

УДК 574.62

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА БИОТУ ОЗЕРА ДУШНОЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Л. В. Веснина, доктор биологических наук, профессор

Т. О. Ронжина, кандидат биологических наук

Алтайский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр»

E-mail: artemia@alt.ru

Ключевые слова: мониторинг, рачок артемия, численность и биомасса, цисты и летние яйца рачка артемии, общий запас, промысловый запас, рекомендованный объем вылова.

Реферат. Коммерческий интерес к артемии (на стадии цист) как к стартовому корму для гидробионтов послужил основой для мониторинговых исследований гипергалинных озер Алтайского края. Озеро Душное находится в Нижне-Касмалинской системе озер, которая относится к обширному Кулундинско-Касмалинскому бассейну артемиевых озер, составляющему по численности водоемов основу сырьевой базы артемии юга Западной Сибири. В результате комплексных гидробиологических съемок в весенний период с апреля по май 2018 г. представлена динамика показателей численности разных стадий развития рачков (науплии, ювенильные, предвзрослые, взрослые особи, цисты, летние яйца), их процентное соотношение, размерно-возрастная структура популяции, показатели продуктивности рачка *Artemia Leach*, 1819, морфометрические показатели половозрелых особей и цист оз. Душное Алтайского края в сравнении с аналогичными показателями за 2017 г. Температурный режим в начале вегетационного периода текущего года был неблагоприятным для развития артемии в озерах, что обусловило низкие численные показатели рачков. По результатам мониторинговых исследований в весенний период 2018 г., в период развития первой генерации рачков, выявлено депрессивное состояние развития популяции рачка артемии в оз. Душное Волчихинского района. Приведен потенциальный запас цист артемии.

INFLUENCE OF CLIMATE FACTORS ON BIOTO LAKE SOUL OF THE ALTAI REGION

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

T. O. Ronzhina, Candidate of Biological Sciences

The Altai branch of «Gosrybtsentr» FSBSI 113 Proletarskaya, Barnaul, 656043

Key words: monitoring, brine shrimp, abundance and biomass, brine shrimp eggs and thin-shelled eggs, total stock, commercial stock, recommended catch.

Abstract: Research work on hyperhaline lakes was started in 1977. Commercial interest in artemia (at the stage of cysts) as a starting feed for hydrobionts served as a basis for monitoring studies of hypergalin lakes of the Altai Territory. Lake Dushnoye is located in the Nizhne-Kasmalinsky system of lakes, which belongs to the vast Kulunda-Kasmalinsky basin of Artemia lakes, which is the basis of the resource base of artemia in the south of Western Siberia in terms of the number of water bodies. As a result of complex hydrobiological surveys in the spring period from April to May 2018, the dynamics of the indices of the number of different stages of development of the crustacean (nauplii, juvenile, pre-adult, adult, cysts, summer eggs), their percentage ratio, size-age structure of the population, productivity of the crustacean *Artemia Leach*, 1819, morphometric parameters of mature individuals and cysts of Lake Dushnoye in the Altai Territory in comparison with similar indicators for 2017. The temperature regime at the beginning of the vegetation period of the current year was unfavorable for the development of artemia in lakes, which led to low numbers of crustaceans. According to the results of monitoring studies of the hypergalin lake of the Altai Territory in the spring (April and May 2018), during the development of the first generation of crustaceans, a depressive

the state of development of the population of the brine shrimp in Lake Dushnoye, Volchikhinsky district. A potential stock of Artemia cysts is given.

Начало исследований сырьевой базы и особенностей биологии жаброногого рачка *Artemia* Leach, 1819 связано с перспективностью использования его декапсулированных цист в качестве стартового корма при подращивания молоди ценных видов рыб. Корма из цист артемии используются при культивировании 85 % морских организмов. Отечественное рыболовство также стало активно внедрять стартовые корма из цист рачка для подращивания личинок карповых и сиговых рыб в начале 80-х гг. XX столетия, когда была доказана возможность промышленной заготовки данного биосырья.

Артемия считается истинно эвригалинным организмом [1]. Исследования особенностей биологии этого жаброного связаны с уникальной способностью адаптироваться к неблагоприятным условиям среды. Уникальность этого рачка состоит в его высокой адаптивной способности к неблагоприятным факторам. В среде, где другие животные организмы уже не могут развиваться, артемия «процветает» в монокультуре.

Научный интерес к рачкам вызван их исключительной осморегулирующей способностью, разнообразием физиологических, биохимических и морфологических свойств отдельных популяций, существованием полиплоидии. В последнее время, в связи с усилением антропогенного воздействия, появляются работы по использованию артемии в экотоксикологических исследованиях.

Коммерческая ценность этих рачков связана с тем, что цисты артемий могут образовывать промысловые скопления. Именно коммерческий интерес к цистам рачка обусловил возникновение в Алтайском крае новой хозяйственной отрасли – использование биокормов водного происхождения.

Однако всеобщий интерес к артемии и ее цистам обусловил необходимость разработки основ охранных мероприятий. При использовании биоресурса необходимо сохранить его естественное воспроизводство, обеспечивающее стабильные объемы вылова. Следует отметить, что у беспозвоночных численность регулируется как биотическими, так и гидрологическими факторами (уровнем водности, температурным режимом, химическим составом и минерализацией воды и др.), которые также оказывают заметное влияние на уровень воспроизводства ресурса в конкретном году. Главными составляющими мероприятий по охране среды обитания галофильного рачка являются мониторинговые исследования.

Целью данной работы было проведение мониторинговых исследований на гипергалинном водоеме в апреле и мае 2018 г., в период развития первой генерации рачков, и выявление состояния развития популяции рачка артемии.

Объектом исследований послужили популяция галофильного жаброногого рачка рода *Artemia* Leach, 1819 и факторы, влияющие на особенности ее распространения и развития в оз. Душное Волчихинского района Алтайского края.

Экспедиционные выезды в рамках мониторинговой программы совершаются ежемесячно (раз в месяц) в период с апреля по октябрь. В 2018 г. осуществлено две гидробиологические съемки в весенний период на оз. Душное – 30 апреля и 22 мая.

Отбор гидробиологических проб, измерения факторов среды и визуальные наблюдения за распределением рачка по акватории озера проводятся по стандартной методике [1–4]. Для озера разработаны схемы постоянных станций отбора проб. Станции определяются при помощи GPS-навигатора Garmin eTrex. На водоеме определены три станции, расположенные на литоральных участках.

Отбор проб зоопланктона с литоральных станций озера производился с помощью малой модели планктонной сети Апштейна с диаметром верхнего кольца 0,15 м. Верхняя часть планктонных сетей не фильтрующая, в виде усеченного конуса, сделана из полотна, нижняя – из мельничного газового сита № 68 конической формы. Нижняя часть заканчивается приемным стаканом. Пробы фиксировали 4 %-м раствором формалина и этикетировали с указанием даты отбора, названия водоема, станции, глубины разреза.

На каждой станции ежемесячно измеряются следующие показатели: температура воды, температура воздуха, соленость и прозрачность воды. На определенных станциях отбираются пробы на гидрохимический состав воды, пробы фитопланктона и зообентоса.

Температуру воды определяли с помощью спиртового термометра. прозрачность – стандартным диском Секки диаметром 0,2 м, укрепленным на размеченном шнуре. Результаты химического анализа воды озера предоставлены аккредитованным испытательным лабораторным центром г. Славгорода.

Климатические и погодные условия весеннего периода 2018 г. проанализированы на основании наших измерений и данных с интернет-портала gismeteo.ru.

Обработку материала по зоопланктону проводили по общепринятой методике в камере Богорова под бинокляром МБС–10, оборудованным окуляр-микрометром. В составе популяции артемии выделяли следующие группы: ортонауплии, метанауплии, ювенильные (1,0–5,0 мм) и предвзрослые (5,1–10,0 мм) особи. Различали дегидратированные и гидратированные цисты, отмечали степень их гидратации, цвет хориона, целостность скорлупы и наличие иловых вкраплений на поверхности.

Для определения темпа среднесуточной изменчивости численности рачков и цист артемии находили разницу между численностями различных возрастных групп в течение двух смежных дат и делили ее на число дней между этими датами исследований [5].

При оценке состояния сырьевой базы рачкового планктона в гипергалинном водоеме на основе ранневесенней численности перезимовавших цист и отрождающихся науплиусов приняты во внимание нормативы, по которым для оптимального развития популяции рачка артемии достаточная концентрация цист в среднем в озере должна составлять не менее 50 экз/л, а проклюнувшихся науплиусов – 20 экз/л [3].

Статистическую обработку материала проводили с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel.

Озеро Душное относится к Нижне-Касмалинской системе озер, которая относится к обширному Кулундинско-Касмалинскому бассейну артемиевых озер, составляющему по численности водоемов основу сырьевой базы артемии юга Западной Сибири. Озеро расположено в бору вблизи с. Солонька. Форма озера вытянутая, овально-удлиненная, в общем направлении с северо-востока на юго-запад. Дно пологое, глубины нарастают равномерно к центральной борозде. Берега пологие. Литораль сложена песками. Грунты сложены в основном серыми илами, вблизи берегов – с растительными остатками. Площадь оз. Душное составляет 1,4 км², средняя глубина – 1,0 м, максимальная – 1,9 м. Подпитка озера осуществляется подземным и поверхностным стоками. Водосбор озера не превышает 100 км², что является одной из причин недостатка стока и постоянных колебаний уровня воды.

В естественных условиях соленых озер главными факторами, лимитирующими развитие популяции артемии, становятся температура рапы, общая минерализация воды и производная гидрологических условий на водосборе и в водоемах – уровенный режим водоема.

Температурные условия формирования биоты. Согласно литературным данным, рачка артемию следует считать теплолюбивым животным, у которого термофильность особо четко проявляется в процессе воспроизводства. Если половозрелые особи выдерживают широкий диапазон колебания температуры, т.е. обладают некоторыми свойствами эвритерности, то для воспроизводства рачкам необходим строго определенный температурный диапазон в пределах 20,0–30,0 °С.

Температура поверхностного слоя воды в оз. Душное в апреле 2018 г. составляла 10,0, в мае – 12,0 °С.

Минерализация воды оз. Душное, по многолетним наблюдениям, находится в пределах 20,0–96,0 г/л, т.е. в соответствии классификацией вод по величине солености озеро относится к эугалинным или гипергалинным. Согласно данным аккредитованного испытательного лабораторного центра г. Славгорода, сухой остаток в поверхностном слое воды озера в 2017 г. в летний период (июнь) составлял 50,6 г/л. Среднее значение минерализации воды озера были ниже среднеемноголетних значений, что стало следствием увеличения количества осадков и общей увлажненности территории с 2015 г. В 2018 г. наблюдается снижение солености воды, 30 апреля величина сухого остатка составляла 14,9 г/л, т.е. водоем перешел в класс мезогалинных или солоноватых [6]. Вода в оз. Душное относится к сульфатному классу группы натрия (табл. 1) [7]. Таким образом, в оз. Душное наблюдается критически низкий уровень минерализации воды для роста и размножения рачков (90,0–200,0 г/л). Вода в озере в весенний период прозрачная, желтовато-бурого цвета, прозрачность воды по диску Секки колебалась от 0,8 до 1,0 м.

Таблица 1

Гидрохимический состав рапы оз. Душное Волчихинского района (30 апреля 2018 г.)

Показатели		Значения
рН		8,8±0,2
Анионы, г/л	NO ₃ ⁻	<0,0001
	NO ₂ ⁻	<0,00002
	Cl ⁻	3,30±0,30
	SO ₄ ⁻²	6,75±1,01
Катионы, г/л	NH ₄ ⁺	<0,00005
	K ⁺ +Na ⁺	4,06
	Ca ²⁺	0,14±0,02
	Mg ²⁺	0,71±0,01
Щелочность, ммоль/л		7,3±0,9
Сухой остаток, г/л		14,90±1,34
Жесткость, °Ж		65,0±6,2

Характеристика биотических факторов. Состав, степень развития и размножение водной растительности обуславливаются неоднородностью экологических условий в водоемах и подчиняются определенным закономерностям. В исследуемом водоеме наиболее важными условиями, определяющими характер распределения растительности, можно считать его географическое расположение, морфологические особенности, оптические свойства водных масс, химические факторы.

Биотические факторы формирования сырьевой базы рачка артемии определяются, прежде всего, видовым составом фитопланктона, его продуктивностью и доступностью фитомассы для рачков.

Изучая флору оз. Душное, следует отметить отсутствие макрофитов в водной среде. Биопродуктивность озера формируется в основном за счет первичной продукции фитопланктона. В равнинных озерах отмечена тенденция к увеличению численности и биомассы фитопланктона с понижением видового разнообразия. Качественному и количественному распределению альгофлоры присуща зависимость от минерализации воды и температурного режима. Отмечается низкое видовое разнообразие, массовое развитие нитчаток из отделов синезеленых и зеленых водорослей. В количественном отношении преобладают синезеленые водоросли.

В 2017 г. в оз. Душное в летний период отмечались пелагические виды родов *Asplanchna*, *Brachionus*, *Canthocamptus*, представители коловраток доминировали по численности. Среднегодовая численность солоноватоводного комплекса планктонных беспозвоночных составляла 364,47±103,03 тыс. экз/м³.

В весенний период 2018 г. в озере Душное из солоноватоводного комплекса коловраток отмечались виды родов *Asplanchna*, *Brachionus*, *Hexarthra*. Из представителей веслоногих ракообразных доминантом являлся *Cletocamptus retrogressus* (Schmank.), отмечались также рачки родов *Cyclops* и *Diaptomus*. Средняя численность солоноватоводного комплекса планктонных беспозвоночных в озере в апреле составляла 41,96, в мае – 706,8 тыс. экз/м³. Численность рачка артемия ранних стадий развития составляла в апреле 7,60±4,80, в мае – 0,64±0,11 тыс. экз/м³ (табл. 2). В процентном соотношении доля планктонных беспозвоночных солоноватоводного комплекса в апреле составляла 84,7, в мае – 99,9%. Таким образом, наблюдалось замещение гипергалинной биоты солоноватоводной с лимитированием развития популяции артемии.

Таблица 2

Численные характеристики зоопланктона оз. Душное в 2018 г., тыс. экз/м³

Дата	<i>Artemia</i>		<i>Rotifera</i>	<i>Copepoda</i>
	численность рачков	численность цист		
30.04	7,60±4,80	4,65±0,40	0,73±0,13	41,23±21,58
22.05	0,64±0,11	4,28±0,30	603,33±54,19	103,46±14,00

В оз. Душное первые науплии появляются в ранневесенний период (первая генерация артемии) при наступлении благоприятных температурных условий и снижении минерализации воды за счет талых вод. Обычно это происходит в период с 10 по 25 апреля. В начальный период жизни происходит массовая гибель рачков, но среди оставшихся особей наблюдается низкая смертность [8, 9]. На длительность развития и созревания жаброного существенно влияет температурный режим [10–12]. Половозрелые особи отмечаются в конце мая – начале июня, в этот период наблюдается пик численности и биомассы рачков. Популяция артемии характеризуется неравномерностью распределения по акватории, в пространстве и времени.

В планктонных пробах от 30 апреля 2018 г. отмечались особи науплиальных стадий и цисты. Средняя по водоему численность цист составляла $4,65 \pm 0,40$ тыс. экз/м³, численность проклюнувшихся науплий – $7,60 \pm 4,80$ тыс. экз/м³. Средняя продуктивность озера в апреле составляла 0,5 кг/га.

По результатам гидробиологической съемки 22 мая 2018 г. в планктонных пробах отмечались особи науплиальной и ювенильной стадий развития. Средняя численность рачков составляла $0,64 \pm 0,11$ тыс. экз/м³, численность рачков науплиальных стадий развития – $0,13 \pm 0,02$, ювенильных – $0,51 \pm 0,10$ тыс. экз/м³. Средняя по водоему численность цист составляла $4,28 \pm 0,30$ тыс. экз/м³, а средняя продуктивность озера в мае – 0,4 кг/га.

При расчете суточной изменчивости численности разных стадий развития артемии и ее цист в весенний период 2018 г. выявлено сокращение популяции в мае по сравнению с апрелем за счет уменьшения численности науплий на 7470 экз/сут и цист на 370 экз/сут. Прирост, связанный с появлением ювенильных особей, составлял 510 экз/сут, что значительно ниже показателей убыли (7470 экз./сут). Таким образом, в сложившихся условиях окружающей среды оз. Душное наблюдалось сокращение численных показателей популяции артемии и замещение ее видами солоноватоводного комплекса.

По результатам ранневесенней (апрель) съемки в оз. Душное численность цист составляла 4,65 экз/л, численность науплий – 7,60 экз/л, что ниже необходимой концентрации в 10,8 и 2,6 раза соответственно. Повторная съемка 22 мая 2018 г. показала сокращение численности цист (4,28 экз/л) и рачков (0,64 экз/л). Наблюдаемая в озере плотность цист ниже оптимальной концентрации (50 экз/л) в 11,7 раза, плотность рачков (науплий и ювенильных особей) также ниже величин, указанных в методике [3] (20 экз./л), в 31,3 раза.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. По результатам мониторинговых исследований гипергалинного оз. Душное Алтайского края в весенний период (апрель и май 2018 г.), в период развития первой генерации рачков, выявлено депрессивное состояние развития популяции рачка артемии.

2. Температурный режим в начале вегетационного периода текущего года был неблагоприятным для развития артемии в озере, что обусловило низкие численные показатели рачков.

3. По результатам съемок в весенний период температура рапы оз. Душное на дату исследования 30 апреля 2018 г. составляла 10,0 °С; на 22 мая 2018 г. – 12,0 °С.

4. По величине солености воды условия для развития популяции артемии в оз. Душное в весенний период были критическими, величина сухого остатка составляла 14,9 г/л, что ниже оптимальных значений для роста и размножения рачков артемии (90–200 г/л).

5. По результатам весенних гидробиологических исследований в 2018 г. оз. Душное с критически низкой соленостью рапы 14,9 г/л является низкопродуктивным (0,4 кг/га).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Киселев И. А. Методы исследования планктона // Жизнь пресных вод СССР. — М.; Л., 1956. — Т. IV, ч.1. — С. 183–265.
2. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. — Л.: ГосНИОРХ, 1983. — 51 с.
3. Методические указания по определению общих допустимых уловов (ОДУ) цист жаброногого рачка *Artemia*. — Тюмень, 2002. — 25 с.
4. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. — М.: Наука, 1975. — 240 с.

5. Хаберман Ю. Ф. О темпах количественных изменений и индексах лабильности зоопланктона // Сырьевые ресурсы Псковско-Чудского озера и их рациональное использование. – Л.: Наука. Ленингр. отделение, 1975. – С. 58.
6. Оксийук О. П., Жуковский В. Н. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. – 1993. – Т. 29, вып. 4. – С. 62–76.
7. Алекин О. А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 442 с.
8. Гиляров А. М. Популяционная экология: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 191 с.
9. Воронов П. М. Влияние температуры на жизнеспособность яиц *Artemia salina* // Зоол. журн. – 1974. – Т. 53, вып. 4. – С. 546–549.
10. Воронов П. М. Влияние температуры на рост и созревание *Artemia salina* // Зоол. журн. – 1982. – Т. 61. – С. 1594–1596.
11. Иванова М. Б. Продукция планктонных ракообразных в пресных водах: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Л., 1983. – 29 с.
12. Веснина Л. В., Пермякова Г. В. Динамика численности и биомассы жаброногого рачка *Artemia* Leach, 1819 в гипергалинных водоемах Алтайского края // Экологические проблемы пресноводных рыбохозяйственных водоемов России: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. – СПб.: Феникс, 2011. – С. 68–72.

REFERENCES

1. Kiselev I. A. Metodyi issledovaniya planktona // Zhizn presnykh vod SSSR. — M.; L., 1956. — T. IV, ch. 1. S. 183–265.
2. Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoemakh. Zoobentos i ego produktiya. – L.: GosNIORH, 1983. – 51 s.
3. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu obshchih dopustimyykh ulovov (ODU) tsist zhabronogo racha *Artemia*. – Tyumen, 2002. – 25 s.
4. Metodika izucheniya biogeotsenozov vnutrennih vodoemov. – M.: Nauka, 1975. – 240 s.
5. Haberman Yu. F. O tempakh kolichestvennykh izmeneniy i indeksakh labilnosti zooplanktona // Syirevyie resursy Pskovsko-Chudskogo ozera i ih ratsionalnoe ispolzovanie. – L.: Nauka. Leningr. otd-nie, 1975. – S. 58.
6. Oksiyuk O. P., Zhukinskiy V. N. Kompleksnaya ekologicheskaya klassifikatsiya kachestva poverhnostnykh vod sushi // Gidrobiol. zhurn. – 1993. – T. 29, vyip. 4. – S. 62–76.
7. Alekin O. A. Osnovy gidrokhimii. – L.: Gidrometeoizdat, 1970. – 442 s.
8. Gilyarov A. M. Populyatsionnaya ekologiya: ucheb. posobie. – M.: Izd-vo MGU, 1990. – 191 s.
9. Voronov P. M. Vliyanie temperatury na zhiznesposobnost yaits *Artemia salina* // Zool. zhurn. – 1974. – T. 53, vyip. 4. – S. 546–549.
10. Voronov P. M. Vliyanie temperatury na rost i sozrevanie *Artemia salina* // Zool. zhurn. – 1982. – T. 61. – S. 1594–1596.
11. Ivanova M. B. Produktiya planktonnykh rakoobraznykh v presnykh vodakh: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. – L., 1983. – 29 s.
12. Vesnina L. V., Permyakova G. V. Dinamika chislennosti i biomassy zhabronogo racha *Artemia* Leach, 1819 v gipergalinnnykh vodoemakh Altayskogo kraya // Ekologicheskie problemy presnovodnykh rybohozyaystvennykh vodoemov Rossii: materialy Vseros. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem. – SPb.: Feniks, 2011. – S. 68–72.