

УДК 574.583

## РАЗМЕРЫ ЦИСТ ПОПУЛЯЦИЙ АРТЕМИИ РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕР КУЛУНДИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Д.А. Старовойтова, О.С. Бурмистрова

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул*

*E-mail: [starovoitova.darya1990@mail.ru](mailto:starovoitova.darya1990@mail.ru), [burmolga@yandex.ru](mailto:burmolga@yandex.ru)*

*Проведены исследования диаметра цист в разнотипных по морфометрии и общей минерализации озерах Алтайского края в разные годы. Описаны различия средних размеров и распределения частот размеров цист из различных озер. Выявлено, что средний диаметр цист артемии и характер его распределения в популяциях зависит от морфометрических и гидрохимических характеристик озер.*

*Ключевые слова: цисты, артемия, гипергалинные озера, географическая и экологическая изоляция.*

*Дата поступления 16.10.2017*

Артемия – один из древнейших видов, населяющий гипергалинные водоемы и широко распространенный на всех континентах кроме Антарктиды. По систематическому положению рачок артемия относится к типу членистоногих (Arthropoda), подтипу ракообразных (Crustacea), классу жаброногих (Branchiopoda), подклассу саркострака (Sarcostraca), отряду жаброногов (Anostraca), подотряду (Artemiina), семейству артемиевые (Artemiidae), роду артемия (Artemia) [1].

Научный интерес к артемии вызван ее адаптацией к экстремальным условиям среды (высокая соленость, низкое содержание кислорода). Рачки характеризуются высокой экологической пластичностью. В зависимости от условий среды они могут менять свои размеры и форму. Основным морфообразующим фактором считается концентрация солей [2-3]. Принципы и способы адаптации природных популяций к изменяющимся условиям среды обитания составляют фундаментальную проблему экологии организмов. Инцистирование является одной из наиболее значимых адаптационных систем, обеспечивающих выживание популяций в крайне неблагоприятных условиях. Цисты артемии, из которых в любое

время можно получить науплиусы (личинки), во всем мире признаны лучшим стартовым кормом для личинок рыб и ракообразных. Главная ценность этих кормов заключена в удобстве использования и пищевых качествах [4]. Таким образом, рачки артемии представляют значительный научный и практический интерес.

Артемии раздельнополы. Самцы отличаются наличием пары крючковых хватателей, расположенных в области головы. Самки артемий легко узнаются по яйцевому мешку. Встречаются как бисексуальные, так и состоящие из одних только самок популяции (партеногенетические). Возможна смена состава популяции в зависимости от условий обитания. Размножаются артемии живорождением и откладыванием двух типов яиц – с тонкой (летние яйца) и толстой (цисты) оболочками. Из первых выклев науплиусов происходит сразу после их вымета или через 2-5сут, из вторых – после выхода из состояния диапаузы [5].

Установлено, что в естественных условиях процессы живорождения или яйценошения зависят от различных сочетаний факторов среды, главными из которых являются соленость, темпера-

тура, содержание кислорода и условия питания [2; 5-7].

Особенностью жизненного цикла артемии является внутригодовая и многолетняя цикличность. В течение одного вегетационного сезона возможно появление от одной до четырех генераций. В многолетнем аспекте жизненного цикла артемии характерной особенностью этого вида являются защитная функция хориона, благодаря которой цисты могут сохраняться в течение многих лет [8].

Гипергалинные озера различаются как по солености, так и по соотношению ионов. Обитатели этих озер также отличаются по различным характеристикам: количеству хромосом [9], морфометрии взрослых особей, морфометрии науплий, морфометрии цист [6].

Цель исследования – проанализировать эколого-биологические особенности организмов жаброногого рачка артемии на стадии цист в озерах Кулундинской низменности. Задача – анализ разнообразия размеров цист артемии разнотипных озер, в том числе за разные годы для одного и того же озера, в зависимости от абиотических факторов.

#### *Материалы и методы*

Материалом для исследования послужили цисты рачков артемии, собранные на разнотипных гипергалинных озерах Кулундинской низменности (Кулундинское, Большое Яровое, Малое Яровое) в периоды с 1997 по 2002, с 2004 по 2008 гг., а также в 2012 и 2016 гг. Озера отличаются по размерам акватории, глубине и солености (табл. 1). Данные приведены по Л.И. Литвиненко [10]. В озерах преобладают хлориды натрия.

Измерения гидратированных цист производили через 2 часа под бинокулярным микроскопом МБС-10 при увеличении  $7 \times 12$  (цена деления – 10 мкм). Для каждой популяции измеряли по 100 цист. Полученные результаты обрабатывали статистическими методами [11].

Для оценки различия средних использовали t-критерий Стьюдента.

#### *Результаты исследования*

В разные годы средний диаметр цист в озерах варьировал от 0,226 до 0,256 мм (табл. 2). Различия между минимальным и максимальным значением составляют 0,030 мм, причем они отмечаются в одном и том же озере – М. Яровое. Внутрипопуляционный размах варьирования признака в других озерах несколько ниже, различия максимальных и минимальных значений составляют от 0,013 (оз. Кулундинское) до 0,014 мм (оз. Б. Яровое). Коэффициенты вариации не превышают 6 %. По классификации Г.Н. Зайцева варьирование относится к нормальному [11].

Чтобы оценить изменчивость диаметра цист артемии в зависимости от климатических условий года, сравнивали цисты, собранные в одном и том же озере в разные годы. Для этого использовали t-критерий Стьюдента. Различия большинства сравниваемых пар оз. М. Яровое и оз. Кулундинское оказались статистически значимы, причем с высокой степенью достоверности – 99 % и более. Исключение – популяция артемии оз. Кулундинское, где в 1999 и 2001 гг. значимых различий не обнаружилось. В популяции оз. Б. Яровое напротив значимые различия отмечаются только в трех парах: 2004 и 2006, 2006 и 2008, 2008 и 2012 гг. (степень достоверности – 95 %).

Одной из характеристик популяции является анализ распределения биометрических данных. Чаще всего биологические наблюдения располагаются приблизительно в соответствии с кривой нормального распределения. В тех случаях, когда какие-либо условия способствуют появлению значений признаков, отличающихся от средней величины, образуются асимметричные распределения. Когда какие-либо причины благоприятствуют более частому появлению средних значений, образуются эксцессивные распределения, имеющие вид острой пирамиды [11].

В Кулундинском озере распределение диаметра цист артемии в 1998, 1999 и 2002 гг. наиболее симметричны и приближены к нормальному, они различаются только модальными значениями – в 1998 г. оно сдвинуто в область больших величин, в 1999 г. – меньших, а в 2002 г. – группировка более половины значений в области модального класса (рис. 1). Для распределения 2005 г. характерно резкое снижение частот меньше модального класса, а для распределения 2001 г. – сдвиг в область меньших величин модального класса.

Оценку значения характеристик каждого озера для изучаемого признака проводили путем сравнения средних и распределений частот размеров цист из различных озер в один год сбора. При парном сравнении средних значений диаметра цист трех изученных популяций артемии 1998 г. только в одной паре – оз. Кулундинское и оз. Б. Яровое, раз-

личия не достоверны, в остальных – значимы. В то время как в популяциях артемии 1999 г. все различия статистически значимы, при  $p \leq 0,001$ . Распределение частот также заметно различается (рис. 2).

В 1998 г. наиболее равномерны распределения диаметра цист в популяциях артемии оз. Кулундинского и оз. Б. Яровое, однако там отмечается сдвиг в область меньших величин модального класса. Для распределения диаметра цист в популяциях артемии оз. М. Яровое – группировка более половины значений в области модального класса (рис. 2а). Распределение диаметра цист для популяций артемии всех трех озер в 1999 г. симметричны и приближены к нормальному, они различаются только модальными значениями – в оз. Кулундинское и оз. М. Яровое оно сдвинуто в область меньших величин, в оз. Б. Яровое – больших величин (рис. 2б).

Таблица 1

Географическое расположение озер Кулундинской низменности и их характеристики

| Озера          | Географические координаты | Площадь акватории, км <sup>2</sup> | Глубина, м |              | Пределы многолетних колебаний солености летом, г/л |
|----------------|---------------------------|------------------------------------|------------|--------------|--|
|                |                           |                                    | средняя    | максимальная |  |
| Кулундинское   | 53°10'с.ш., 79°30'в.д.    | 720                                | 2          | 3,6          | 40-132   |
| Большое Яровое | 52°50'с.ш., 78°41'в.д.    | 66,7                               | 4,6        | 9,5          | 135-204  |
| Малое Яровое   | 53°04'с.ш., 79°10'в.д.    | 35                                 | 1,5        | 2,4          | 202-280  |

Таблица 2

Статистические параметры размеров цист в озерах Кулундинской низменности\*, мм

| Год  | Кулундинское |                   |       | Большое Яровое |                   |              | Малое Яровое |                   |       |
|------|--------------|-------------------|-------|----------------|-------------------|--------------|--------------|-------------------|-------|
|      | x            | $\sigma/\sqrt{n}$ | V     | x              | $\sigma/\sqrt{n}$ | V            | x            | $\sigma/\sqrt{n}$ | V     |
| 1997 | –            | –                 | –     | 0,248          | $\pm 0,0011$      | 4,632        | –            | –                 | –     |
| 1998 | 0,245        | $\pm 0,0014$      | 5,902 | 0,247          | $\pm 0,0011$      | 4,594        | 0,241        | $\pm 0,0012$      | 5,033 |
| 1999 | 0,232        | $\pm 0,0013$      | 5,569 | 0,249          | $\pm 0,0012$      | 4,594        | 0,226        | $\pm 0,0010$      | 4,605 |
| 2000 | –            | –                 | –     | 0,237          | $\pm 0,0010$      | 4,355        | –            | –                 | –     |
| 2001 | 0,233        | $\pm 0,0009$      | 3,849 | 0,235          | $\pm 0,0014$      | $\pm 0,0014$ | –            | –                 | –     |
| 2002 | 0,241        | $\pm 0,0010$      | 4,232 | –              | –                 | –            | –            | –                 | –     |
| 2004 | –            | –                 | –     | 0,246          | $\pm 0,0011$      | 4,633        | –            | –                 | –     |
| 2005 | 0,233        | $\pm 0,0013$      | 5,519 | –              | –                 | –            | –            | –                 | –     |
| 2006 | –            | –                 | –     | 0,242          | $\pm 0,0011$      | 4,442        | 0,238        | $\pm 0,0013$      | 5,454 |
| 2007 | –            | –                 | –     | –              | –                 | –            | 0,256        | $\pm 0,0013$      | 5,133 |
| 2008 | –            | –                 | –     | 0,246          | $\pm 0,0015$      | 5,999        | –            | –                 | –     |
| 2012 | –            | –                 | –     | 0,237          | $\pm 0,0012$      | 5,067        | 0,238        | $\pm 0,0009$      | 3,822 |
| 2016 | –            | –                 | –     | –              | –                 | –            | 0,245        | $\pm 0,0011$      | 4,465 |

Примечание: \* – объем выборки составил по 100 шт. для каждого года; x – среднее;  $\sigma/\sqrt{n}$  – стандартная ошибка; V – коэффициент вариации; «–» – нет сведений.

При попарном сравнении средних значений диаметра цист трех изученных популяций артемии только в одной паре – оз. Б. Яровое и оз. М. Яровое, различия не достоверны, в остальных – значимы (рис. 5).

*Обсуждение результатов*

Диаметр цист варьирует в зависимости от принадлежности их к тому или иному водоему. При сравнении среднего диаметра цист по всем изучаемым озерам в целом за все годы выяснилось, что более мелкие цисты находятся в

оз. Кулундинское ( $0,237 \pm 0,0006$  мм), что совпадает с исследованиями Р.А. Клепикова [12] и Л.В. Весниной [13]. Известно, что более мелкие цисты оз. Кулундинское ценятся выше благодаря возможности получения большего количества и более мелких – науплиусов с равного объема инкубируемых цист [14]. Наиболее крупные размеры цист артемии отмечены в оз. Б. Яровое ( $0,243 \pm 0,0005$  мм), в то время как цисты оз. М. Яровое ( $0,241 \pm 0,0009$  мм) занимают промежуточное положение.

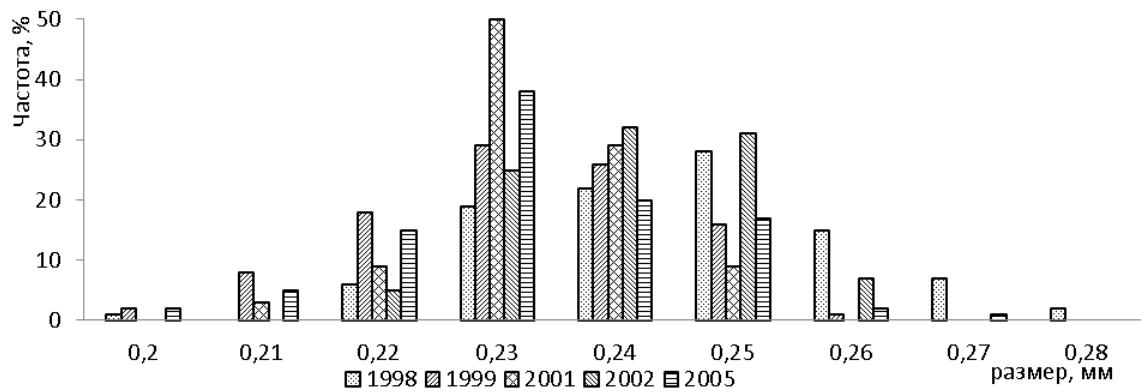


Рис. 1. Диаметр цист в популяциях артемии оз. Кулундинское с 1999 по 2005 гг.

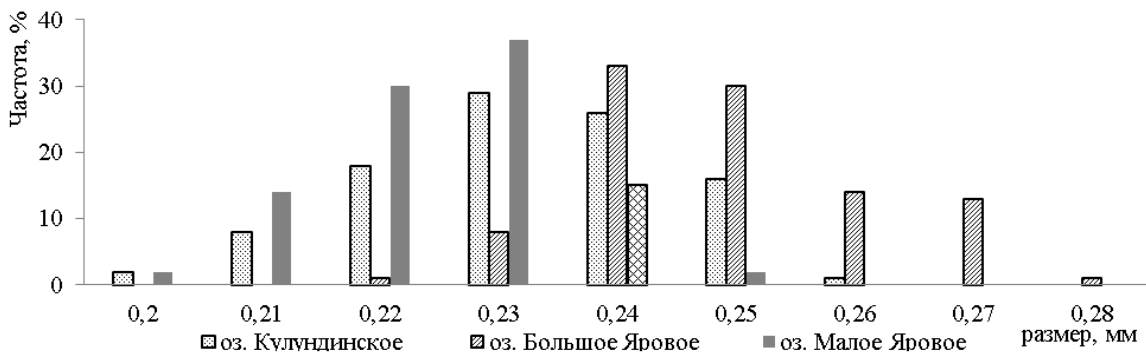
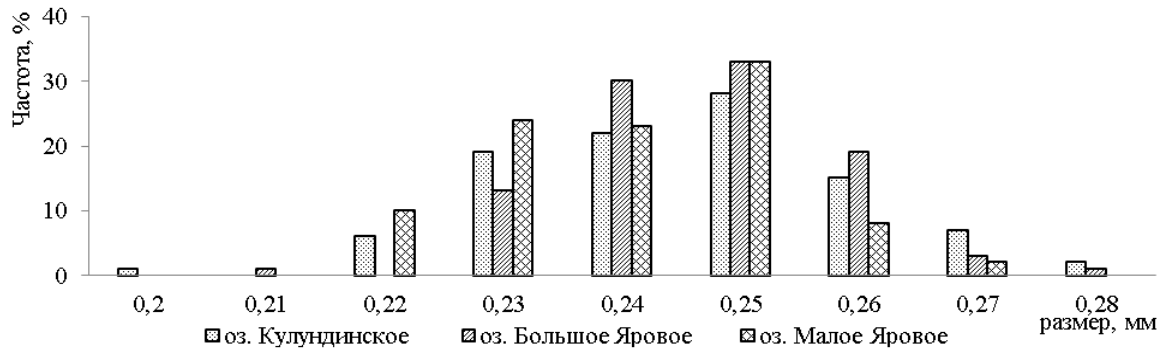


Рис. 2. Диаметр цист в популяциях артемии в озерах Кулундинской низменности: а – 1998 г.; б – 1999 г.

Исследованные озера можно разделить на две группы: первая – оз. Кулундинское, где все различия средних значений диаметра цист оказались статистически значимы, вторая – оз. Б. Яровое и оз. М. Яровое, различия между которыми не достоверны. Вероятно, это связано с близким географическим расположением, небольшой площадью акватории, а также более высоким уровнем солености озер во второй группе по сравнению с первой (табл. 1). Отсюда следует, что морфологические различия цист могут быть обусловлены как географической изоляцией, которая препятствует переносу генов, так и экологической, которая способствует выработке толерантности к определенному составу и концентрации ионов [6].

Пределы варьирования размеров и среднее значение диаметра цист по всем исследованным озерам в основном совпадают с данными по 12 популяциям в других озерах Западной Сибири (диапазон – от 0,204 до 0,372 мм при средних – от 0,241 до 0,289 мм) [5] и с диапазоном размеров от мелких (0,220–0,250 мм) до самых крупных (до 0,330 мм) цист в озерах других регионов мира [15–16].

Изменчивость морфологических признаков артемии под влиянием факторов среды – давно известный факт [6]. Диаметр цист может значительно колебаться у жаброногов одного гипергалинного водоема в зависимости от условий формирования биоты в конкретные годы, отличающиеся климатическими условиями [14].

Изменение общей минерализации воды и, главным образом, ее солевого состава определяет морфологические особенности строения артемии [13]. На значение минерализации воды непосредственно влияет уровневый режим водоемов. Динамика общей минерализации воды подчеркивает некоторую опресненность акватории в весенний период, во время притока талых вод с

водосборной площади, и четкую тенденцию роста концентрации солей к осени во всех гипергалинных водоемах Алтайского края [17].

В 1998 г. минерализация оз. Кулундинское составляла 83,7 г/л [18], а в 2002 г. – 94 г/л [19], в то время как среднее значение диаметра цист уменьшилось с  $0,245 \pm 0,0014$  мм (1998) до  $0,241 \pm 0,0010$  мм (2002). Варьирование средних значений диаметра цист в оз. Кулундинское, вероятно, связано с изменением общей минерализации воды, зависящей от увлажнения территории водосборного бассейна. Известно, что оз. Кулундинское испытывает значительные многолетние колебаниями уровня воды [20]. В период с 1933 по 1979 гг., по данным А.М. Догановского, наименьший уровень поверхности воды озера зафиксирован в 1979 г. и составлял 98,96 м балтийской системы, а наибольший в 1962 г. – 100,59. При таких положениях уровней площади зеркала равны, соответственно, 620 и 794 км<sup>2</sup>. Максимальная амплитуда колебаний за рассматриваемый период составила 1,63 м, что значительно превышает среднюю годовую амплитуду, равную 48 см (максимальная амплитуда зафиксирована в 1948 г. и составила 71 см, минимальная (1968) – 16 см) [20–21].

Похожая закономерность встречается в оз. Б. Яровое в 2000–2001 гг., когда минерализация воды колебалась в интервале 216,3–231,7 г/л [18], а в 2008 г. она снизилась до 150–156 г/л [22], в то время как среднее значение диаметра цист в озере возросло с  $0,237 \pm 0,0010$  мм в 2000 и  $0,235 \pm 0,0014$  мм в 2001 гг. до  $0,246 \pm 0,0015$  мм в 2008 г. Вследствие этого, можно предположить, что с увеличением минерализации озера снижается диаметр цист популяций артемии, обитающих в нем, а с уменьшением – возрастает.

Установлено, что к морфологическим различиям цист артемии могут привести географическая и экологиче-

ская изоляции популяций, а также различный уровень ploидности, который важен для партеногенетических популяций, т.к. именно для них установлен полиплоидный ряд. В партеногенетических популяциях встречаются диплоиды ( $2n=42$ ), триплоиды ( $3n=63$ ), тетраплоиды ( $2n=84$ ) и пентаплоиды ( $2n=105$ ). Увеличение числа хромосом способствует увеличению размера клеток, что приводит к изменению морфологии, а именно – к увеличению размерных параметров. Встречаются популяции, в которых особи разного уровня ploидности могут сосуществовать вместе [23]. Полученное в нашем исследовании отклонение от нормального распределения диаметра цист, вероятно, свидетельствует о том, что в выборках присутствуют значения признака не одной, а двух или более совокупностей.

Известно, что в партеногенетических популяциях все особи гомозиготны. Возможно, гомозиготизация приводит к образованию в популяциях определенного количества генотипически различных клонов. Следовательно, при изменении условий среды (солености, температуры, стратификации озера и кормовой базы) отбор происходит на уровне клонов – наиболее приспособленные получают преимущество при размножении [6]. На наш взгляд, отклонения от нормального распределения диаметра цист артемии в оз. Кулундинское в разные годы сбора подтверждают данную интерпретацию. Таким образом, смещение модальных классов распределения размеров диаметра цист в популяциях оз. Кулундинское в сторону больших или меньших

значений в отдельные годы является адаптационным ответом популяции на изменение окружающей среды.

#### Выводы

1. В исследованных озерах диаметр цист артемии варьировал от 0,200 до 0,290 мм, средние значения находились в пределах от  $0,226 \pm 0,0010$  (оз. М. Яровое, 1999) до  $0,256 \pm 0,0013$  мм (оз. М. Яровое, 2007), что свидетельствует о значительном разнообразии размеров цист исследованных популяций.

2. При сравнении среднего диаметра цист по всем исследованным озерам в целом за все годы выяснилось, что более мелкие цисты находятся в оз. Кулундинское ( $0,237 \pm 0,0006$  мм), более крупные – в оз. Б. Яровое ( $0,243 \pm 0,0005$  мм), в то время как цисты оз. М. Яровое ( $0,241 \pm 0,0009$  мм), занимают промежуточное положение.

3. Пределы варьирования средних значений диаметра цист в исследованных озерах в основном совпадают с данными по другим популяциям в озерах Западной Сибири и других регионов мира.

4. Смещение модальных классов распределения размеров диаметра цист в популяциях оз. Кулундинское в различные годы в сторону больших или меньших значений – адаптационный ответ популяции на межгодовые изменения концентрации солей в озере.

5. Средний диаметр цист и характер его распределения в популяциях исследованных озер зависят от морфометрических и гидрохимических характеристик озер.

#### Список литературы

1. Zhang Z.-Q. Phylum Arthropoda // Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness (Addenda 2013). – Auckland, New Zealand: Magnolia Press. – 2013. – Vol. 3703. – №. 1. – P. 17-26.
2. 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.
3. Pilla E.J.S. Genetic differentiation and speciation in Old World Artemia. – U.K.: University College of Swansea, 1992. – 356 p.

4. Бойко Е.Г., Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И. Сравнительная морфометрическая характеристика рачков рода *Artemia* Уральских и Западно-Сибирских популяций в годы с разной водностью // *Агропродовольственная политика России*. – 2016. – № 12 (60). – С. 63-70.
5. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г. *Артемия в озерах Западной Сибири*. – Новосибирск: Наука, 2009. – 304 с.
6. Егоркина Г.И., Кириллов В.В., Павлова Е.К., Романова Н.С. Сравнительный анализ популяций артемии в озерах Обь-Иртышского междуречья по морфометрическим признакам цист и науплиусов // *Ползуновский вестник*. – 2006. – С. 360-364.
7. Методика аквакультуры жаброногого рачка артемии в соленых озерах России: отчет о НИР ИВЭП СО РАН / Отв. исп.: В.В. Кириллов – Новосибирск-Барнаул, 2014. – 48 с.
8. Sorgeloos P. The brine shrimp *Artemia salina*: A bottleneck in Mariculture // *FAO Technical Conference on Aquaculture*. – Kyoto. – 1979. – P. 321–324.
9. Егоркина Г.И., Павлова Е.К. Цитогенетический мониторинг популяций артемии соленых озер Обь-Иртышского междуречья // *Матер. III Междунар. науч. конфер. «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды»*, 17-22 сентября 2007 г., Минск-Нарочь. – Минск, 2007. – С. 310.
10. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Соловов В.П. и др. Биogeография и характеристика природных мест обитания сибирской артемии // *Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование: сб. докл. Междунар. науч.-исслед. семинара – Тюмень*, 2004. – С. 3-28.
11. Зайцев Г.Н. Математический анализ биологических данных. – М.: Наука, 1991. – 181 с.
12. Клепиков Р.А. Цисты рачка *Artemia Leach*, 1819 в гипергалинных озерах Алтайского края // *Автореф. дисс. ... канд. биол. наук*. – Новосибирск: НГАУ, 2012. – 23 с.
13. Веснина Л.В., Ронжина Т.О., Пермякова Г.В., Клепиков Р.А., Коротких В.Б. Результаты мониторинговых исследований промысловых гипергалинных озер Алтайского края // *Вестник НГАУ*. – 2011. – Т. 4. – № 20 – С. 46-51.
14. Методика контрольного взвешивания цист рачка *Artemia Leach*, 1819 и корректировка квоты их вылова с учетом фактической влажности и чистоты биосырья: метод. указания – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2014. – 32 с.
15. Vanhaecke P., Sorgeloos P. International Study on Artemia. IV. The biometrics of *Artemia* strains from different geographical origin // *Marine Ecology – Progress Series*. – 1980. – Vol. 3. – P. 393-405.
16. Sorgeloos P., Lavens P., Leger Ph. et al. Manual for the culture and use of brine shrimp in aquaculture. – Belgium: Chent universiteit, 1986. – 319 p.
17. Веснина Л.В., Пермякова Г.В., Ронжина Т.О. Биота промысловых гипергалинных озер Алтайского края в трансгрессивную и регрессивную фазы водности // *Вест. Камчатского государственного технического ун-та*. – 2012. – № 21. – С. 24-30.
18. Третьякова Е.И. Особенности распределения тяжелых металлов по компонентам водных экосистем различной минерализации: дисс... канд. хим. наук. – Барнаул, 2000. – 120 с.
19. Леонова Г.А., Богуш А.А., Бобров В.А., Бычинский В.А., Трофимова Л.Б., Маликов Ю.И. Эколого-геохимическая оценка соляных озер Алтайского края // *География и природные ресурсы*. – 2007. – № 1. – С. 51-59.
20. Догановский А.М. Водный баланс оз. Кулундинского и его возможные изменения в связи с предполагаемым хозяйственным использованием водоема // *Тр. ЛГМИ*. – 1979. – Вып. 69. – С. 66-79.
21. Догановский А.М. Закономерности многолетних колебаний уровней оз. Кулундинского // *Водные ресурсы Алтайского края, их рациональное использование и охрана*. – Барнаул, 1978. – С. 109-112.

22. Долматова Л.А. Сезонная динамика гидрохимических характеристик оз. Большое Яровое // Мир науки, культуры, образования. – 2010. – № 6 (2). – С. 272-277.

23. Triantaphyllidis G.V., Abatzopoulos T.J., Miasa E., Sorgeloos P. International Study on Artemia L 6. Characterization of two Artemia populations from Namibia and Madagascar: cytogenetics, biometry, characteristics and fatty acid profiles // Hydrobiologia. – 1996. – № 335. – P. 97-106.

### References

1. Zhang Z.-Q. Phylum Athropoda // Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness (Addenda 2013). – Auckland, New Zealand: Magnolia Press. – 2013. – Vol. 3703. – №. 1. – P. 17-26.

2. Solovov V.P., Studenikina T.L. Rachok artemiya v ozerakh Zapadnoy Sibiri: morfologiya, ekologiya, perspektivy khozyaystvennogo ispolzovaniya. – Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-niye, 1990. – 81 s.

3. Pilla E.J.S. Genetic differentiation and speciation in Old World Artemia. – U.K.: University College of Swansea, 1992. – 356 p.

4. Boyko Ye.G., Litvinenko L.I., Litvinenko A.I. Sravnitel'naya morfometricheskaya kharakteristika rachkov roda Artemia Uralskikh i Zapadno-Sibirskikh populyatsy v gody s raznoy vodnostyu // Agroprodovolstvennaya politika Rossii. – 2016. – № 12 (60). – S. 63-70.

5. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko Ye.G. Artemiya v ozerakh Zapadnoy Sibiri. – Novosibirsk: Nauka, 2009. – 304 s.

6. Yegorkina G.I., Kirillov V.V., Pavlova Ye.K., Romanova N.S. Sravnitelny analiz populyatsy artemii v ozerakh Ob-Irtyshskogo mezhdurechya po morfometricheskim priznakam tsist i naupliusov // Polzunovsky vestnik. – 2006. – С. 360-364.

7. Metodika akvakultury zhabronogogo rachka artemii v solenykh ozerakh Rossii: otchet o NIR IVEP SO RAN / Otv. isp.: V.V. Kirillov– Novosibirsk-Barnaul, 2014. – 48 s.

8. Sorgeloos P. The brine chrimp Artemia salina: A bottleneck in Mariculture // FAO Technical Conference on Aquaculture. – Kyoto. – 1979. – R. 321–324.

9. Yegorkina G.I., Pavlova Ye.K. Tsitogenetichesky monitoring populyatsy artemii solenykh ozer Ob-Irtyshskogo mezhdurechya // Mater. III Mezhdunar. nauch. konfer. «Ozernye ekosistemy: biologicheskiye protsessy, antropogennaya transformatsiya, kachestvo vody», 17-22 sentyabrya 2007 g., Minsk-Naroch. – Minsk, 2007. – S. 310.

10. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Colovov V.P. i dr. Biogeografiya i kharakteristika prirodnikh mest obitaniya sibirskoy artemii // Bioraznoobraziye artemii v stranakh SNG: sovremennoye sostoyaniye eye zapasov i ikh ispolzovaniye: sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-issled. seminarov – Tyumen, 2004. – S. 3-28.

11. Zaytsev G.N. Matematichesky analiz biologicheskikh dannyykh. – M.: Nauka, 1991. – 181 s.

12. Klepikov R.A. Tsisty rachka Artemia Leach, 1819 v gipergalinnykh ozerakh Altayskogo kraya // Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk. – Novosibirsk: NGAU, 2012. – 23 s.

13. Vesnina L.V., Ronzhina T.O., Permyakova G.V., Klepikov R.A., Korotkikh V.B. Rezultaty monitoringovykh issledovany promyslovykh gipergalinnykh ozer Altayskogo kraya // Vestnik NGAU. – 2011. – T. 4. – № 20 – S. 46-51.

14. Metodika kontrol'nogo vzveshivaniya tsist rachka Artemia Leach, 1819 i korekcirovka kvoty ikh vylova s uchetom fakticheskoy vlazhnosti i chistoty biosyrya: metod. ukazaniya – Novosibirsk: ITs «Zolotoy kolos», 2014. – 32 s.

15. Vanhaecke P., Sorgeloos P. International Study on Artemia. IV. The biometrics of Artemia strains from different geographical origin // Marine Ecology – Progress Series. – 1980. – Vol. 3. – P. 393-405.



16. Sorgeloos P., Lavens P., Leger Ph. et al. Manual for the culture and use of brine shrimp in aquaculture. – Belgium: Chent universiteit, 1986. – 319 p.
17. Vesnina L.V., Permyakova G.V., Ronzhina T.O. Biota promyslovykh gipergalinnykh ozer Altayskogo kraya v transgressivnuyu i regressivnuyu fazy vodnosti // Vest. Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo un-ta. – 2012. – № 21. – S. 24-30.
18. Tretyakova Ye.I. Osobennosti raspredeleniya tyazhelykh metallov po komponentam vodnykh ekosistem razlichnoy mineralizatsii: diss... kand. khim. nauk. – Barnaul, 2000. – 120 s.
19. Leonova G.A., Bogush A.A., Bobrov V.A., Bychinsky V.A., Trofimova L.B., Malikov Yu.I. Ekologo-geokhimicheskaya otsenka solyanykh ozer Altayskogo kraya // Geografiya i prirodnye resursy. – 2007. – № 1. – S. 51-59.
20. Doganovsky A.M. Vodny balans oz. Kulundinskogo i ego vozmozhnye izmeneniya v svyazi s predpolagayemym khozyaystvennym ispolzovaniyem vodoyema // Tr. LGMI. – 1979. – Vyp. 69. – S. 66-79.
21. Doganovsky A.M. Zakonomernosti mnogoletnikh kolebany urovney oz. Kulundinskogo // Vodnye resursy Altayskogo kraya, ikh ratsionalnoye ispolzovaniye i okhrana. – Barnaul, 1978. – S. 109-112.
22. Dolmatova L.A. Sezonnaya dinamika gidrokhimicheskikh kharakteristik oz. Bolshoye Yarovoye // Mir nauki, kultury, obrazovaniya. – 2010. – № 6 (2). – S. 272-277.
23. Triantaphyllidis G.V., Abatzopoulos T.J., Miasa E., Sorgeloos P. International Study on Artemia L 6. Characterization of two Artemia populations from Namibia and Madagascar: cytogenetics, biometry, characteristics and fatty acid profiles // Hydrobiologia. – 1996. – № 335. – R. 97-106.

## SIZE OF ARTEMIA CYSTS IN DIFFERENT LAKES OF KULUNDA LOWLAND

D.A. Starovoitova, O.S. Burmistrova

*Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, E-mail: [starovoitova.darya1990@mail.ru](mailto:starovoitova.darya1990@mail.ru),  
[burmolga@yandex.ru](mailto:burmolga@yandex.ru)*

*The diameter of cysts in the Altai lakes of different morphometry and total mineralization was studied in 1997-2002, 2004-2008, 2012 and 2016. The average cyst size and the distribution of size frequency in different lakes within one sampling year are described. It is found that the average parameters of the population and the size distribution within the population depend on morphometric and hydrochemical characteristics of lakes. The obtained results give reason to assume the cytogenetic heterogeneity of populations.*

*Key words:* cysts, Artemia, hypersaline lakes, geographic and ecological isolation.

*Received October 16, 2017*