

СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ АРТЕМИИ В ДЕПРЕССИВНЫЙ ПЕРИОД В ОЗЕРЕ БОЛЬШОЕ ЯРОВОЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Л. В. Веснина, доктор биологических наук, профессор

Алтайский филиал Федерального государственного бюджетного
научного учреждения «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства»
E-mail: artemiaalt@mail.ru

Ключевые слова: рачок артемии, цисты артемии, водные биоресурсы, возрастные стадии развития рачка, мониторинг.

Реферат. Исследовательские работы на гипергалинных озерах были начаты с 1977 г. Коммерческий интерес к артемии (на стадии цист) как к стартовому корму для гидробионтов послужил основой к мониторинговым исследованиям гипергалинных озер Алтайского края. Озеро Большое Яровое отмечено как один из самых больших водоемов на территории региона с популяцией жаброногого рачка *Artemia Leach*, 1819. Учитывая депрессивное состояние развития популяции артемии в оз. Большое Яровое в вегетационном сезоне 2017 г. (продуктивность водоема составляла 5,8 кг/га), были проведены мониторинговые исследования для уточнения состояния продуктивности водного биоресурса. В результате комплексных гидробиологических съемок в весенний период (апрель – май) 2018 г. представлена динамика показателей численности ранних стадий развития рачков артемии первой генерации и цист в оз. Большое Яровое Алтайского края. Проведен анализ влияния температурного режима и солености воды весеннего периода 2018 г. на состояние рачка артемии и продуктивность водоема. В ходе проведения мониторинговых исследований гипергалинного водоема в апреле и мае 2018 г., в период развития первой генерации рачков, выявлено депрессивное состояние развития популяции рачка артемии. Температурный режим в начале вегетационного периода текущего года был неблагоприятным для развития артемии в озере, что обусловило низкие численные показатели рачков. Учитывая депрессивное состояние развития популяции артемии в оз. Большое Яровое в вегетационном сезоне 2017 г., осуществление добычи биоресурса (артемии на стадии цист) при нынешнем состоянии популяции может значительно подорвать промысловую базу водоема и нанести ущерб дальнейшему развитию артемии.

THE STATUS OF THE POPULATION OF ARTEMIA IN THE DEPRESSIVE PERIOD IN THE LAKE OF THE GREAT ALERT EDGE OF THE ALTAI

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

Altai branch of the federal state budget
scientific institution «State Research and Production Center of Fisheries»

Key words: artemia shrimp, artemia cysts, aquatic bioresources, age-related stages of development of the crustacean, monitoring.

Abstract. Research on hypergalin lakes began in 1977. Commercial interest in *Artemia* (at the cysts stage) as a starter feed for aquatic organisms served as the basis for monitoring studies of hypergalin lakes in the Altai Territory. Lake Bolshaya Yarovoye is noted as one of the largest bodies of water in the region with a population of toad crustacean *Artemia Leach*, 1819. Considering the depressed state of development of the *Artemia* population in the lake Great Spring in the growing season of 2017 (the reservoir productivity was 5.8 kg / ha), monitoring studies were conducted to clarify the status of the productivity of aquatic bioresources. As a result of complex hydrobiological surveys in the spring period (April – May), 2018, the dynamics of indicators of the number of early stages of development of the first generation *Artemia* crustaceans and cysts in the lake are presented. Big Spring Altai Territory. The analysis of the influence of the temperature and salinity of the water

in the spring of 2018 on the condition of Artemia crustaceans and the reservoir productivity was carried out. In the course of monitoring studies of the hypergalin reservoir in April and May 2018, during the development of the first generation of crustaceans, a depressive state of development of the Artemia crustacean population was revealed. The temperature at the beginning of the growing season of the current year was unfavorable for the development of Artemia in the lake, which resulted in low numbers of crustaceans. Given the depressed state of the development of the Artemia population in the lake. In the growing season of 2017, the Great Spring, the extraction of bioresources (Artemia (at the cysts stage)) at the current state of the population can significantly undermine the fishing base of the reservoir and damage the further development of Artemia.

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 яиц артемии применяют при культивировании 85 % морских организмов. Отечественное рыболовство также стало активно внедрять стартовые корма из диапаузирующих яиц рачка для подращивания личинок карповых и сиговых рыб в начале 80-х гг. XX столетия, когда была доказана возможность промышленной заготовки данного биосырья.

Именно коммерческий интерес к цистам рачка обусловил возникновение в Алтайском крае новой хозяйственной отрасли – использования биокормов водного происхождения. Всеобщий интерес к данному биоресурсу обусловил необходимость разработки охранных мероприятий с целью его рационального использования. 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. Учитывая депрессивное состояние развития популяции артемии в оз. Большое Яровое в вегетационном сезоне 2017 г. (продуктивность водоема составляла 5,8 кг/га), осуществление добычи биоресурса (артемии на стадии цист) при нынешнем состоянии популяции может значительно подорвать промысловую базу водоема и нанести ущерб дальнейшему развитию артемии.

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. Большое Яровое, в г. Славгороде Алтайского края.

Исследовательские работы на гипергалинных озерах были начаты с 1977 г. За многолетний период наблюдений была разработана программа мониторинга основных показателей популяции рачка артемии: численности и биомассы всех возрастных стадий, репродуктивной активности, половой и возрастной структуры популяции в разные периоды вегетационного сезона, сроков и длительности жизненного цикла, особенностей вертикального и горизонтального распределения рачков и цист в водной толще. Выявлены морфологические и морфометрические особенности половозрелых особей артемии. Мониторинг включает также наблюдения за абиотическими и биотическими факторами среды в озере, выявление оптимальных условий для конкретной популяции, критические значения лимитирующих факторов для роста и развития, а также цистообразования в популяции.

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. Большое Яровое – 28 апреля и 20 мая.

Отбор гидробиологических проб, измерения факторов среды и визуальные наблюдения за распределением рачка по акватории озера проводились по стандартной методике [1–4]. Для водоема разработаны схемы постоянных станций отбора проб. Станции определяются при помощи GPS-навигатора Garmin eTrex. Схема станций включает 13 глубоководных участков (съемка с лодки) и 3 литоральных (объезд водоема по суше). Отбор проб в глубоководном оз. Большое Яровое велся тотальным обловом с 13 глубоководных станций по разрезам:

- ст. 1 и 8 – 1 разрез (0–2,0 м);
- ст. 4, 5, 7, 10, 13 – 2 разреза (0–2,0 м, 0–4,0 м);

- ст. 2, 6, 9, 11 – 3 разреза (0–2,0 м, 0–4,0 м, 0–6,0 м);
- ст. 3 и 12 – 4 разреза (0–2,0 м, 0–4,0 м, 0–6,0 м, 0–8,0 м).

Отбор проб зоопланктона с литоральных станций водного объекта производился с помощью малой модели планктонной сети Апштейна с диаметром верхнего кольца 0,15 м. С глубоководных станций пробы отбирали большой планктонной конической сетью диаметром 0,5 м. Верхняя часть планктонных сетей нефилтующая, 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 измеряли следующие показатели: температуру воды, температуру воздуха, соленость и прозрачность воды. На определенных станциях отбирали пробы на гидрохимический состав воды, пробы фитопланктона и зообентоса.

Температуру воды определяли с помощью спиртового термометра, прозрачность воды – стандартным диском Секки диаметром 0,2 м, укрепленным на размеченном шнуре. Результаты химического анализа воды озер предоставлены аккредитованным Испытательным лабораторным центром (г. Славгород).

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 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 – находили среднесуточную изменчивость численности рачков и цист [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 Большое Яровое расположено в области замкнутого стока. Оно находится на высоте около 79 м над уровнем моря, при этом дно озера располагается в самой глубокой котловине Центрально-Кулундинской депрессии, глубина которой достигает 25 м (73 м над уровнем моря), поэтому оз. Большое Яровое является самой низкой точкой Алтайского края.

Водоем имеет эллипсообразную форму и вытянут с северо-запада на юго-восток. Размах колебаний уровня воды 0,8 м, средняя площадь 66,7 км² (63,0–67,0 км²). Длина озера 11,5, максимальная ширина – 8,0 км. Глубины: максимальная – 9,5, средние – 4,0–4,9 м. Показатель озерной котловины – тип 1, округлая, с высокими берегами. Коэффициент развития береговой линии 1,1, длина береговой линии 32,0 км.

В естественных условиях гипергалинных озер главными факторами, лимитирующими развитие популяции артемии, являются температура рапы, общая минерализация воды и производная гидрологических условий на водосборе и в водоемах – уровенный режим водоема. Озеро Большое Яровое – глубоководный водоем, поэтому перепады уровня воды не оказывают существенного влияния на развитие популяции артемии, как в мелководных гипергалинных озерах, которые могут значительно сокращаться по площади или пересыхать к середине вегетационного периода.

Согласно литературным данным, рачка артемию следует считать теплолюбивым животным, у которого термофильность особенно четко проявляется в процессе воспроизводства. Если половозрелые особи выдерживают широкий диапазон колебаний температуры, т.е. обладают некоторым свойством

эвритермности, то для воспроизводства рачкам необходим строго определенный температурный диапазон в пределах 20–30 °С.

По нашим многолетним наблюдениям (2002–2017 гг.), существует корреляционная связь между температурой воды оз. Большое Яровое и численностью науплий артемии ($r=0,28$, $P=0,05$), половозрелых особей (для самок $r=0,29$, для самцов $r=0,31$, $P=0,05$) и численностью тонкоскорлуповых яиц ($r=0,26$, $P=0,05$). Зависимость плодовитости самок от температуры воды выражается уравнением $y = -0,5335x + 50,64$ ($r = -0,42$, $P=0,05$). Кроме того, способ размножения в течение вегетационного периода также коррелирует с температурой воды: коэффициент корреляции между температурой воды и долей самок с летними яйцами составляет 0,54, с живорождением – $r=0,50$, с цистоношением – $r = -0,65$, ($P=0,01$) (рис. 1).

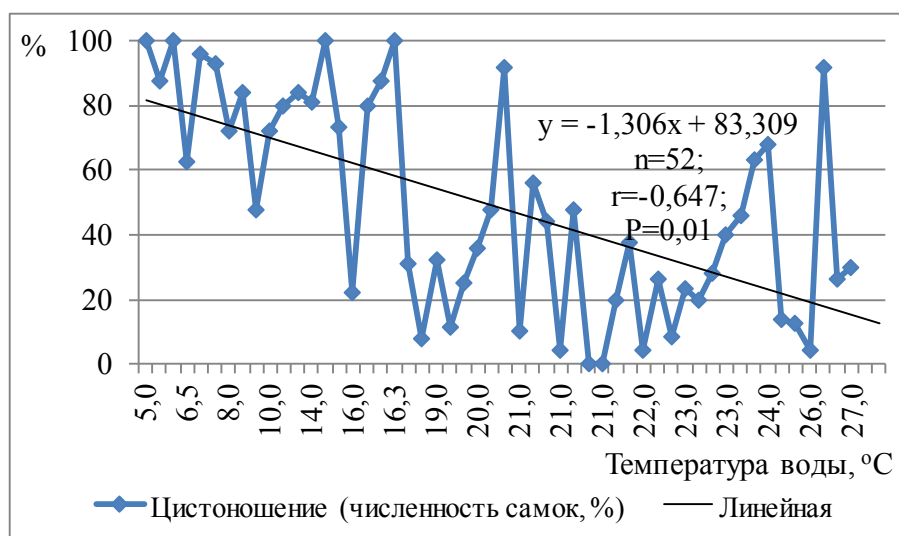


Рис. 1. Линейная зависимость цистоношения у самок артемии от температуры воды оз. Большое Яровое

В весенний период 2018 г. в районе расположения оз. Большое Яровое складывались неблагоприятные температурные условия. Среднесуточная положительная температура установилась 6 апреля, однако отрицательные температуры в ночное время и утренние часы наблюдались до 24 мая. Переход через +5,0 °С (начало вегетационного периода для популяции артемии) наблюдался во второй декаде апреля, причем нестабильный – в период с 17 по 20 апреля среднесуточная температура была ниже 3,0 °С, отмечались отрицательные значения. Относительно стабильное установление среднесуточной температуры выше +5,0 °С приходится на 3 мая. Благоприятный период для роста и созревания артемии (среднесуточная температура воздуха выше 10,0 °С) отмечался с 21 апреля, однако в первую и вторую декады мая наблюдались значительные термические перепады – среднесуточная температура в этот период составляла 6,5 °С. Только с третьей декады мая можно наблюдать стабильные среднесуточные температуры выше 10,0 °С. Среднемесячная температура апреля составила 5,3 °С, мая – 8,4 °С, что ниже нормы (6,9 и 12,9 °С соответственно). Погодные условия весенних месяцев препятствовали прогреванию водной массы в глубоководном водоеме и развитию популяции артемии. Количество градусодней в апреле составило 96, в мае – 93, что в 2,5–3,0 раза ниже среднемноголетних значений.

Температура поверхностного слоя воды в оз. Большое Яровое в апреле 2018 г. составляла 7,5, в мае – 8,0 °С. По результатам съемок, в весенний период в озере наблюдалась температурная стратификация, верхние слои водной массы (0–2,0 м) прогрелись до температуры 7,5–8,0 °С, в глубинных слоях отмечалась отрицательная температура (в апреле с глубины 4,0 м, в мае – 8,0 м). В апреле на глубине 4,0–8,0 м температура была от –6,0 до –1,0 °С, в мае термоклин находился на глубине 6,0–7,0 м – температура опускалась до –4,5 °С (табл. 1). Таким образом, «жилая» зона для популяции артемии в озере в апреле ограничивалась глубиной 2,0 м, в мае – 4,0 м.

Таблица 1

Температура воды в оз. Большое Яровое по разрезам (ст. 3)

Разрез	28.04.2018 г.	20.05.2018 г.
Поверхность	8,0	8,0
2,0 м	7,0	8,0
4,0 м	-1,0	7,0
6,0 м	-5,0	2,0
8,0 м	-6,0	-4,5

Озеро Большое Яровое по величине минерализации относится к гипергалинным [6] или ультрагалинным [7] водоемам и является рапным. Вода в озере чистая, прозрачная, желтовато-зеленого или голубовато-зеленого цвета. Изучение условий воспроизводства артемии в оз. Большое Яровое доказывает, что степень минерализации воды в нем не является критической для вылупления науплий и дальнейшего развития артемии.

Нашими многолетними наблюдениями (2002–2017 гг.) выявлена корреляционная связь между минерализацией воды оз. Большое Яровое и численностью половозрелых самцов ($r=0,28$ $P=0,05$), численностью цист ($r=0,51$ $P=0,05$), а также между минерализацией воды и важным продукционным показателем – плодовитостью самок ($y = -0,6885x + 52,379$, $r = -0,46$, $P=0,05$). Появление в популяции самок с цистоношением или летними яйцами также сопряжено с величиной минерализации воды ($r=0,43$ и $r=-0,40$ соответственно, $P=0,01$) (рис. 2).

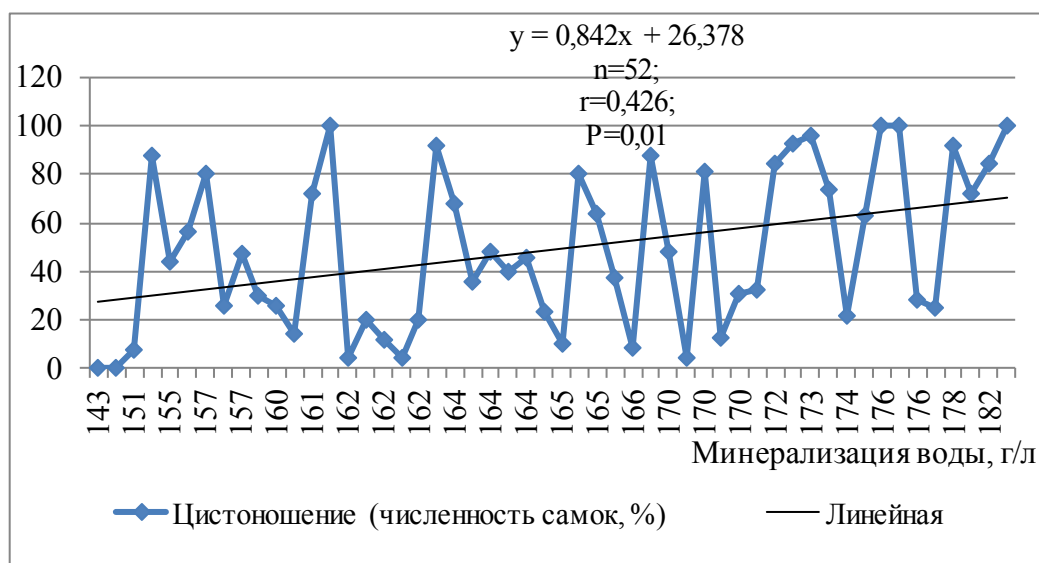


Рис. 2. Зависимость самок с цистоношением от минерализации воды оз. Большое Яровое

Минерализация воды оз. Большое Яровое, по многолетним наблюдениям, находится в пределах 134–226 г/л (2000–2016 гг.). Согласно данным аккредитованного Испытательного лабораторного центра (г. Славгород), сухой остаток в поверхностном слое воды в апреле составлял 141,5, в мае – 173,3 г/л. Таким образом, по величине солености воды условия для развития популяции артемии были удовлетворительные.

Для жизнедеятельности рачков значимо не только общее содержание солей, но и качественный солевой состав, прежде всего класс и группа воды. В оз. Большое Яровое вода по своему химическому составу относится к хлоридному классу группы натрия. Значение pH рапы озера составляет 8,1–8,4 (табл. 2).

Состав, степень развития и размножение водной растительности обуславливаются неоднородностью экологических условий в водоемах и подчиняются определенным закономерностям. В исследу-

емых водоемах наиболее важными условиями, определяющими характер распределения растительности, можно считать их географическое расположение, морфологические особенности, оптические свойства водных масс, химические факторы.

Таблица 2

Гидрохимический состав рапы оз. Большое Яровое, г. Славгород, 2018 г.

Показатели		28.04.2018 г.	20.05.2018 г.
pH		8,1±0,2	8,4±0,2
Анионы, г/л	NO ₃ ⁻	<0,0001	<0,0001
	NO ₂ ⁻	<0,00002	<0,00002
	Cl ⁻	70,0±6,3	80,0±7,2
	SO ₄ ⁻²	4,403±0,660	5,847±0,877
Катионы, г/л	NH ₄ ⁺	<0,00005	<0,00005
	K ⁺ +Na ⁺	29,808	36,455
	Ca ²⁺	0,501±0,055	0,501±0,055
	Mg ²⁺	9,12±0,18	9,42±0,19
Щелочность, ммоль/л		7,0±0,8	9,3±0,7
Сухой остаток, г/л		141,50±12,74	173,30±15,60
Жесткость, °Ж		775,0±70,0	800,0±72,0

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

На основании данных трехлетних наблюдений установлено, что в период слабой кормовой базы (низкий уровень развития фитопланктона) существенно замедляются рост и формирование рачка артемии, находящегося на последних стадиях развития: ювильной и предвзрослой. Такой период принято считать критическим, и по продолжительности он бывает до 15 дней и более. Как правило, формирование генерации выпадает на период низкой обеспеченности кормом в водоеме, яйцевая сумка в первых кладках в основном заполнена цистами, численность которых минимальна. Такие периоды могут возникнуть и возникали в разные годы в разных генерациях.

За многолетний период исследования (2003–2017 гг.) фитопланктона оз. Большое Яровое были обнаружены водоросли 10 видов из 7 отделов. В общем списке видов водорослей преобладают представители синезеленых, зеленых и диатомовых.

Из видов-индикаторов сапробности в пробах встречены диатомея *Nitzschia frustulum*, которая относится к β-мезосапробам, и *Phormidium tenue* из синезеленых, β-α-мезосапроб. *Ph. tenue* преобладал по численности, поэтому и значение индекса сапробности было немного выше, чем в предыдущие годы – 2,12, но не выходило, как и ранее, за пределы бета-мезосапробной зоны.

На основании результатов исследования состояния популяции артемии в оз. Большое Яровое в 2017 г. установлено, что развитие гидробионта в водоеме проходило при неблагоприятных условиях: высокая численность науплиев в весенний период (до 71,85 тыс. экз/м³) при ограниченной кормовой базе, низкая тепловая обеспеченность в летний период (2595 градусодней, что ниже на 342 по сравнению с 2016 г.), низкое значение минерализации воды в осенний период (средняя минерализация 150,00±3,01 г/л, что ниже среднееголетнего значения на 7,0% и связано со сменой регрессивной фазы водности трансгрессивной). Сложившиеся условия среды обитания оказали влияние на снижение численных показателей всех генераций популяции рачка артемии в оз. Большое Яровое. Средняя численность рачков всех стадий развития в промысловый период 2017 г. составила 5,66±1,17 тыс. экз/м³, что ниже среднееголетнего значения на 81,0% (30,37±11,15 тыс. экз/м³). Средняя численность половозрелых особей в 2017 г. была ниже среднееголетнего значения на 98,9% и минимальной за пе-

риод исследований с 2000 г. (средняя численность в промысловый период 2017 г. составила $0,04 \pm 0,01$ тыс. экз/м³, среднеемноголетнее значение – $3,62 \pm 1,13$). Продуктивность самок рачка артемии с цистоношением отмечалась с августа, что повлияло на снижение количества цист артемии в целом по озеру (рис. 3). Плодовитость самок с цистоношением колебалась от 26,7 до 73,7 экз/особь. Цисты в толще воды находились в дисперсном состоянии, не образуя промысловых скоплений.

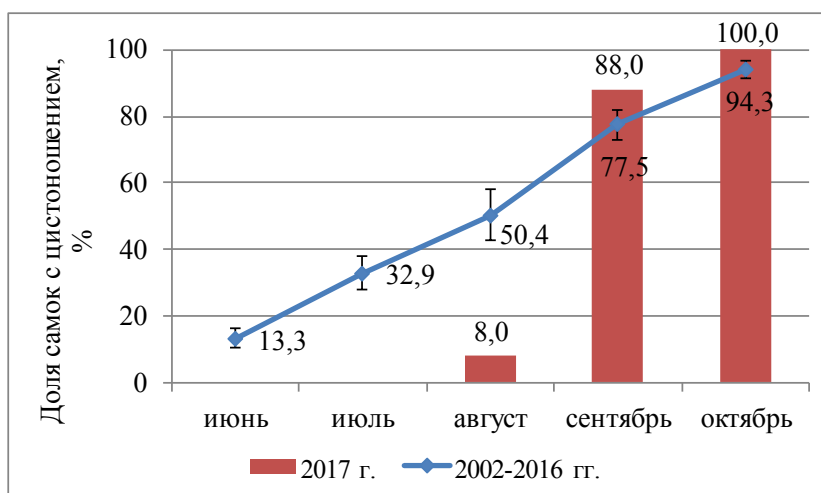


Рис. 3. Доля самок с цистоношением в популяции артемии оз. Большое Яровое в течение летне-осеннего периода по многолетним наблюдениям

Общий запас в среднем составлял 34,7 т, рекомендованный объем вылова при 60%-м изъятии на период 2017 г. – 20,8 т, продуктивность водоема – 5,8 кг/га, что значительно ниже по сравнению со среднеемноголетним значением (2000–2016 гг. – 124,9 кг/га).

В оз. Большое Яровое первая генерация артемии начинает формироваться во второй – третьей декаде апреля при прогреве воды до 5,0–10,0 °С. По многолетним наблюдениям, гидратация цист и вылупление ортонауплий происходят в литоральных, быстрее прогреваемых участках глубиной менее 1,0 м. Соленость воды в таких местах наименьшая благодаря стоку с водосборной площади. В начальный период жизни, по литературным данным, происходит массовая гибель рачков, а среди оставшихся особей наблюдается низкая смертность [8, 9]. На длительность развития и созревания жабронога существенно влияет температурный режим. Тот факт, что температура и соленость рапы являются лимитирующими для вылупления и последующего развития популяции артемии в условиях гипергалинных озер, подтверждается многочисленными исследованиями [10–12]. В глубинной части озера, как правило, отмечается незначительная численность науплий и цист с неравномерным вертикальным и горизонтальным распределением.

Средняя по водоему численность науплий и цист в апреле – мае варьирует в широких пределах. Многолетние исследования подтверждают, что поднятие цист с глубины озера, вымывание с прибрежных участков и вылупление происходят постепенно, но с разной интенсивностью в зависимости от гидрологических и температурных условий конкретного года [13]. Поэтому оценить численность популяции в весенний период в глубоководном озере по запасам цист в биоте перед зимовкой возможно только приближенно.

В третьей декаде апреля, по многолетним исследованиям (2002–2017 гг.), популяция артемии в оз. Большое Яровое представлена дегидратированными и гидратированными цистами, а также ортонауплиями и незначительной долей метанауплий. При благоприятном температурном режиме нарастание численности науплиальной стадии происходит довольно интенсивно. Во второй-третьей декаде мая в структуре популяции наблюдаются особи науплиальной стадии развития, а также ювенильной и предвзрослой. Численность науплий в мае по сравнению с апрелем, как правило, убывает за счет роста и смертности. Нарастание численности популяции происходит за счет ювенильных и предвзрослых особей. Плотность цист, по многолетним наблюдениям, сокращается за счет их выклева. Для характеристики динамики численности популяции артемии в весенний период использовалась суточная

изменчивость численности (табл. 3) [5]. Выявлено, что в весенний период происходит сокращение численности науплий в среднем на 402, цист – на 636 экз/сут. В мае увеличение численности популяции обусловлено главным образом появлением в ее составе ювенильных особей со скоростью изменения 468 экз/сут, а также предвзрослых – 30 экз.сут.

Таблица 3

Суточная изменчивость численности популяции артемии в оз. Большое Яровое, экз/сут

Дата исследований	Науплии	Ювенильные особи	Предвзрослые особи	Цисты
16.04. –05.05.2002	103	0	0	54
23.04. –22.05.2003	30	66	0	85
26.04. –27.05.2005	-1923	0	0	-2886
15.04. –04.05.2006	1	1	0	
15.04. –20.05.2009	194	153	83	-91
27.04. –26.05.2011	-51	407	25	840
20.04. –23.05.2012	-27	2516	3	-451
01.05. –20.05.2013	35	600	181	504
23.04. –27.05.2015	-2194	195	38	-2271
21.04. –20.05.2016	-411	538	0	-2042
26.04. –19.05.2017	-175	678	0	-104
Среднее	-402	468	30	-636
28.04. –20.05.2018	27	0	0	-908

В апреле 2018 г. абиотические факторы препятствовали поднятию цист с придонных слоев озера, поэтому массового выклева ортонауплий не наблюдалось. В глубоководной части озера насчитывалось незначительное количество ортонауплий и цист (16,6 и 808,8 экз/м³ соответственно) с неравномерным распределением по станциям (рис. 4). Распределение в водном столбе было также неравномерным, науплии отмечались только в верхнем, прогретом до положительной температуры, слое 0–2,0 м. В литоральных участках, более прогретых и с меньшей соленостью, процесс выклева был более интенсивным – плотность науплий составляла 4,8, цист – 116,8 тыс. экз/м³. В среднем по озеру численность науплий составила 0,84±0,54, численность цист – 20,97±13,32 тыс. экз/м³.

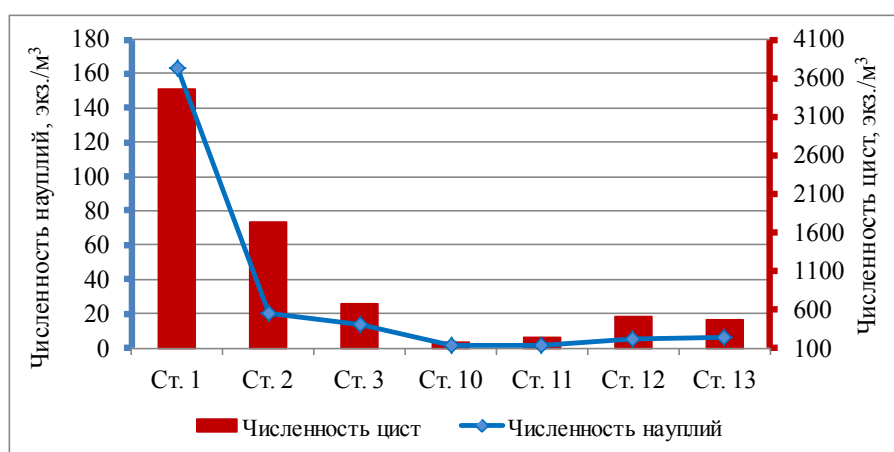


Рис. 4. Численные показатели науплий и цист артемии на глубоководных станциях оз. Большое Яровое, апрель 2018 г.

В мае 2018 г. гидробиологическая съемка на оз. Большое Яровое осуществлялась в условиях штиля, что способствовало более равномерному горизонтальному распределению рачков по акватории. В пробах отмечались в основном особи науплиальных стадий развития – орто- и метанауплии, в процентном соотношении преобладали метанауплии II, составляя в среднем 51,8% от общей численности рачков.

Одной из особенностей развития популяции в текущем сезоне можно назвать практическое отсутствие ювенильных и предвзрослых особей в пробах от 20 мая 2018 г. Отсутствие предвзрослых или незначительная их доля отмечались и в предыдущие годы (особенно в трансгрессивную фазу водности), но присутствие ювенильных является скорее нормой. Средняя численность науплий по озеру составляла $1,44 \pm 0,25$ тыс. экз/м³, ювенильные особи отмечались в незначительном количестве – $3,0 \pm 1,0$ экз/м³. В пробах отмечались в единичных экземплярах особи с признаками отмирания.

Таким образом, при расчете суточной изменчивости численности рачков и цист наблюдается незначительный прирост показателей, обусловленный увеличением численности науплий. Отсутствие предвзрослых особей свидетельствует о гибели науплий, отмеченных в пробах от 28 апреля 2018 г.

В лабораторных условиях проведены измерения длины тела особей орто- и метанауплий I–IV (табл. 4). При сравнении со среднемноголетними значениями обращает на себя внимание незначительное уменьшение этого показателя у науплий весенней генерации 2018 г., однако различия статистически недостоверны. Коэффициенты вариации показывали низкую изменчивость признака (C_v колебался от 1,52 до 4,17).

Таблица 4

Длина тела особей артемии науплиальных стадий развития оз. Большое Яровое

Стадия развития	Длина тела, мкм	
	среднемноголетняя (2006–2009 гг.)	средняя, 2018 г.
Ортонауплии	$0,491 \pm 0,008$	$0,433 \pm 0,008$
Метанауплии I	$0,734 \pm 0,012$	$0,619 \pm 0,012$
Метанауплии II	$0,881 \pm 0,013$	$0,777 \pm 0,012$
Метанауплии III	$1,121 \pm 0,016$	$0,962 \pm 0,018$
Метанауплии IV	$1,265 \pm 0,014$	$1,229 \pm 0,051$

Численность цист в толще воды в среднем по озеру составляла $990,0 \pm 240,0$ экз/м³, из них 68,3 % находились в дегидратированном состоянии. Доля цист с вкраплениями ила на поверхности хориона составляла от 7,0 до 10,0 %, увеличиваясь с глубиной.

Согласно п.п. 5.1 «Методических указаний...» [3], достаточная для обеспечения высокой численности артемии концентрация цист в весеннее время в среднем по озеру должна составлять не менее 50, проклюнувшихся науплий – 20 экз/л. По результатам ранневесенней (апрель) съемки в оз. Большое Яровое численность цист составляла 21,0, численность науплий – 0,8 экз/л, что ниже необходимой концентрации в 2,4 и 23,8 раза соответственно. Повторная съемка 20 мая 2018 г. показала среднюю численность цист 0,99, рачков – 1,53 экз/л, что также значительно ниже величин оптимальной концентрации, указанной в методике (в 50,5 и 13,1 раза соответственно).

Таким образом, по результатам мониторинговых исследований гипергалинного оз. Большое Яровое (г. Славгород Алтайского края) в весенний период (апрель и май 2018 г.), в период развития первой генерации рачков, выявлено депрессивное состояние развития популяции рачка артемии.

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

По результатам съемок в весенний период, в оз. Большое Яровое наблюдалась температурная стратификация, верхние слои водной массы (0–4,0 м) прогрелись до температуры 7,5–8,0 °С, в глубинных слоях отмечалась отрицательная температура (до -6,0 °С).

В связи с критическим состоянием развития популяции артемии в оз. Большое Яровое в сезон 2017 г. (продуктивность 5,8 кг/га) и низкими численными показателями популяции рачков в весенний период 2018 г. осуществление добычи биоресурса (артемии на стадии цист) в промысловом сезоне 2018 г. может значительно подорвать промысловую базу водоема.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Киселев И.А Методы исследования планктона // Жизнь пресных вод СССР. – Т. IV, ч.1. – М.: Л., 1956. – 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. отд-ние, 1975. – С. 58.
6. Алекин О. А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 442 с.
7. Оксийук О. П., Жукинский В. Н. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. – 1993. – Т. 29, вып. 4. – С. 62–76.
8. Гиляров А. М. Популяционная экология: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 191 с.
9. Литвиненко А. И., Литвиненко Л. И., Бойко Е. Г. Артемия в озерах Западной Сибири. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2009. – 304 с.
10. Воронов П. М. Влияние температуры на жизнеспособность яиц *Artemia salina* // Зоол. журн. – 1974. – Т. 53, вып. 4. – С. 546–549.
11. Воронов П. М. Влияние температуры на рост и созревание *Artemia salina* // Зоол. журн. – 1982. – Т. 61. – С. 1594–1596.
12. Иванова М. Б. Продукция планктонных ракообразных в пресных водах: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Л., 1983. – 29 с.
13. 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., *ZHizn» presnykh vod SSSR* (Freshwater life of the USSR), T. IV, part.1., Moscow, Leningrad: 1956., pp. 183–265. (In Russ.).
2. *Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoemakh*. Zoobentos i ego produktsiya (Guidelines for the collection and processing of materials for hydrobiological studies on freshwater bodies. Zoobenthos and its products), Leningrad: GosNIORKH, 1983., 51 p. (In Russ.).
3. *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu obshchikh dopustimyykh ulovov (ODU) tsist zhabronogogo rachka Artemia* (Guidelines for the determination of total allowable catches (TAC) cysts of the toad crustacean *Artemia*), Tyumen», 2002., 25 p. (In Russ.).
4. *Metodika izucheniya biogeotsenozov vnutrennikh vodoemov* (Methods of studying the biogeocenoses of inland waters), Moscow: Nauka, 1975. – 240 p. (In Russ.).
5. Khaberman YU. F., *Syr'evye resursy Pskovsko-CHudskogo ozera i ikh ratsional'noe ispol'zovanie*, Leningrad: Nauka, Leningr. otd-nie, 1975., p. 58. (In Russ.).
6. Alekin O. A. *Osnovy gidrokhimii* (Hydrochemistry bases). Leningrad: Gidrometeoizdat, 1970., 442 p. (In Russ.).
7. Oksiyuk O. P., Zhukinskij V. N., *Gidrobiologicheskij Zhurnal*, 1993., vol. 29, vyp. 4. – pp. 62–76. (In Russ.).
8. Gilyarov A. M. *Populyacionnaya ehkologiya: uchebnoe posobie* (Population ecology: studies. Allowance), Moscow: Izd-vo MGU, 1990., 191 p. (In Russ.).
9. Litvinenko A. I., Litvinenko L. I., Bojko E. G. *Artemiya v ozerah Zapadnoj Sibiri* (Artemia in the lakes of Western Siberia), Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 2009., 304 p. (In Russ.).
10. Voronov P. M., *Zoologicheskij zhurnal*, 1974., T. 53, vyp. 4., pp. 546–549. (In Russ.).
11. Voronov P. M., *Zoologicheskij zhurnal*, 1982., vol. 61., pp. 1594–1596. (In Russ.).
12. Ivanova M. B. *Produkcija planktonnykh rakoobraznykh v presnykh vodah*: avtoref. dis... d-ra biol. Nauk (Production of planktonic crustaceans in fresh waters: author. dis ... Doctor's thesis), Leningrad, 1983., 29 p. (In Russ.).
13. Vesnina L. V., Permyakova G. V. *Ehkologicheskie problemy presnovodnykh rybohozyajstvennykh vodoemov Rossii: materialy Vseros. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem*, Saint Petersburg.: Feniks, 2011., pp. 68–72. (In Russ.).