

УДК 639.28.053.7

## РОЛЬ БЕНТОСНЫХ ЦИСТ В БИОЦЕНОЗЕ ГИПЕРГАЛИННЫХ ВОДОЕМОВ

Л. И. Литвиненко<sup>1</sup>, В. А. Бизиков<sup>2</sup>, К. В. Куцанов<sup>1</sup>, Е. М. Саенко<sup>3</sup>,  
А. М. Сёмик<sup>4</sup>, Н. П. Ковачева<sup>2</sup>, Н. В. Кряхова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства (ФГБНУ «Госрыбцентр»),  
Тюмень 625023, Россия

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии  
(ФГБНУ «ВНИРО»), Москва 107140, Россия

<sup>3</sup>Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «АзНИИРХ»),  
Ростов-на-Дону 344002, Россия

<sup>4</sup>Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «АзНИИРХ»),  
Керченский филиал, Керчь 298300, Россия

E-mail: litvinenko\_li@mail.ru; bizikov@vniro.ru; grc-opb@mail.ru; saenko\_e\_m@azniirkh.ru;  
udot2@mail.ru; kovatcheva@vniro.ru

**Аннотация.** В статье приведены результаты мониторинга численности и биомассы цист артемии, проведенного в 2018 г. в 35 гипергалинных водоемах России (Крым и Западная Сибирь). Показана значительная доля бентосных цист в общих запасах и делается заключение об определяющей роли этих цист в формировании численности первой генерации последующего промыслового сезона.

**Ключевые слова:** артемия, *Artemia*, бентосные цисты, гипергалинные водоемы, численность, запас, Западная Сибирь, Крым

## THE ROLE OF BENTHIC CYSTS IN THE BIOCENOSIS OF HYPERSALINE BODIES OF WATER

L. I. Litvinenko<sup>1</sup>, V. A. Bizikov<sup>2</sup>, K. V. Kutsanov<sup>1</sup>, E. M. Saenko<sup>3</sup>,  
A. M. Semik<sup>4</sup>, N. P. Kovacheva<sup>2</sup>, N. V. Kryakhova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>State Scientific and Production Centre of Fishery (FSBSI "SFC"), Tyumen 625023, Russia

<sup>2</sup>Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI "VNIRO"), Moscow 107140, Russia

<sup>3</sup>Azov Sea Research Fisheries Institute (FSBSI "AzNIIRKH"), Rostov-on-Don 344002, Russia

<sup>4</sup>Azov Sea Research Fisheries Institute (FSBSI "AzNIIRKH"), Kerch Branch, Kerch 298300, Russia

E-mail: litvinenko\_li@mail.ru; bizikov@vniro.ru; grc-opb@mail.ru; saenko\_e\_m@azniirkh.ru;  
udot2@mail.ru; kovatcheva@vniro.ru

**Abstract.** In 2018, the abundance and biomass of *Artemia* cysts were monitored in 35 hypersaline water bodies of Russia (in Crimea and Western Siberia), and the results are presented. The fraction of benthic cysts in total stocks is shown to be considerable, and conclusion is made that these cysts will define the formation of abundance of the first generation in the following harvesting season.

**Keywords:** brine shrimps, *Artemia*, benthic cysts, hypersaline water bodies, abundance, stock, Western Siberia, Crimea

## ВВЕДЕНИЕ

Начиная с 2000 г. в водоемах Западной Сибири регулярно проводятся исследования запасов бентосных цист. В 2002 г. в публикации было впервые упомянуто о бентосных цистах артемии (Литвиненко и др., 2002) и в том же году была разработана Методика определения запасов цист в водоемах и их возможного вылова (Методические указания..., 2002), которая учитывала эти цисты. За последующий период в результате мониторинговых исследований были определены годовая динамика этих цист, их предельная и средняя численность, влияние солености на них (Литвиненко и др., 2009; Litvinenko et al., 2015). Запасы бентосных цист при определении возможного вылова учитывались не только в водоемах Западной Сибири, но и в водоемах Калмыкии (Иванова, 2013) и Казахстана (Вольф, 2010). Несмотря на такую изученность этого запаса цист, остаются нерешенными вопросы роли бентосных цист в биоценозе гипергалинных водоемов. На основе данных полевых исследований гипергалинных водоемов России в 2018 г. были определены доля бентосных цист в общих запасах в целом по всем изученным водоемам, а также в зависимости от региона, глубины и солености.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проведены в 2018 г. в период с мая по сентябрь в заливе Сиваш Азовского моря и на гипергалинных водоемах Западной Сибири (34 озера), в мелководных и относительно глубоководных водоемах. Отбор проб зоопланктона проводили планктонной сетью Апштейна (размер ячеек 140 мк) в мелководных водоемах в объеме 50 л, в глубоководных (средняя глубина более 2,0 м) — протяжной сеткой от дна до поверхности, а также с глубин 8, 6, 4 и 2 м. Пробы фиксировали четырехпроцентным раствором формалина. При камеральной обработке рачков просчитывали в камере Богорова под биноклем МБС-10, разделяя по возрастным группам: цисты, науплиусы, ювенильные, предвзрослые и взрослые особи (самцы, самки с цистами и без цист). Численность цист и науплиусов просчитывали в 5–10 мл пробы в 2–3 повторностях с последующим пересчетом на весь объем пробы. Взрослых особей просчитывали в чашках Петри полностью во всей пробе. Индивидуальный вес взрослых рачков определяли прямым взвешиванием на торсионных весах ВТ-500.

Отбор бентосных проб проводили при помощи штангового дночерпателя и дночерпателя Петерсена с площадью захвата грунта 0,01 м<sup>2</sup>. Для отмывки пробы от грунта использовали мешок из ткани капроновой для сит (размер ячеек 160 мк). Крупные организмы просчитывали и взвешивали по всей пробе. При камеральной обработке объем пробы доводили до 50–500 мл. Численность цист подсчитывали в 2–10 мл в трех повторностях в камере Богорова под биноклем МБС-10.

На каждой станции проводили измерения солености (по рефрактометру), гидрохимический анализ проводился по одной пробе, отобранной в центральной части акватории водоема.

Расчет общих запасов цист проводили по формуле:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4,$$

где:  $W_1$  — биомасса цист в яйцевых мешках самок, т;  $W_2$  — биомасса свободноплавающих цист в толще «жилой» зоны, т;  $W_3$  — биомасса бентосных цист, т;  $W_4$  — биомасса цист в береговых выбросах, т.

Объем водной толщи определялся по формуле:  $V_1 = S \times H$ ,

где:  $S$  — площадь водоема (м<sup>2</sup>);  $H$  — средняя глубина (м).

Показатель  $W_1$  в мае–июле определяли по формуле:

$$W_1 = (N_1 + N_{1np} \times 0,8 + N_{1мл} \times 0,2) \times (R \times 5) \times V_1 \times m \times k,$$

в августе–сентябре — по формуле:

$$W_1 = (N_1 + N_{1np} \times 0,8) \times (R \times 2) \times V_1 \times m \times k,$$

где:  $N_1$  — концентрация половозрелых самок (экз./м<sup>3</sup>);  $N_{1np}$  — концентрация предвзрослых самок (экз./м<sup>3</sup>);  $N_{1мл}$  — концентрация младших возрастных стадий: науплиусов, метанауплиусов и ювенильных особей (экз./м<sup>3</sup>); 0,8 — средняя выживаемость предвзрослых самок до взрослой стадии; 0,2 — средняя выживаемость младших возрастных стадий рачков (науплиусов, метанауплиусов и ювенальных) до взрослой стадии;  $R \times 5$  — число цист в яйцевом мешке самок, умноженное на количество пометов в период летней генерации, шт.;  $R \times 2$  — число цист в яйцевом мешке самок, умноженное на количество пометов в период осенней генерации, шт.;  $V_1$  — объем «жилой» зоны рачков и цист в водоеме, м<sup>3</sup>;  $m$  — средняя

масса цисты в тоннах сырой массы ( $0,01 \times 10^{-9}$  т);  $k$  — поправочный коэффициент смертности (указан в таблице).

**Коэффициенты поправки ( $k$ ) запасов цист с учетом градации солености**

Май–июнь			Июль–сентябрь		
Соленость, г/л		$k$	Соленость, г/л		$k$
130–230		1	130–230		1
121–129	231–239	0,95	121–129	231–239	0,9
111–120	240–249	0,9	111–120	240–249	0,8
101–110	250–259	0,8	101–110	250–259	0,7
91–100	260–269	0,7	91–100	260–269	0,6
81–90	270–279	0,6	81–90	270–279	0,5
71–80	280–289	0,5	71–80	280–289	0,4
61–70	290–299	0,4	61–70	290–299	0,2
51–60	300–309	0,3	51–60	300–309	0,1
41–50	310–319	0,2	<50	>310	0
31–40	320–329	0,1			
<30	>330	0			

Показатель  $W_2$  определяли по формуле:  
 $W_2 = N_2 \times V_1 \times m$ ,  
где  $N_2$  — численность цист в толще воды, экз./м<sup>3</sup>.

Показатель  $W_3$  определяли по формуле:  
 $W_3 = N_3 \times S \times m$ ,  
где:  $N_3$  — численность бентосных цист, шт./м<sup>2</sup>;  $S$  — площадь водоема, м<sup>2</sup>.

Показатель  $W_4$  определяли по формуле:  
 $W_4 = V_2 \times M \times p / 100$ ,  
где:  $V_2$  — объем берегового выброса (произведение длины, ширины и толщины выброса), м<sup>3</sup>;  $M$  — масса одного кубического метра цист в сырой массе (равна в среднем 0,9 т);  $p$  — чистота цист в %.

Продуктивность ( $P$ ) водоемов определялась как отношение биомассы цист к площади в кг/га.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованных водоемах численность планктонных цист была в пределах 0,1–440 тыс. цист/м<sup>3</sup> (в среднем  $39,7 \pm 10,5$ ) и 0,1–792,0 тыс. цист/м<sup>2</sup> (в среднем  $40,4 \pm 19,0$ ). Наиболее высокие значения отмечены в озере Кучукское (Алтайский край) с соленостью 222 г/дм<sup>3</sup>. Высокие показатели (около 100 тыс. цист/м<sup>3</sup>) зарегистрированы также в озерах Кулундинское (Алтайский край), Соленое-Романовка (Новосибирская область), Эбейты (Омская область), Яманиган, Собачье (Курганская область). Максимальная численность планктонных цист в пересчете на единицу площади (125–792 тыс. цист/м<sup>2</sup>) отмечена для относительно глубоководных водоемов Алтайского края. В западной части залива Сиваш при варьировании солености от 32 до 350 ‰ численность планктонных цист изменялась от 0,1 экз./м<sup>3</sup> до 66,0 экз./м<sup>3</sup> (в среднем  $26,3 \pm 10,8$ ). В восточной части залива варьировала от 0,4 тыс. экз./м<sup>3</sup> на участках с соленостью 78,3 ‰ до 4,0 тыс. экз./м<sup>3</sup> с соленостью 90,7 ‰ (в среднем  $1,1 \pm 0,4$ ).

Численность бентосных цист в исследованных водоемах Западной Сибири была в пределах 50–5093 тыс./м<sup>2</sup> (в среднем  $588,0 \pm 128,5$ ). Максимальная численность (5093 тыс./м<sup>2</sup>) отмечена для глубоководного озера Большое Яровое; около 2–3 млн цист/м<sup>2</sup> зарегистрировано в озерах Куропатово и Соленое-Палецкое (Новосибирская область), от 1 до 2 млн цист/м<sup>2</sup> — в озерах Курганской (Соленое-Карасье, Малое Медвежье) и Новосибирской (Соленое-Ленинское, Пример) областей. В бентосе западной части залива Сиваш максимальная численность цист была отмечена в центральной части акватории 1945,7 тыс. экз./м<sup>2</sup>, минимальная 4,2 тыс. экз./м<sup>2</sup> у пос. Рюмшино (в среднем  $587,7 \pm 134,2$ ). В восточной части залива концентрация цист варьировала от 5,9 до 515,6 тыс. экз./м<sup>2</sup> (в среднем  $122,3 \pm 64,4$ ).

Доля бентосных цист (при расчете на единицу площади) была в пределах 8,7–99,8 ‰ (в среднем  $92,5 \pm 2,3$ ), что свидетельствует об абсолютном преобладании в биоценозе озер бентосных цист.

Известно, что артемия размножается как живорождением, так и отрождением цист и яиц. Расчет общих запасов цист по вышеприведенной методике показал, что в целом продуктивность водоемов колебалась в пределах 5,4–1036,2 кг/га (в среднем  $117,7 \pm 31,1$ ). Максимальные значения отмечены в глубоководном озере Большое Яровое. Запасы цист в овисаках самок варьировали от 0 до 530 кг/га (в среднем  $50,5 \pm 18,4$ ), в планктоне — от 0 до 79,2 кг/га (в среднем  $5,2 \pm 2,3$ ), в бентосе — от 5,0 до 509,3 кг/га (в среднем  $62,1 \pm 14,7$ ).

В результате доля цист в овисаках составила в среднем  $24,7 \pm 3,8$  ‰, в планктоне —  $4,9 \pm 1,6$  ‰, в бентосе —  $70,4 \pm 4,0$  ‰.

Известно, что по результатам официального промысла, в среднем заготавливается около 13 кг/га (Литвиненко и др., 2009; 2013). Из этого следует, что около 90 ‰ произведенных в водоеме цист не охвачено

промыслом. Часть этих цист, выброшенных на берег и своевременно не заготовленных, гибнут. Часть цист опускаются на дно и являются резервом пополнения 1 генерации артемии следующего сезона.

В 21 мелководном водоеме Западной Сибири было проанализировано изменение плотности цист в период с первой (май–июнь) по 2–3 генерации (июль–август). Оказалось, что за этот период соленость воды увеличилась в среднем в  $1,25 \pm 0,04$  раз ( $CV = 14\%$ ), численность планктонных цист увеличилась почти в 4 раза ( $3,89 \pm 1,66$ ;  $CV = 196\%$ ), численность бентосных цист — в 2 раза ( $2,01 \pm 0,46$ ,  $CV = 106\%$ ).

Анализ распределения цист в глубоководном водоеме Большое Яровое позволил выявить неоднородность плотности цист на разных глубинах (рис. 1): преобладание цист на глубине до 2 м (60%), 23% цист — на глубине 2–4 м и по 4–7% на глубинах 4–6, 6–8 и 8–9,5 м. Диаграмма несколько отличается от литературных данных (Веснина, Пермякова, 2013), где уже в августе фиксировалось значительное увеличение плотности цист на глубине 6–8 м. Наши данные близки к литературным по состоянию популяции на июль. Это вполне объяснимо тем, что 2018 г. отличался от других сезонов холодной весной, в результате вылупление рачков задержалось, а, следовательно, и все остальные процессы накопления (погружения) цист сдвинулись на месяц.

Анализ влияния солености на долю бентосных цист в общих запасах (рис. 2) показал, что с увеличением солености прослеживается тенденция снижения доли бентосных цист, что, вероятно, объясняется увеличением их плавучести.

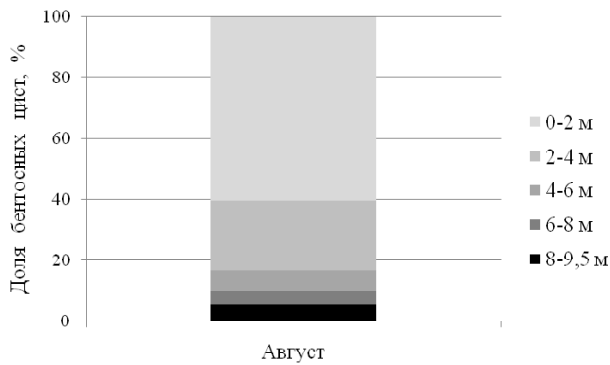


Рис. 1. Распределение цист в толще воды на разной глубине озера Большое Яровое

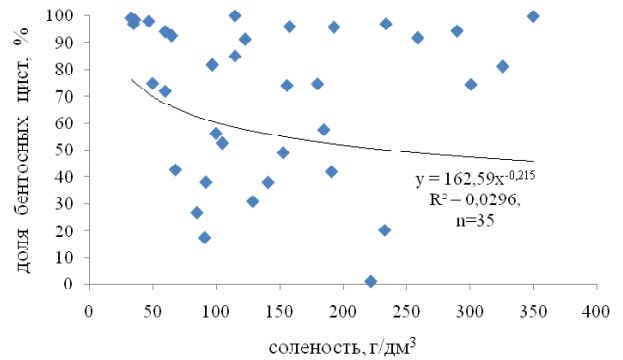


Рис. 2. Доля бентосных цист в общих запасах при разной солености воды

Между численностью бентосных и планктонных цист и соленостью отмечена параболическая связь с перегибом в области солености 170–200 и 190–230 г/дм³, соответственно. Такой сдвиг оптимума солености связан с увеличением плавучести цист при солености более 200 г/дм³ (рис. 3).

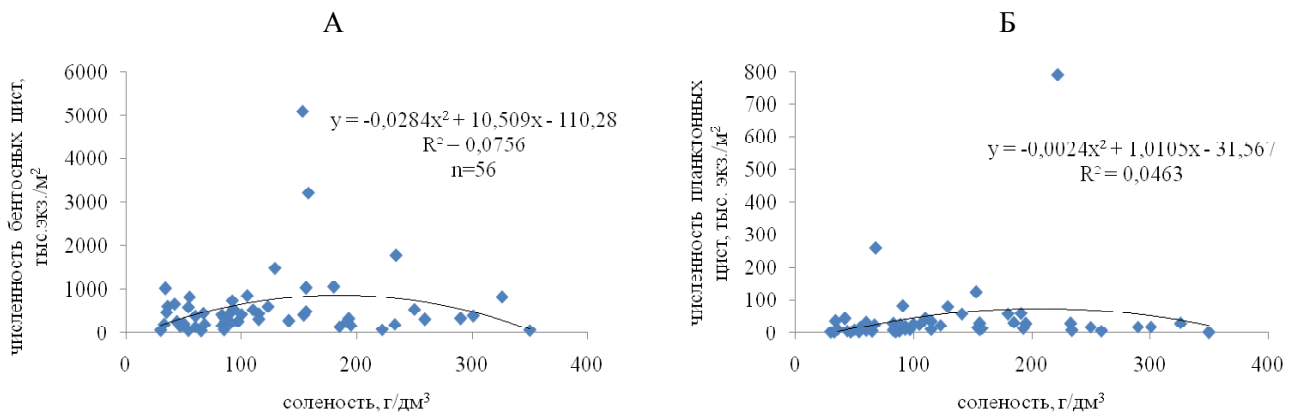


Рис. 3. Численность бентосных (А) и планктонных (Б) цист при разной солености воды

Анализ продуктивности водоемов с различной глубиной показал, что с увеличением глубины биомасса цист достоверно увеличивается (для планктонных цист  $r = 0,39$ , для бентосных  $r = 0,57$ ;  $n = 36$ ).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Доля бентосных цист артемии в общих запасах составляет в среднем около 70 %.
2. Бентосные цисты в гипергалинных водоемах являются природным резервуаром для пополнения 1-ой генерации рачков следующего сезона.
3. Промыслом осваивается около 10 % произведенных в водоемах запасов цист.
4. Продуктивность цист в гипергалинных водоемах находится в прямой зависимости от глубины.
5. В глубоководных озерах наблюдается неравномерное распределение планктонных цист на разных глубинах.
6. При солености более 200 г/дм<sup>3</sup> увеличивается плавучесть цист.
7. Максимум планктонных цист отмечено при солености 190–230 г/дм<sup>3</sup>, бентосных — при солености 170–200 г/дм<sup>3</sup>.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Веснина Л.В., Пермякова Г.В. Динамика численности и особенности распределения разновозрастных особей жаброногого рачка *Artemia* в глубоководном озере Большое Яровое (Алтайский край). Вестник Томского гос. ун-та. Биология. 2013. № 01 (21). С. 89–102.
- Вольф Л.А. Экологические особенности жаброногого рачка *Artemia parthenogenetica* Varigozzi в соленых водоемах Северного Казахстана: Республика Казахстан : автореф. дис.... канд. биол. наук. Павлодар, 2010. 23 с.
- Иванова В.И. Экологическое состояние и генезис биоты гипергалинных водоемов Калмыкии : автореф. дис. к. б. н. Саратов, 2013. 19 с.
- Литвиненко А.И., Соргелос П., Марден Б., Литвиненко Л.И., Соловов В.П. Новый подход в методах определения общих допустимых уловов (ОДУ) цист артемии в соленых озерах Западной Сибири // Междунар. науч.-исслед. семинар : Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование (17–19 июля 2002, Москва). Тюмень: СибрыбНИИпроект, 2002. С. 19–22.
- Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г. Артемия в озерах Западной Сибири // Сибирская издательская фирма «Наука» РАН, 2009. 304 с.
- Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Куцанов К.В. Многолетняя динамика промысловых запасов цист артемии в России // Междунар. науч.-практич. конф. : Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов (25–26 сентября 2013 г.). ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. С. 75–78.
- Методические указания по определению общих допустимых уловов (ОДУ) цист жаброногого рачка *Artemia* / Литвиненко А.И., Литвиненко Л.И., Соловов В.П., Ясюченя Т.Л., Веснина Л.В. Тюмень: Госрыбцентр, 2002. 25 с.
- Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boiko E.G., Kutsanov K.V. *Artemia* cyst production in Russia // Chinese Journal of Oceanology and Limnology. 2015. Vol. 33, No. 6. Pp. 1436–1450.