

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ БЕНТОСНЫХ ЦИСТ АРТЕМИИ

А. И. Литвиненко¹, Е. Г. Бойко¹, М. А. Корентович¹, Л. Ф. Разова²

¹ ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»,
625003, Россия, г. Тюмень

²ФГБНУ «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства»,
625023, Россия, г. Тюмень

В работе представлена хронология публикаций по бентосным цистам артемии. Начало изучения относится к 2000 г. За период 2000–2018 гг. опубликовано не менее 20 статей и методика, в которой бентосные цисты отнесены к одной из главных составляющих общих запасов цист. В публикациях показана значительная роль бентосных цист в биоценозах гипергалинных водоемов, как мелководных, так и глубоководных, в формировании первой (весенней) генерации рачков артемии. Определена средняя сезонная продуктивность и предельная продуктивность водоемов по бентосным цистам. Часть статей посвящена выяснению закономерностей продуцирования цист, сезонной динамике численности и среднемноголетним показателям численности в многолетнем аспекте, определению влияния солёности воды на численность бентосных цист и определению градации солёности, при которой численность максимальна, а также солёности, при которой повышается плавучесть цист, влиянию водности на запасы цист, в том числе бентосных.

Ключевые слова: артемия; планктонные и бентосные цисты; гипергалинный водоем; солёность; водность; общий запас цист

Введение

Факт существования «уникальных» цист, которые способны тонуть, был представлен впервые для оз. Моно (Канада) в публикации в 1987 г. [1]. Термин «бентосные цисты артемии» стал употребляться в отечественной литературе в конце XX столетия. До этого времени данному важному запасу цист в водоемах не уделяли должного внимания. Согласно методу П. М. Воронова [2], общий запас цист определялся по двум составляющим: в толще воды и в береговых выбросах. Алтайские ученые Т. Л. Студеникина и В. П. Соловов [3–5] предложили дополнительно определять цисты в овисаках самок. При этом объем разрешенного вылова составлял от 30 до 60 % от общих запасов цист. В зарубежной литературе принцип определения объемов вылова цист, не наносящий ущерба для популяции, сводится к определению в период промысла

минимальной плотности планктонных цист, необходимой для оптимального воспроизводства популяции на следующий сезон, т. е. также не учитываются цисты на дне [6; 7]. Проведенные в течение двадцати лет исследования бентосных цист позволили определить их роль в биоценозе как мелководных, так и глубоководных водоемов.

Изучение бентосных цист в период 2000–2018 гг.

Начало изучения бентосных цист артемии относится к 2000 г. В это время, при ресурсных исследованиях запасов цист артемии сотрудниками СибрыбНИИпроекта (Госрыбцентр), наряду с определением запасов цист в планктоне, в овисаках самок и береговых выбросах, стал проводиться регулярный мониторинг бентосных цист. Об этом свидетельствуют архивные отчеты НИР. В период 2001–2002 гг. разрабатываются основные методические подходы, которые были отражены в «Методических указаниях

по определению общих допустимых уловов (ОДУ) цист жаброногого рачка *Artemia*» [8].

Основные положения этой методики, в том числе необходимость ввести в расчет общих запасов бентосные цисты, были освещены на Международном научно-исследовательском семинаре «Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование» в 2002 г. [9] и позднее, в 2004 г., опубликованы в сборнике докладов этого семинара [10; 11].

В 2005 г. в свет выходит публикация, где приведены результаты многолетних исследований запасов цист, в том числе бентосных [12].

В 2006 г. [13] появляются сведения о том, что общей характеристикой артемиевых водоемов, как глубоководных, так и мелководных, является наличие большого количества бентосных цист, заготовка которых в промысловый период проблематична. Эти цисты всплывают, как правило, только весной и принимают участие в образовании первой генерации рачков. Приводятся данные по среднегодовым значениям численности бентосных цист за 2001–2003 гг. в трех водоемах Курганской области (Большое Медвежье, Малое Медвежье и Невидим), которые были в пределах 571–3994 тыс. экз./м², делаются выводы о значительных колебаниях численности бентосных цист в межгодовом аспекте и снижении продуктивности популяции артемии (в том числе бентосных цист) при солености ниже 70 г/л [14].

В 2007 г. выходит аналитическая работа, посвященная определению факторов воздействия на численность бентосных цист [15]. В ней показано достоверное положительное влияние солености (в частности, концентрации ионов хлора), биомассы фитопланктона, отрицательное — число видов зоопланктона. Отмечена достоверная линейная и непараметрическая (Спирмена) положительная связь с биомассой и численностью рачков артемии, ее плодовитостью (число цист в овисаке самок) и численностью планктонных цист. В последующей работе конкретизируется влияние солености воды озер на запасы бентосных цист. На примере 27 водоемов Западной Сибири с соленостью 50–265 г/л дается размах ко-

лебаний численности бентосных цист — от 0 до 5834 тыс. экз./м². При разбивке озер на 4 группы по уровню средней минерализации (I — до 75 г/л; II — 76–150 г/л, III — 151–250 г/л, IV — более 250 г/л) оказалось, что наиболее оптимальная соленость для бентосных цист отмечена во второй группе [16].

Более подробная сезонная и годовая динамика популяций артемии и, в частности, численности бентосных цист приводится в публикации 2008 г., где на основе десятилетних исследований сибирских популяций впервые дается динамика цист в среднем за каждый месяц [17]. Приводятся также среднегодовые показатели численности бентосных цист (в пяти модельных озерах) — в пределах от 76 до 3774 тыс. шт./м², среднесезонные (для 29 озер) — от 3 до 7165 тыс. шт./м². В целом для всех озер этот показатель равен 710 ± 116 тыс. шт./м² ($C_V = 156$). Сделан вывод о том, что к наиболее перспективным для промысла озерам относятся водоемы с численностью бентосных цист выше 500 тыс. шт./м². Отмечается, что в мелководных озерах при средней глубине 1 м, на 1 м² площади озера приходится приблизительно 850 тыс. планктонных и бентосных цист, причем 13 % этих цист находится в толще воды, а 87 % лежит на дне. С учетом сырой массы цист на 1 га площади, в среднем по изученным сибирским популяциям артемии, находится около 85 кг цист. Из этого делается вывод о том, что продуктивность цист в сибирских озерах достаточно велика. Эти показатели соответствуют урожаю цист в продуктивных биотопах [18; 19], но значительно меньше продуктивности прудов Таиланда — 153 кг/га/сезон [20] и Филиппин — 70 кг/га/месяц в сухой массе [21]. Однако основная часть этих цист недоступна для промысла, поскольку находится на дне. В последующих публикациях приводятся более подробные сведения о годовой динамике бентосных цист сибирских популяций [22], указывается на хорошо выраженный минимум, приходящийся на зимний период, и два максимума. Абсолютные значения численности бентосных цист на разных станциях лежат в пределах от 0 до 18600 шт./м². В период минимума численность бентосных

цист — не выше 400 тыс. шт./м². В редких случаях численность бентосных цист в конце или начале зимнего периода повышается до 870–2200 шт./м². Первый максимум численности цист наблюдается в апреле-мае и вызван смывом береговых скоплений цист тальными водами. Численность бентосных цист увеличивается в разных озерах до 580–6000 тыс. шт./м². Всхожесть бентосных цист в этот период в среднем равна 16 %. Всхожесть бентосных, как и планктонных цист, отложенных в летнее время, равна 2–18 % (в среднем 9 %, $n = 14$). Второй максимум в бентосе наблюдается в основном в сентябре. По величине осенний максимум самый мощный: до 1900–18600 тыс. шт./м². Всхожесть цист, отложенных в осеннее время, была в пределах 1,8–31,3 % (в среднем 19,9 %, $n = 42$).

В 2009 г. методика определения запасов цист артемии, с учетом планктонных, бентосных цист, цист в овисаках самок и в береговых выбросах, была впервые опубликована в зарубежной печати [23]. В том же году выходит монография «Артемия в озерах Западной Сибири» [24], в которой обобщаются данные по популяциям Западной Сибири за 1995–2004 гг. исследований. В этой работе приведены некоторые закономерности продуцирования цист в целом: мощность 1-й генерации не оказывает существенного влияния на численность рачков 3-й генерации, продуцирующей осенние цисты, а существенный вклад в общие запасы цист вносят 2-я и 3-я генерации. Наоборот, из-за высокой плотности рачков 1-й генерации подрывается кормовая база для последующих поколений. Приводятся формулы, по которым с определенной долей вероятности можно судить об ожидаемых осенью общих запасах цист по биомассе рачков 2-й и 3-й генераций. По причине отсутствия связи между планктонными цистами в осенний период и биомассой рачков 2-й генерации делается вывод о том, что цисты, отложенные в июле — начале августа, опускаются на дно или выбрасываются на берег. Из параболической зависимости между запасами цист и соленостью воды делается предположение об ожидаемой продукции бентосных цист при солености 100–220 г/дм³

в объеме 15 г/м², планктонных цист — около 5 г/м². Анализ промысла цист в озерах Западной Сибири за период 2000–2004 гг. показал, что ежегодно при годовых запасах цист 3300–7500 т на общей площади озер около 61 тыс. га заготавливалось около 840 т цист (13,8 кг/га).

В 2010 г. появляется работа [25], в которой анализируется соотношение планктонных и бентосных цист в оз. Жамантуз (Казахстан) при разной солености и делается вывод о том, что при солености от 0 до 120 г/л количество бентосных цист составляет около 50–70 %, при увеличении солености от 120 до 200 г/л происходит резкое уменьшение бентосных цист — от 50 до 10 %. Предлагается использовать выявленную зависимость между соленостью воды и соотношением бентосных и планктонных цист для оценки доли этих цист в биоценозе озер. Отметим, что до 2010 г. публикации по бентосным цистам освещали лишь артемиевые водоемы Западной Сибири.

В 2013 г. в гипергалинных водоемах Калмыкии при исследовании запасов цист артемии используется метод определения запасов цист по четырем составляющим, т. е. с учетом бентосных цист [26]. Появляется также публикация [27] по вертикальному распределению цист в относительно глубоководном (максимальная глубина — 8–9 м, средняя — 4–5 м) оз. Большое Яровое (Алтайский край). В результате трехлетних исследований установлено, что в весенний период, в процессе прогревания воды, цисты поднимаются со дна. В июне — июле основная масса цист находится в верхних слоях, с августа начинается процесс оседания цист и увеличения их плотности в придонном слое (6–8 м). По мнению авторов, цисты, находящиеся на глубине ниже 6 м, недоступны для промысла. Они объясняют это плотностью рапы и контактом цист с донными солевыми отложениями и илом.

Для мелководных водоемов Западной Сибири [28], на основе анализа многолетних данных, делается вывод об оптимальной солености для природных популяций в пределах от 100 до 200 г/дм³ и конкретизируются оптимальные градации солености для план-

ктонных цист — 140–160 г/дм³, для бентосных — 160–180 г/дм³.

Публикуются данные по промыслу цист в России за период 2000–2012 гг. [29], которые составили в среднем 948 ± 86 т, при ежегодных запасах цист в озерах в пределах 4361 ± 300 т, прогнозе объемов вылова — 1782 ± 85 т. При этом промысел цист ежегодно велся на 17 ± 2 озерах общей акваторией 75671 ± 9189 га.

В 2014 г. выходят в свет работы, посвященные влиянию водности на общие запасы цист, в том числе на запасы бентосных цист [30; 31]. Предлагается метод определения водности по солености водоема. Установлено, что в период низкой водности общие запасы цист, в том числе и бентосных, снижаются. Причем снижение запасов бентосных цист было значительнее (в среднем в 2,5 раза для всех водоемов), чем планктонных (в среднем в 2,0 раза).

Конкретизируется влияние солености на популяцию артемии: рачки встречаются при солености от 30 до 360 г/л, нормально функционируют при 70–250 г/л, процветают при 100–200 г/л, цистообразование происходит при солености 50–360 г/л, оптимум — при солености 150–250 г/л [32].

В этом же году появляется публикация [33], в которой представлены данные по двум размерным группам донных цист партеногенетических популяций артемии в Крыму: 243 мкм (диплоидные) и 279 мкм (полиплоидные). Экспериментально было установлено, что вылупление науплиусов из цист из донных отложений происходит на 10–30 день, в то время как у свободноплавающих цист — на второй день. Авторы объясняют этот факт тем, что, вероятно, некоторые компоненты в донных отложениях задерживают и десинхронизируют вылупление из покоящихся цист, что, в свою очередь, может рассматриваться как одна из адаптаций, позволяющая существовать в экстремальной и непредсказуемо меняющейся среде.

В 2016 г. появилась публикация по мониторингу оз. Карачи, находящегося в первой природоохранной зоне (Новосибирская область) [34]. По этой причине промысел цист артемии на озере отсутствует. С 1880 г. озеро

используется как грязевой и бальнеологический курорт. Цисты артемии были обнаружены в толще воды и в иловых отложениях, причем динамика численности планктонных и бентосных цист была синхронна в течение всего года. Численность бентосных цист изменялась в пределах от 0,3 до 22,6 млн экз./м².

В 2018 г. в свет выходит статья, освещающая запасы бентосных цист водоемов России (Западная Сибирь и Крым) и показывающая их роль в биоценозе гипергалинных озер [35], которая аккумулирована в следующих положениях: доля бентосных цист артемии в общих запасах составляет в среднем около 70 %, бентосные цисты являются природным резервуаром для пополнения 1-й генерации рачков следующего сезона, промыслом осваивается около 10 % от произведенных в водоемах запасов цист, продуктивность цист в гипергалинных водоемах находится в прямой зависимости от глубины, в глубоководных озерах наблюдается неравномерное распределение планктонных цист на разных глубинах, при солености более 200 г/дм³ увеличивается плавучесть цист, максимум планктонных цист отмечен при солености 190–230 г/дм³, бентосных — при солености 170–200 г/дм³.

Заключение

Приведенные литературные данные свидетельствуют о том, что донные цисты не являются «уникальными» только для одного озера в Канаде, но вполне обычны во всех гипергалинных водоемах. Бентосные цисты, находясь в глубокой диапаузе, являются резервом для сохранения популяции и при неблагоприятных условиях в зимнее время, и при высыхании водоемов в летнее. Промысел этих цист непредсказуем и зависит от возможности их всплытия. На данный момент отсутствуют технологии заготовки бентосных цист. Таким образом, бентосные цисты, составляющие больше половины от общего запаса цист, играют значительную роль в биоценозе гипергалинных водоемов, обеспечивают численность первой генерации артемии и поддерживают стабильность биоценозов соленых озер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Thun M.A., Starrett G.L. The effect of cold, hydrated dormancy and salinity on the hatching of *Artemia* cysts from Mono Lake, California, USA // *Artemia research and applications*. Vol. 3 / P. Sorgeloos, D.A. Bengtson, W. Declair, E. Jaspers (Eds). Belgium: Universa Press, Wetteren, 1987. P. 65–73.
2. Воронов П. М. Инструкция по заготовке, очистке, активации, инкубации и контролю за жизнеспособностью яиц артемии. Краснодар: Краснодарский фил. ВНИИПРХ, 1986. 18 с.
3. Студеникина Т. Л. Биологические особенности рачка *Artemia salina* (L.) соленых озер юга Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1986. 17 с.
4. Студеникина Т. Л. Методика определения запасов артемии // *Рыбопродуктивность озер Западной Сибири*. Новосибирск: Наука, 1991. С. 160–164.
5. Соловов В. П., Студеникина Т. Л. Особенности динамики численности популяции жаброного рачка *Artemia salina* (L.) в озерах юга Западной Сибири и перспективы использования его ресурсов // *Гидробиол. журн.* 1992. Т. 28, № 2. С. 33–40.
6. Stephens D., Birdsey P.W. Population dynamics of the brine shrimp *Artemia franciscana*, in Great Salt Lake and regulation of commercial shrimp harvest // *Great Salt Lake. An overview of Change. Special Publication of the Utah Department of Natural Resources* / Ed. J. Wallace Gwynn. 2002. P. 327–336.
7. The Great Salt Lake ecosystem (Utah, USA): long term data and a structural equation approach / G.E. Belovsky [et al.]. 2011. *Ecosphere*. 2(3). <http://dx.doi.org/10.1890/ES10-00091.1>.
8. Методические указания по определению общих допустимых уловов (ОДУ) цист жаброного рачка *Artemia* / А. И. Литвиненко [и др.]. Тюмень: Госрыбцентр, 2002. 25 с.
9. Новый подход в методах определения общих допустимых уловов (ОДУ) цист артемии в соленых озерах Западной Сибири / А. И. Литвиненко [и др.] // *Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование: тез. междунар. науч.-исслед. семинара (17–19 июля 2002 г., Москва)*. Тюмень: СибрыбНИИ-проект, 2002. С. 19–22.
10. Новый подход в методах определения общих допустимых уловов (ОДУ) цист артемии в соленых озерах Западной Сибири / А. И. Литвиненко [и др.] // *Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование: докл. междунар. науч.-исслед. семинара (17–19 июля 2002 г., Москва)*. Тюмень: Госрыбцентр, 2004. С. 29–40.
11. Биogeография и характеристика природных мест обитания сибирской артемии / Л. И. Литвиненко [и др.] // *Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование: докл. междунар. науч.-исслед. семинара (17–19 июля 2002 г., Москва)*. Тюмень: Госрыбцентр, 2004. С. 3–28.
12. Результаты многолетних исследований и практического использования промысловых водных беспозвоночных Западной Сибири / А. И. Литвиненко [и др.] // *Современные проблемы гидробиологии Сибири: Проблемы гидробиологии Сибири: материалы всерос. конф. / под ред. В. И. Романова*. Томск: Дельтаплан, 2005. С. 146–164.
13. Литвиненко Л. И., Литвиненко А. И. Особенности промысла и оценки запасов цист артемии в разнотипных озерах // 7 Всерос. конф. по промысловым беспозвоночным: тез. докл. (Мурманск, 9–13 окт. 2006 г.). Мурманск, 2006. С. 164–165.
14. Результаты трехлетнего мониторинга артемиевых озер Курганской области / Л. И. Литвиненко [и др.] // *Вестн. Курганского гос. ун-та. Серия «Естественные науки»*. 2006. Вып. 1, № 4 (08). С. 49–51.
15. Литвиненко Л. И., Гуженко М. В. Влияние некоторых факторов среды на развитие жаброного рачка артемии — основного галобионта соленых озер // *Сибирский вестн. сельскохозяйственных наук*. 2007. Вып. 2. С. 81–85.
16. Salinity of water as a factor to determine the development of the brine shrimp *Artemia* populations in the lakes / L. Litvinenko [et al.] // *Hydrobiologia*. Publisher: Springer, February 2007. V. 576, № 1. P. 95–101.
17. Литвиненко Л. И. Количественное развитие артемии — основного стартового корма для объектов аквакультуры — в озерах Западной Сибири // *Сибирский вестн. сельскохозяйственных наук*. 2008. № 10. С. 74–81.
18. Persoone G., Sorgeloos P. General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia* // *The Brine Shrimp Artemia*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Universa Press. Wetteren, Belgium, 1980. P. 3–24.

19. Quynh V.D., Lam N.N. Inoculation of *Artemia* in experimental ponds in Central Vietnam: an ecological approach and a comparison of three geographical strains // *Artemia Research and its Applications*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in aquaculture. Universa Press. Wetteren, Belgium, 1987. P. 253–269.
20. Tarnchalanukit W., Wongrat L. *Artemia* culture in Thailand // *Artemia research and applications*. Vol. 3. Universa Press. Wetteren, Belgium, 1987. P. 201–213.
21. Jumalon N.A., Estenor D.G., Ogburn D.M. Commercial production of *Artemia* in the Philippines // *Artemia Research and Applications*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in aquaculture. Universa Press. Wetteren, Belgium, 1987. P. 231–238.
22. Литвиненко Л. И. Некоторые закономерности сезонной динамики биомассы и численности артемии в озерах Западной Сибири // Современное состояние водных биоресурсов: материалы междунар. конф., 26–28 марта 2008 г., Новосибирск / под ред. И. В. Моружи, Е. В. Пищенко. Новосибирск: Агрос, 2008. С. 58–64.
23. A survey of *Artemia* resources of Southwest Siberia (Russian Federation) / G. Van Stappen [et al.] // *Reviews in Fisheries Science*. 2009. Vol. 17, Issue 1. P. 117–148.
24. Литвиненко Л. И., Литвиненко А. И., Бойко Е. Г. Артемия в озерах Западной Сибири. Новосибирск: Сиб. изд. фирма «Наука» РАН, 2009. 304 с.
25. 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.
26. Иванова В. И. Экологическое состояние и генезис биоты гипергалинных водоемов Калмыкии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2013. 19 с.
27. Веснина Л. В., Пермякова Г. В. Динамика численности и особенности распределения разновозрастных особей жаброногого рачка *Artemia* в глубоководном озере Большое Яровое (Алтайский край) // *Вестн. Томского гос. ун-та. Биология*. 2013. № 1 (21). С. 89–102.
28. Влияние факторов внешней среды на структуру и функционирование биоценозов гипергалинных водоемов юга Западной Сибири / Л. И. Литвиненко [и др.] // *Сибирский эколог. журн.* 2013. № 3. С. 329–340.
29. Литвиненко Л. И., Литвиненко А. И., Куцанов К. В. Многолетняя динамика промысловых запасов цист артемии в России // *Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: тр. науч. конф. / ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»*. Калининград, 2013. С. 75–78.
30. Биопродуктивность гипергалинных водоемов Западной Сибири в условиях низкой водности 2012 г. / Л. И. Литвиненко [и др.] // *Вестн. рыбохозяйственной науки*. 2014. Т. 1, № 3 (3). С. 21–28.
31. Литвиненко Л. И., Литвиненко А. И., Куцанов К. В. Промысловые запасы цист артемии в озерах Западной Сибири в годы с разной водностью // *Рыбохозяйственные водоемы России: фундаментальные и прикладные исследования: тез. докл. междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию ГосНИОРХ*. М., 2014. С. 501–509.
32. Закономерности формирования промысловых ресурсов беспозвоночных в озерах с разной соленостью / Л. И. Литвиненко [и др.] // XI съезд Гидробиол. о-ва при РАН: тез. докл., Красноярск, 22–26 сент. 2014 г. [Электронный ресурс] / гл. ред. М. И. Гладышев. Электрон. дан. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. С. 95–96.
33. Ануфриева Е. В. Ракообразные гиперсоленых водоемов Крыма: фауна, экология, распространение: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Севастополь, 2014. 23 с.
34. Визер Л. С., Ростовцев А. А. Мониторинг *Artemia* sp. в гипергалинном озере Карачи // *Вестн. НГАУ*. 2016. № 2. С. 65–70.
35. Роль бентосных цист в биоценозе гипергалинных водоемов / Л. И. Литвиненко [и др.] // *Актуальные вопросы рыболовства, рыбоводства (аквакультуры) и экологического мониторинга водных экосистем: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию АзНИИРХ*, 11–12 дек. 2018 г. Ростов н/Д., 2018. С. 170–174.

THE HISTORY OF STUDYING ARTEMIA'S BENTHIC CYSTS

A.I. Litvinenko¹, E.G. Boyko¹, M.A. Korentovich¹, L.F. Razova²¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“State Agrarian University of Northern Zauralye”,
Tyumen, Russia 625003²Federal State Budgetary Scientific Institution
“State Scientific-and-Production Center of Fishery”,
Tyumen, Russia 625023

This paper presents historical account of publications on Artemia benthic cysts. The first studies date back to 2000. During the period from 2000 till 2018 at least 20 papers were published and a set of methods was developed, in which benthic cysts were classified as one of the main components of the total cyst stock. Those publications showed the important role of benthic cysts in biocenosis of hypersaline ponds, both shallow and deep-water, and in formation of the first (spring) generation of brine shrimps. The authors estimated average seasonal productivity and marginal productivity of ponds by benthic cysts. Some papers are dedicated to the search of general trends in cyst production, seasonal abundance dynamics and medium- and long-term measures of abundance in a long-term perspective. Furthermore, they investigated effects of water salinity on benthic cyst abundance and estimated the salinity level at which the abundance reached its peak, and the salinity level at which swimming speed of the cysts increased. In addition, the papers discussed influence of water content on the stock of cysts, including benthic cysts.

Key words: Artemia (brine shrimp); planktonic and benthic cysts; hypersaline pond; salinity; water content; total cyst stock

REFERENCES

1. Thun M.A., Starrett G.L. The effect of cold, hydrated dormancy and salinity on the hatching of Artemia cysts from Mono Lake, California, USA. Artemia research and applications. Vol. 3. P. Sorgeloos, D.A. Bengtson, W. Decler, E. Jaspers (Eds). Belgium: UniversaPress, Wetteren, 1987. P. 65–73.
2. Voronov P.M. [Instructions for procurement, treatment, activation, incubation and control over viability of Artemia eggs]. Krasnodar: Krasnodar Branch of All-Russian Research Institute of Freshwater Fisheries, 1986. 18 p. (In Russ.)
3. Studenkina T.L. [Biological features of the crustacean Artemia salina (L.) in salt lakes of West Siberia: Abstract of a thesis ... Candidate of Biological Sciences]. Novosibirsk, 1986. 17 p. (In Russ.)
4. Studenkina T.L. [A set of methods for Artemia population estimation]. Fish Productivity of Lakes in West Siberia. Novosibirsk: Nauka, 1991. P. 160–164. (In Russ.)
5. Solovov V.P., Studenkina T.L. [Specific features of dynamics of the branchiopod crustacean Artemia salina (L.) in lakes of South-West Siberia and prospects of use of its resources]. Hydrobiological Journal. 1992. V. 28, No.2. P. 33–40. (In Russ.)
6. Stephens D., Birdsey P.W. Population dynamics of the brine shrimp Artemia franciscana, in Great Salt Lake and regulation of commercial shrimp harvest. Great Salt Lake. An overview of Change. Special Publication of the Utah Department of Natural Resources. Ed. J. Wallacw Gwynn. 2002. P. 327–336.
7. Belovsky G.E., Stephens D., Perschon C., Birdsey P., Paul D., Naftz D., Baskin R., Larson C., Mellison C., Luft J., Mosley R., Mahon H., Van Leeuwen J., Allen D.V. The Great Salt Lake ecosystem (Utah, USA): long term data and a structural equation approach. 2011. Ecosphere. 2(3). <http://dx.doi.org/10.1890/ES10-00091.1>.
8. Litvinenko A.I., Litvinenko L.I., Solovov V.P., Yasyuchenya T.L., Vesnina L.V. [Methodical guidelines for estimation of total allowable catches of the branchiopod crustacean Artemia]. Tyumen: State Scientific-and-Production Center of Fishery, 2002. 25 p. (In Russ.)
9. Litvinenko A.I., Sorgelos P., Marden B., Litvinenko L.I., Solovov V.P. [A novel ap-

- proach in methods of estimation of total allowable catches for *Artemia* cysts in salt lakes of West Siberia]. *Artemia Biodiversity in the CIS Countries: Current State of the Stock and Its Use: Proceedings of an International Scientific Research Workshop (17th–19th July 2002, Moscow)*. Tyumen: Siberian Research and Design Institute of Fisheries, 2002. P. 19–22. (In Russ.)
10. Litvinenko A.I., Sorgelos P., Marden B., Litvinenko L.I., Solov V.P. [A novel approach in methods of estimation of total allowable catches for *Artemia* cysts in salt lakes of West Siberia]. *Artemia Biodiversity in the CIS Countries: Current State of the Stock and Its Use: Papers of an International Scientific Research Workshop (17th–19th July 2002, Moscow)*. Tyumen: Siberian Research and Design Institute of Fisheries, 2004. P. 29–40. (In Russ.)
 11. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Solovov V.P., Viser L.S., Vesnina L.V., Yasyuchenya T.L. [Biogeography and characteristic features of Siberian *Artemia* natural habitat]. *Artemia Biodiversity in the CIS Countries: Current State of the Stock and Its Use: Papers of an International Scientific Research Workshop (17th–19th July 2002, Moscow)*. Tyumen: Siberian Research and Design Institute of Fisheries, 2004. P. 3–28. (In Russ.)
 12. Litvinenko A.I., Litvinenko L.I., Solovov V.P., Vesnina L.V., Yasyuchenya T.L., Vizer L.S., Kozlov O.V. [Results of long-term studies and practical use of commercial aquatic invertebrates of West Siberia]. *Current Issues of Hydrobiology of Siberia: Issues of Hydrobiology of Siberia: Proceedings of an All-Russian Conference*. V. I. Romanov (ed.). Tomsk: Deltaplan, 2005. P. 146–164. (In Russ.)
 13. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I. [Specific features of harvesting and *Artemia* cyst stock evaluation in lakes of different types]. 4th All-Russian Conference of Commercial Invertebrates: Thesis Report (Murmansk, 9th–13th October 2006). Murmansk, 2006. P. 164–165. (In Russ.)
 14. Litvinenko L.I., Kozlov A.V., Matveeva E.P., Guzhenko M.V. [Results of Three-Year Long Monitoring of *Artemia* lakes in Kurgan region]. *Bulletin of Kurgan State University. "Natural Sciences" series*. 2006. Issue 1, No.4 (08). P. 49–51. (In Russ.)
 15. Litvinenko L.I., Guzhenko M.V. [The influence of some environmental factors on development of the branchiopod crustacean *Artemia*, the main halobiont of salt lakes]. *Siberian Bulletin of Agricultural Science*. 2007. Issue 2. P. 81–85. (In Russ.)
 16. Litvinenko L., Kozlov A., Kovalenko A., Bauer D. Salinity of water as a factor to determine the development of the brine shrimp *Artemia* populations in the lakes. *Hydrobiologia*. Publisher: Springer, February 2007. V. 576, № 1. P. 95–101.
 17. Litvinenko L.I. [Quantitative development of the *Artemia*, the main starter feed for aquaculture objects, in lakes of West Siberia]. *Siberian Bulletin of Agricultural Science*. 2008. No.10. P. 74–81. (In Russ.)
 18. Persoone G., Sorgeloos P. General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia*. *The Brine Shrimp Artemia*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Universa Press. Wetteren, Belgium, 1980. P. 3–24.
 19. Quynh V.D., Lam N.N. Inoculation of *Artemia* in experimental ponds in Central Vietnam: an ecological approach and a comparison of three geographical strains. *Artemia Research and Applications*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in aquaculture. Universa Press. Wetteren, Belgium, 1987. P. 253–269.
 20. Tarnchalanukit W., Wongrat L. *Artemia* culture in Thailand. *Artemia Research and Applications*. Vol. 3. Universa Press. Wetteren, Belgium, 1987. P. 201–213.
 21. Jumalon N.A., Estenor D.G., Ogburn D.M. Commercial production of *Artemia* in the Philippines. *Artemia Research and Applications*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in aquaculture. Universa Press. Wetteren, Belgium, 1987. P. 231–238.
 22. Litvinenko L.I. [Some general trends in seasonal dynamics of *Artemia* biomass and abundance in lakes of West Siberia]. *Current State of Aquatic Bioresources: Proceedings of an International Conference, 26th–28th March 2008, Novosibirsk*. I.V. Moruzi, E.V. Pishchenko (eds.). Novosibirsk: Agros, 2008. P. 58–64. (In Russ.)
 23. Van Stappen, G., Litvinenko L., Litvinenko A., Boyko E., Marden B., Sorgeloos P. A survey of *Artemia* resources of Southwest Siberia (Russian Federation). *Reviews in Fisheries Science*. 2009. Vol. 17, Issue 1. P. 117–148.
 24. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G. [The *Artemia* in lakes of West Siberia]. Novosibirsk: Siberian Publishing Company "Nauka" of the Russian Academy of Sciences, 2009. 304 p. (In Russ.)

25. Wolf L.A. [Ecological features of the branchiopod crustacean *Artemia parthenogenetica* Barigozzi in salt ponds of Northern Kazakhstan: Republic of Kazakhstan: Abstract ... A Thesis of a Candidate of Biological Sciences]. Pavlodar, 2010. 23 p. (In Russ.)
26. Ivanova V.I. [The ecological state and genesis of biota in hypersaline ponds of Kalmykia: Abstract of a Thesis ... Candidate of Biological Sciences]. Saratov, 2013. 19 p. (In Russ.)
27. Vesnina L.V., Permyakova G.V. [Abundance dynamics and specific features of distribution of uneven-aged branchiopod crustaceans *Artemia* species in deep Bolshoye Yarovoye Lake (Altai krai)]. Bulletin of Tomsk State University. Biology. 2013. No.1 (21). P. 89–102. (In Russ.)
28. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G., Kutsanov K.V. [The influence of environmental factors and functioning of biocenoses of hypersaline ponds in Southwest Siberia]. Siberian Journal of Ecology. 2013. No.3. P. 329–340. (In Russ.)
29. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Kutsanov K.V. [Long-term dynamics of harvested *Artemia* cyst stocks in Russia]. Aquatic Bioresources, Aquaculture and Water Ecology: Proceedings of a Scientific Conference. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education “Kaliningrad State Technical University”, Kaliningrad, 2013. P. 75–78. (In Russ.)
30. Litvinenko L.I., Kutsanov K.V., Kiskin I.A., Fatkhullina E.R. [Bioproductivity of hypersaline ponds in West Siberia in the context of low water content in 2012]. The Bulletin of Fisheries Science. 2014. V. 1, No.3 (3). P. 21–28. (In Russ.)
31. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Kutsanov K.V. [Artemia cyst harvested stocks in lakes of West Siberia in years with different water content]. Fishing Ponds of Russia: Fundamental and Applied Studies: Thesis Reports of the International Scientific Conference Dedicated to 100th Anniversary of State Research Institute of Lake and River Fisheries. Moscow, 2014. P. 501–509. (In Russ.)
32. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Kutsanov K.V., Kozlov O.V. [General trends in formation of harvested resources of invertebrates in lakes with different salinity]. 11th Congress of Hydrobiological Society under the Russian Academy of Sciences: Thesis Report, Krasnoyarsk, 22nd–26th September 2014. [Electronic resource]. Under the general editorship of M.I. Gladyshev. Electronic data. Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2014. P. 95–96. (In Russ.)
33. Anufrieva E.V. [Crustaceans of hypersaline ponds of Crimea: fauna, ecology, and distribution: Abstract of a Thesis ... Candidate of Biological Sciences]. Sevastopol, 2014. 23 p. (In Russ.)
34. Vizer L.S., Rostovtsev A.A. [Monitoring of the *Artemia* sp. in hypersaline Karachi Lake]. Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University. 2016. No.2. P. 65–70. (In Russ.)
35. Litvinenko L.I., Bizikov V.A., Kutsanov K.V., Sayenko E.M., Semik M.A., Kovacheva N.P., Kryahova N.V. [The role of benthic cysts in biocenosis of hypersaline ponds]. Topical Problems of Fishing, Fisheries (Aquaculture) and Ecological Monitoring of Aquatic Ecosystems: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Dedicated to 90th Anniversary of Azov Research Institute for Fisheries, 11th–12th December 2018. Rostov-on-Don, 2018. P. 170–174. (In Russ.)

Об авторах

Литвиненко Александр Иванович,
доктор биологических наук,
профессор кафедры водных биоресурсов
и аквакультуры
ФГБОУ ВО «Государственный аграрный
университет Северного Зуралья»
625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7
(3452) 29-01-81; acadagro@mail.ru

About the authors

Alexander Ivanovich Litvinenko,
Doctor of Biological Sciences, Prof.,
Department of Aquatic Bioresources
and Aquaculture
Federal State Budgetary Educational Institution
of Higher Education “State Agrarian University
of Northern Zauralye”
7, Respubliki str., Tyumen 625003
+7 (3452) 29-01-81; acadagro@mail.ru

Бойко Елена Григорьевна,
кандидат биологических наук, ректор
ФГБОУ ВО «Государственный аграрный
университет Северного Зуралья»
625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7
(3452) 29-01-81; acadagro@mail.ru

Корентович Марина Александровна,
кандидат биологических наук,
доцент кафедры водных биоресурсов
и аквакультуры
ФГБОУ ВО «Государственный аграрный
университет Северного Зуралья»
625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7
(3452) 29-01-81; acadagro@mail.ru

Разова Любовь Фёдоровна,
младший научный сотрудник
ФГБНУ «Государственный научно-производ-
ственный центр рыбного хозяйства»
625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
(3452) 41-87-36; opb@gosrc.ru

аспирант
ФГБОУ ВО «Государственный аграрный
университет Северного Зуралья»
625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7
(3452) 29-01-81; acadagro@mail.ru

Elena Grigoryevna Boyko,
Candidate of Biological Sciences, Rector
Federal State Budgetary Educational Institution
of Higher Education “State Agrarian University
of Northern Zauralye”
7, Respubliki str., Tyumen 625003
+7 (3452) 29-01-81; acadagro@mail.ru

Marina Alexandrovna Korentovich,
Candidate of Biological Sciences,
Associate Prof., Department of Bioresources
and Aquaculture
Federal State Budgetary Educational Institution
of Higher Education “State Agrarian University
of Northern Zauralye”
7, Respubliki str., Tyumen 625003
+7 (3452) 29-01-81; acadagro@mail.ru

Lyubov Fedorovna Razova,
Junior Research Fellow
Federal State Budgetary Scientific Institution
“State Scientific-and-Production Center
of Fishery”
33, Odesskaya str., Tyumen 625023
+7 (3452) 41-87-36; opb@gosrc.ru

Post-graduate student
Federal State Budgetary Educational Institution
of Higher Education “State Agrarian University
of Northern Zauralye”
7, Respubliki str., Tyumen 625003
+7 (3452) 29-01-81; acadagro@mail.ru