nogo rachka Artemiasp. v gipergalinnyyh ozerakh yuga Zapadnoy Sibiri: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – Novosibirsk, 2009. – 19 s.
23. Gilchrist B.M. Growth and form of the brine shrimp Artemia salina (L.) / B.M. Gilchrist // Proc. Zool. Soc. Ind. – 1960. – Vol. 134, N 2. – P. 221–235.
24. Golubev A.P. Izmenchivost' kolichestvennykh parametrov rosta i vosproizvodstva u Artemia (Crustacea, Anostraca) kak faktor adaptatsii k usloviyam sredy i mekhanizm preobrazovaniya zhiznennykh tsiklov // Bioraznoobrazie artemii v stranah SNG: sovremennoye sostoyaniye ee zapasov i ikh ispol'zovanie: sb. dokl. mezhdunar. nauch. – issled. seminar. – Tyumen», 2004. – S. 105–115.
25. Anikin V.P. Nekotorye biologicheskie nablyudeniya nad rakoobraznymi iz roda Artemia // Izvestiya Tomskogo universiteta. – 1898. – T. 14. – S. 100–200.
26. Voronov P.M. O nekotorykh osobennostyakh razvitiya Artemia salina (L.) // Zoologicheskij zhurnal. – 1971. – T. 50, vyp. 6. – S. 937–938.
27. Bogatova I.B., SHmakova Z.I. Aktivatsiya diapauziruyushchih yaic Artemia salina (L.) // Gidrobiologicheskij zhurnal. – 1980. – T. 16, vyp. 3. – S. 180.