

УДК 69.25.19

doi: 10.17223/19988591/21/7

Л.В. Веснина, Г.В. Пермякова

*Алтайский научно-исследовательский институт
водных биоресурсов и аквакультуры (г. Барнаул)*

**ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И ОСОБЕННОСТИ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ОСОБЕЙ
ЖАБРОНОГО РАЧКА *Artemia* В ГЛУБОКОВОДНОМ ОЗЕРЕ
БОЛЬШОЕ ЯРОВОЕ (АЛТАЙСКИЙ КРАЙ)**

Проведено комплексное исследование биоты глубоководного озера Большое Яровое Алтайского края. На основе анализа данных многолетнего мониторинга (2000–2011 гг.) выявлены лимитирующие факторы среды, особенности и сроки развития популяции артемии, ее экологические и репродуктивные характеристики. Особое внимание уделено доказательству неравномерности горизонтального и вертикального распределения разновозрастных особей рачка и его цист, которое ранее носило описательный характер. Описаны процессы перемещения основной массы цист в течение вегетационного сезона и выделен наиболее продуктивный 2-метровый горизонт водного столба для более эффективной заготовки ценного биоресурса. Полученные данные рекомендуются к использованию в методике прогноза объемов возможного вылова цист в глубоководных озёрах, совершенствование которой является актуальной на сегодняшний день проблемой.

Ключевые слова: *Artemia*; цисты; хронологическая структура; агрегированность; продуктивный горизонт водного столба.

Введение

Артемия считается истинно эвригалинным организмом [1]. Исследования особенностей биологии этого жабронога связаны с уникальной способностью адаптироваться к неблагоприятным условиям среды. Научный интерес к рачкам вызван их исключительной осморегулирующей способностью, разнообразием физиологических, биохимических и морфологических свойств отдельных популяций, существованием полиплоидии. В последнее время, в связи с усилением антропогенного воздействия, появляются работы по использованию артемии в экотоксикологических исследованиях [2]. Артемия является важным компонентом гипергалинных водоемов, имеющих не только экологическое, но и хозяйственное значение [3]. Практический интерес к данным организмам вызван использованием науплий артемии как стартового корма в аквакультуре.

На территории Алтайского края располагается крупнейший в России фонд гипергалинных озер, зоопланктон в большинстве которых представлен

монокультурой артемии. Жаброногий рачок в водоемах Западной Сибири не определен до вида, и работы в данном направлении ведутся [4]. Популяции артемии, живущие в специфических для них биотопах, имеют разные пределы толерантности к абиотическим условиям [5]. Поэтому для наиболее полного их описания необходимо использовать мультидисциплинарный подход с использованием биометрии, морфометрических и морфологических характеристик, экологических особенностей и молекулярно-генетических исследований [6, 7].

В хронологической структуре популяций артемии в мелководных гипергалинных озерах Алтайского края наблюдается неравномерное горизонтальное распределение рачков и цист, и более равномерное – вертикальное [8]. В связи с этим научный и практический интерес представляет вертикальное распределение рачков и цист в глубоководном озере Большое Яровое. В ранней литературе по данному водоему встречается описание особенностей распределения популяции [8–10], однако специального исследования по данному вопросу не проводилось. Хозяйственное значение исследования направлено на выявление наиболее продуктивного горизонта, который необходимо учитывать при прогнозировании объемов возможного вылова ценного биоресурса.

Целью настоящих исследований явилось изучение численных показателей и хронологической структуры популяции артемии в глубоководном озере Большое Яровое.

Материалы и методики исследования

Материалом исследования послужили пробы, собранные в период 2009–2011 гг. с апреля по октябрь в рамках мониторинговых исследований на озере Большое Яровое Алтайского края. Объектом биомониторинга являлась экосистема озера, включающая популяцию артемии, а также факторы среды, воздействующие на нее. За период исследования было собрано и обработано 26 проб на гидрохимический состав и 468 количественных и качественных проб зоопланктона.

Отбор проб, измерения факторов среды и визуальные наблюдения за распределением рачка по акватории озера проводились по стандартной методике [11–13] на постоянно выделенных станциях наблюдения, расположенных в разных частях озера. Станции определяются при помощи GPS-навигатора Garmin eTrex (Тайвань). На озере Большое Яровое выделено 12 станций. Отбор проб с 9 станций велся тотальным обловом большой планктонной конической сетью Апштейна диаметром 0,5 м в период с мая по октябрь. Скважина на каждой станции условно разбита на 4 транссекты. Глубина скважин в каждой транссекте на двух станциях составляет 2,0; 4,0 м; на пяти – 2,0; 4,0; 6,0 м; на двух – 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 м. Три станции литоральные, на которых пробы отбирались при помощи малой планктон-

ной сети Апштейна в период с марта по октябрь. Пробы фиксировались 4%-ным раствором формалина.

Камеральная обработка выполнена под бинокляром МБС-10 (СССР), оборудованным окуляр-микрометром. В составе популяции артемии выделяли следующие группы: ортонауплии, метанауплии, ювенильные (1,0–5,0 мм), предвзрослые (5,1–10,0 мм), половозрелые самки (отмечалось содержание овисака) и самцы. Различали также летние тонкоскорлуповые яйца и диапаузирующие яйца (цисты).

Для морфометрических исследований рачка использовался фиксированный материал. В период исследований 2009–2011 гг. были промерены при помощи окуляр-микрометра особи обоих полов трех-четырех генераций рачка в количестве: 4 750 экз. разновозрастных неполовозрелых, 476 половозрелых. Определение массы тела рачков и цист проводили на электронных весах марки «Kern» ARJ 220-4M (Германия) с дискретностью показаний от 0,0001 до 1,0 г.

Отбор рапы для замера температуры и минерализации осуществлялся с помощью батометра. Общая минерализация определялась с помощью оптического прибора – рефрактометра (ATAGO Hand refractometer, Kernco Instruments Co., inc. 420 Kenazo Ave., E 1 Paso TX 79928 USA). Гидрохимические пробы отбирались путем зачерпывания рапы объемом 1,0–1,5 л. Минеральный состав рапы водоемов определен методом выпаривания в лабораторных условиях сотрудниками ОАО «Михайловский завод химических реактивов» (г. Барнаул). Классификация воды по солевому составу проведена по О.А. Алёкину [14].

Статистическую обработку материала и построение графиков осуществляли с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel 2010. Вычислены максимальные и минимальные значения ($x_{\max}$, $x_{\min}$), среднеарифметические значения ($\bar{x}$), стандартная ошибка ($S\bar{x}$), стандартное отклонение (σ), коэффициент вариации (Cv), коэффициент корреляции (r) при $p < 0,05$. Для оценки влияния глубины на распределение цист использован однофакторный дисперсионный анализ [15–19]. В качестве показателя агрегированности распределения использовано отношение дисперсии к среднему значению численности рачков и цист – показатель D [20]. При равномерном распределении $D < 1$, при групповом – $D > 1$.

Результаты исследования и обсуждение

Весной поверхностные слои гипергалинных водоемов прогреваются достаточно быстро. Температура 0,5-метрового слоя рапы поднимается с -8 до $+10^{\circ}\text{C}$ в течение одной недели. При температуре поверхностного слоя -3°C появляются первые науплиусы [21]. Массовое развитие первой генерации в озере Большое Яровое происходит обычно в середине апреля – первых числах мая. Половозрелые особи первой генерации отмечаются с середины

июня. В 2009–2011 гг. продолжительность жизненного цикла первой генерации составляла 60–69 дней. Вторая и последующие генерации развиваются с «перекрыванием» друг друга, что затрудняет выявление их чётких границ. Вторая генерация появляется в середине – конце июня и продолжается до начала – середины августа. Начало третьей генерации приходится на середину – конец июля, элиминация особей описываемой генерации наблюдается со второй половины сентября. Развитие четвертой генерации в наибольшей степени зависит от абиотических и биотических факторов конкретного года. Начало ее приурочено к середине августа, половой зрелости достигает лишь небольшая часть популяции в конце сентября – начале октября. При неблагоприятных условиях четвертая генерация не развивается или элиминируется, не достигнув стадии имаго. Таким образом, в глубоководном озере наблюдается развитие трех-четырёх генераций артемии.

В сезонной динамике общей численности и биомассы рачков в озере Большое Яровое отмечается наличие одного пика, приходящегося на летние месяцы. Основной пик численности в 2009 г. отмечался в июле, в 2010 г. – в августе, в 2011 г. – в июне. Основные пики численности цист приходятся на конец лета – осень (август – октябрь) (рис. 1).

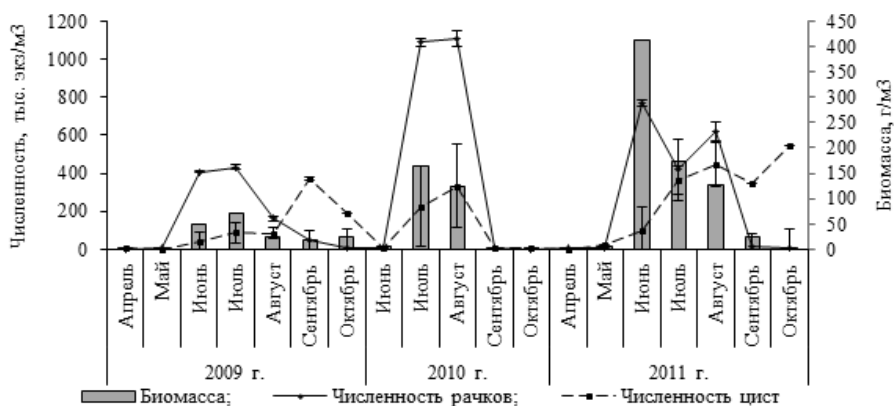


Рис. 1. Сезонная динамика численности и биомассы рачков артемии и ее цист в озере Большое Яровое

Общая биомасса разновозрастных особей жаброногого рачка в период исследований находилась в пределах 0,001 (апрель) – 414,190 г/м³ (июнь). Коэффициенты вариации биомассы изменяются в широких пределах (от 5,28 до 100%). При рассмотрении доли биомассы каждой стадии развития рачка в общую биомассу наблюдались следующие закономерности. В весенние месяцы основу биомассы составляли особи науплиальных стадий развития. В последующие периоды увеличивалась доля ювенильных и предвзрослых особей. В летне-осенний период основу биомассы составляли половозрелые особи, в основном самки (рис. 2).

Вылупление науплий первой генерации в весенний период наблюдается в литоральных, более прогретых участках глубоководного водоёма с наименьшей минерализацией. Таким образом, решающими факторами в распределении рачков в весенний период являются минерализация и температура воды, что согласуется с предшествующими наблюдениями [8, 9]. В ранее проведенных исследованиях показана роль донных отложений цист в развитии популяции артемии. Видимо, для глубоководного озера Большое Яровое характерно постепенное вылупление науплий, особенно первой генерации, что весьма важно при слабом развитии кормовой базы в ранний весенний период.

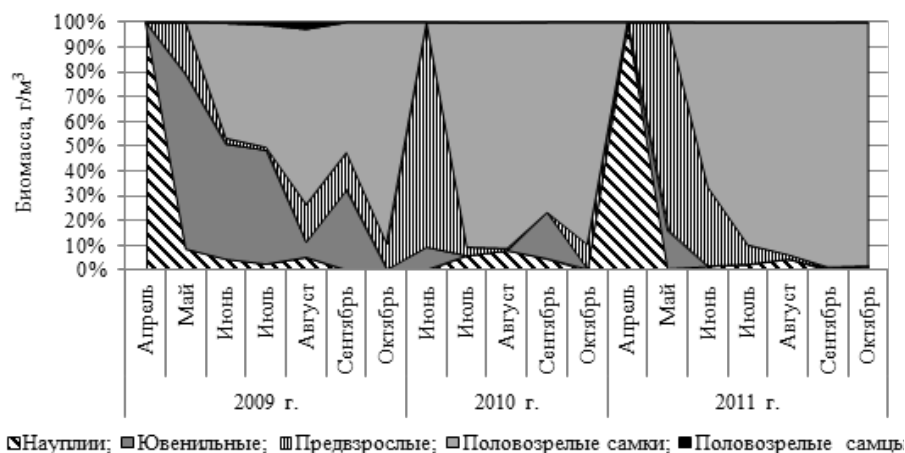


Рис. 2. Соотношение биомассы разновозрастных особей артемии в течение вегетационного сезона в озере Большое Яровое

В 2009 г. в весенние месяцы численность неполовозрелых особей колебалась по станциям от 0,35 (апрель) до 13,8 (май) тыс. экз./м³. В этот период наблюдались минимальные значения численности и биомассы рачков. Половозрелые особи отмечались с середины июня в связи с благоприятными абиотическими и биотическими (трофическими) условиями. Их плотность на единицу объема колебалась от 0,35 до 8,1 тыс. экз./м³. Средняя численность по станциям составляла для самок – $3,3 \pm 0,6$; самцов – $0,04 \pm 0,01$ тыс. экз./м³. Самки в июне размножались в основном тонкоскорлуповыми яйцами (53,9%), наблюдалось живорождение (34,6%). Большая часть рачков (57,5%) в этот период находилась на стадии науплий ($235,5 \pm 26,8$ тыс. экз./м³). Особи ювенильной стадии развития составляли 41,2% от общей численности рачков ($168,3 \pm 30,2$ тыс. экз./м³), половозрелые особи – 0,8%. Значительные ошибки среднего значения объясняются неравномерностью распределения рачков по акватории и глубинам.

В литературе известно, что неравномерность распределения рачков артемии и цист обусловлена гидрологическими и пищевыми факторами [22,

23]. В июне 2009 г. показатель распределения (D) по акватории для науплий составлял 76,5, особей ювильной стадии развития – 14,2, предвзрослой стадии – 0,1, половозрелых самок – 1,3, самцов – 0, цист – 1,5. Наибольшая плотность рачков и цист наблюдалась в северо-западной части озера Большое Яровое. Распределение по горизонтам водного столба также было неравномерным. Агрегированность в этот период наблюдалась среди особей ювильной стадии развития ($D = 15,8$) и цист ($D = 4,2$), наибольшая их численность отмечалась на глубине 4,0 м.

В июле 2009 г. 96,0% самок откладывали летние яйца. На поверхности воды отмечались элиминированные особи (самки) первой генерации. Основная доля особей жабронога была представлена ювильной стадией – 55,2% от общей численности, науплии составляли 43,5%, половозрелые особи – 1,2%. В этот период наблюдался основной пик численности и биомассы галофила. Численность цист, находящихся в толще воды, колебалась от 11,5 до 78,0 тыс. экз./м³, составляя в среднем $30,7 \pm 4,7$ тыс. экз./м³.

Неравномерное распределение по акватории в июле 2009 г. наблюдалось у науплий ($D = 22,2$), ювильных особей ($D = 16,1$) и цист ($D = 10,4$), наибольшая их концентрация отмечалась в северо-восточной части озера. В вертикальном распределении наблюдалась большая неравномерность. Показатель агрегированности для науплий составил 31,4, особей ювильной стадии развития – 95,3, цист – 8,7. Основная доля их численности находилась на глубине 0–2,0 м (48,9% науплий, 57,8% ювильных особей, 45,2% цист).

В августе наблюдался спад численности и биомассы разновозрастных особей жабронога. Численность рачков науплиальной стадии развития уменьшилась на 24,1% по сравнению с предыдущим месяцем, колебания по станциям от 64,9 до 405,0 тыс. экз./м³, составляя в среднем $143,2 \pm 17,1$ тыс. экз./м³, или 89,4% от общей численности. Их распределение было неравномерным как по акватории ($D = 7,6$), так и по горизонтам водного столба ($D = 21,3$). Численность ювильных сократилась на 95,2%. Она колебалась от 1,4 до 92,2 тыс. экз./м³ (7,1% от общей численности), показатель агрегированности по акватории составил 8,7, по глубинам – 4,5. Численность предвзрослых рачков составляла $2,8 \pm 0,5$ тыс. экз./м³, отмечалась неравномерность в их распределении по акватории ($D = 10,9$). Численность половозрелых самок составляла $2,6 \pm 0,3$ тыс. экз./м³, численность самцов варьировала в широких пределах ($Cv = 73,5\%$), от 0,1 до 3,0 тыс. экз./м³. Численность диапаузирующих яиц увеличилась в августе на 26,2% по сравнению с июлем, она колебалась в пределах 10,5–105,0 тыс. экз./м³. Скопления цист отмечались в южной части озера (D по акватории составил 5,1) и на глубине 0–2,0 м (D по горизонтам водного столба составил 8,9). Наблюдалось увеличение концентрации цист на глубине 4,0 и 8,0 м, что свидетельствует о процессе погружения диапаузирующих яиц на глубину в результате перемещения водных масс.

В осенний период 2009 г. наблюдался спад численности всех стадий развития рачка. В сентябре наибольшая часть сообщества жабронога (90,3% от общей численности) находилась в ювенильной стадии развития (четвертая генерация). Их средняя численность по станциям составляла $43,2 \pm 8,2$ тыс. экз./м³. Численность цист увеличилась на 88,9%, она колебалась от 140,0 до 960,0 тыс. экз./м³. Распределение цист было неравномерным как по акватории ($D = 32,1$), так и по глубинам ($D = 70,2$). Они образовывали скопления в юго-восточной части озера, а наибольшая их концентрация отмечалась на горизонте 0–2,0 м и 8-метровом слое. В октябре численность науплий была минимальной и составляла 0,05 тыс. экз./м³. Половозрелые самки составляли 53,2% от общей численности рачков и обуславливали достаточно высокие показатели биомассы, несмотря на уменьшение общей численности рачков.

В 2010 г. температурные условия были менее благоприятны, поэтому развитие жаброногов немного задерживалось. В июне 2010 г. встречались разновозрастные стадии артемии, преобладали ювенильные и предвзрослые особи (49,6 и 48,2% соответственно), их численность колебалась: ювенильные – 0–9,1; предвзрослые – 0,1–8,1 тыс. экз./м³.

Половозрелые особи отмечались в пробах июля. Их численность была достаточно высокой (самки – $21,8 \pm 1,2$; самцы – $0,11 \pm 0,01$ тыс. экз./м³). В июле самки размножались науплиями (24%), а также откладывали тонкоскорлуповые яйца (20%) и цисты (56%). В этот период, в связи с увеличением температуры воды до 21°C, наблюдалась вспышка численности науплий, она колебалась от 494,1 до 2294,0 тыс. экз./м³, в среднем $1064,1 \pm 107,1$ тыс. экз./м³. Науплии составляли основу численности зоопланктона озера в этот период (97,6%). Предвзрослые особи составляли 0,4%; половозрелые самки – 2,0% от общей численности рачков.

Неравномерность распределения, как по акватории, так и по глубинам, наблюдалась у науплий (D составляло 45,5 и 154,1 соответственно) и цист (D составляло 2,6 и 4,0 соответственно). Наибольшая их концентрация отмечалась в северо-западной части озера Большое Яровое, 38,8% численности науплий и 38,5% численности цист находились на глубине 0–2,0 м.

В августе 2010 г. численность науплий и половозрелых особей была гораздо выше, чем в предыдущем году. Численность науплий была высокой по всем станциям и горизонтам водного столба и составляла $1091,4 \pm 119,9$ тыс. экз./м³ (98,4% от общей численности), численность половозрелых самок – $16,6 \pm 1,5$ (1,5% от общей численности). Показатель агрегированности науплий по акватории составлял 157,8, по глубинам – 63,1. В распределении самок также наблюдалась неравномерность, показатель агрегированности по акватории составлял 1,4, по глубинам – 1,1.

Численность диапаузирующих яиц увеличилась в августе на 32,6%, по сравнению с предыдущим месяцем, и в среднем составляла $333,5 \pm 41,3$ тыс. экз./м³. В горизонтальном и вертикальном распределении цист

наблюдалась неравномерность, показатель их агрегированности по акватории составлял 29,3, по горизонтам водного столба – 26,2. Большая доля численности цист (37,6%) находилась на глубине 0–2,0 м. На глубине 6,0–8,0 м наблюдалось увеличение их плотности на 56,0%, что связано, по-видимому, с вертикальным перемещением диапаузирующих яиц в придонные слои.

В сентябре – октябре наблюдался спад общей численности и биомассы гаулофильного рачка. Численность науплий в литоральной зоне в сентябре составляла $6,9 \pm 1,0$ (77,5% от общей численности), октябре – $0,1 \pm 0,03$ тыс. экз./м³. Половозрелые особи были представлены только самками, их численность колебалась от 0,05 до 0,3 тыс. экз./м³, составляя 1,7% от общей численности рачков.

В апреле 2011 г. популяция артемии в озере находилась на стадии науплий, наибольшая численность отмечалась на первой станции при наименьшей минерализации (152,0 г/л). Средняя численность цист составляла $0,7 \pm 0,1$ тыс. экз./м³.

В мае происходило повышение температуры воды, что способствовало вылуплению науплий артемии и их дальнейшему развитию. В июне популяция артемии была представлена особями науплиальной стадии развития со средней численностью $627,1 \pm 93,6$ тыс. экз./м³, или 81,8% от общей численности. Средняя численность рачков ювенильной стадии развития составляла $2,2 \pm 0,5$ тыс. экз./м³; предвзрослой – $96,9 \pm 13,4$ тыс. экз./м³. Средняя численность половозрелых самок составляла $40,0 \pm 7,3$ тыс. экз./м³; самцов – $0,3 \pm 0,1$ тыс. экз./м³. У 60% самок в овисаках находилось летнее яйцо, живорождение наблюдалось у 20%. В июне наблюдался пик численности и биомассы рачков.

Численность цист и летнего яйца, находящихся в толще воды, составляла $392,6 \pm 96,0$ тыс. экз./м³, цисты составляли 25,5% от общего количества при средней численности $100,3 \pm 16,1$ тыс. экз./м³.

Неравномерность в распределении по акватории наблюдалась для особей всех стадий развития жабронога и его цист. Показатель агрегированности по акватории для науплий составлял 41,5; для ювенильных особей – 1,9; предвзрослых – 26,2; самок – 8,4; цист – 141,3. Наибольшая концентрация переносимых стадий отмечалась в северо-западной части озера. В вертикальном распределении агрегированность наблюдалась у науплий ($D = 119,0$), предвзрослых особей ($D = 14,2$), самок ($D = 5,7$) и цист ($D = 28,9$). Наибольшая доля численности науплий (41,4%) и предвзрослых особей (33,8%) находилась на глубине 0–2,0 м, цисты и самки были многочисленны в слое 0–4,0 м.

Популяция артемии в июле 2011 г. состояла на 5,4% из половозрелых особей ($22,7 \pm 2,2$ тыс. экз./м³), численность предвзрослых – $10,1 \pm 0,8$ тыс. экз./м³ (2,4%), представляющих первую генерацию. У основной части половозрелых самок наблюдались остаточная плодовитость (40,0%) или выбой (60,0%). В период с 13 по 15 июля отмечена массовая элиминация имаго рачка. В этот период

наблюдалось уменьшение общей численности (на 45,6%) и биомассы (на 58,4%) по сравнению с предыдущим месяцем.

Численность цист и летнего яйца, находящихся в толще воды, составляла $561,4 \pm 82,5$ тыс. экз./м³. Средняя численность цист составляла $363,1 \pm 159,9$ тыс. экз./м³ (64,7% от общего количества). Цисты агрегировались вдоль западного побережья озера Большое Яровое ($D = 2096,4$), а также в 2-метровом слое ($D = 125,4$), составляя 42,7% от общей численности цист. Вторая генерация жаброногов находилась на стадии ортонауплий и метанауплий, численность которых достигала в среднем $384,3 \pm 39,1$ тыс. экз./м³ (92,1% от общей численности рачков). Распределение науплий было также неравномерным как по акватории ($D = 169,1$), так и по глубинам ($D = 24,5$). Наиболее многочисленны науплии были в слое 0–2,0 м (34,5%).

В августе основная доля зоопланктона в озере Большое Яровое приходилась на ортонауплий и метанауплий третьей генерации (96,9%), их средняя численность составляла $597,9 \pm 72,6$ тыс. экз./м³. Половозрелые самки второй генерации со средней численностью $17,2 \pm 2,3$ тыс. экз./м³ составляли 2,8%.

В овисаках самок наблюдалось развитие цист (48%), летних яиц (40%), отмечалось живорождение (12%). На поверхности воды в юго-западной части озера отмечались небольшие скопления цист в виде отдельных агрегатов, а также небольшое количество элиминированных особей артемии черного и белесого цвета. Численность диапаузирующих яиц в августе увеличилась на 19,0% и в среднем составляла $448,4 \pm 56,0$ тыс. экз./м³. Показатель агрегированности цист в горизонтальном распределении составлял 128,0, в вертикальном – 5,8. Наибольшая концентрация цист наблюдалась на глубине 6,0–8,0 м, в 2-метровом слое находилось 22,0% от общей численности.

В осенний период (сентябрь – октябрь) наблюдались спад численности и биомассы зоопланктона и увеличение концентрации цист в толще воды. Основу общей численности в сентябре составляли науплиальные особи (65,6%), средняя численность – $8,8 \pm 1,2$ тыс. экз./м³. Основу биомассы составляли половозрелые самки, их численность колебалась от 0,8 до 7,0 тыс. экз./м³. На поверхности воды отмечались отмершие особи рачка второй – третьей генераций, а также агрегаты цист, образующих большие скопления в виде «лент» длиной несколько метров как на поверхности воды в центральной и юго-западной частях озера, так и в заплесковой зоне. Колебание численности диапаузирующих яиц составляло 74,0–1299,0 тыс. экз./м³. Четвертая генерация была наиболее малочисленной, лишь небольшая часть прошла процесс мотурации.

В октябре, по сравнению с предыдущим месяцем, численность науплий сократилась на 69,6%, половозрелых самок – на 87,9%, самцы не отмечались. Плотность цист, наоборот, увеличилась на 36,4%, составляя в среднем $546,8 \pm 102,4$ тыс. экз./м³.

Неравномерность в распределении в осенний период отмечалась у науплий и цист. Показатель агрегированности по акватории составлял для

науплий 1,8, для цист – 130,9; по глубинам: для науплий – 7,6, для цист – 21,6. Скопления цист отмечались в 2-метровом слое и на глубине 8,0 м.

При анализе коэффициентов корреляции выявлена достоверная связь между численностью науплий и численностью самок ($r = 0,67$; $p \leq 0,05$). Кроме того, численность разновозрастных особей рачка сопряжена с численностью фитопланктона (r колеблется от 0,48 до 0,92; $p \leq 0,05$). Численность науплий сопряжена с минерализацией и температурой воды (r составляет $-0,84$ и $0,54$ соответственно при $p \leq 0,05$). Численность половозрелых особей коррелирует с численностью особей предвзрослой стадии развития (самки: $r = 0,71$; самцы: $r = 0,63$; $p \leq 0,05$).

Как описывалось выше, в вертикальном и горизонтальном распределении рачков и цист наблюдается неоднородность. По литературным [4, 24, 25] и нашим данным, образование скоплений в наибольшей степени характерно для цисты благодаря «клейкости». В процессе прогнозирования объемов возможного вылова цист наибольшее значение приобретает выявление продукционного слоя водного столба, а также процессы перемещения основной массы цист в течение вегетационного сезона.

Для определения достоверности неравномерного распределения цист по глубинам был проведен однофакторный дисперсионный анализ. Различия носят достоверный характер ($F_{\phi} = 5,63$ при $p \leq 0,01$).

В течение вегетационного периода происходят перемещения основной массы цист в горизонтальном и вертикальном направлениях. Горизонтальное распределение зависит в основном от волновой активности, вертикальное, по-видимому, – от температуры и минерализации воды, определяющих плотность воды, следовательно, и плавучесть цист. На рис. 3 представлено процентное соотношение распределения плотностей цист по глубинам в течение вегетационного периода.

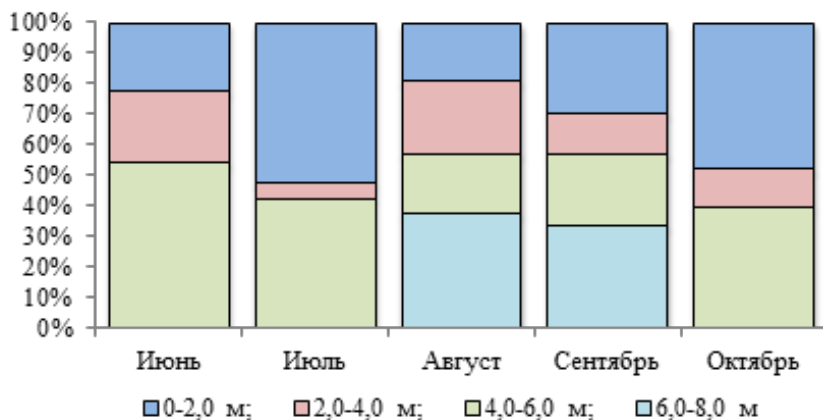


Рис. 3. Распределение цист рачка артемии в водном столбе (0–8,0 м) озера Большое Яровое

На рис. 3 видно, что в июне основная масса цист находится на глубине 4,0–6,0 м, которая постепенно поднимается. В июле большая часть цист находится в двухметровом слое, эта масса обусловливается их поднятием со дна и выметом цист самками первой – второй генераций. В августе наблюдается наибольшая численность цист, при этом наибольшая концентрация – в слое 2,0–6,0 м, происходит постепенное их погружение. В сентябре наблюдается вымет цист самками третьей – четвертой генераций рачков, которые собираются в верхних горизонтах водного столба. Максимум агрегированности цист в верхних слоях проявляется в октябре. Однако увеличение численности на глубине указывает также на процесс вертикального перемещения вглубь основной массы цист. В этот период температура воды снижается, происходит перемещение водных слоёв, увлекающих за собой на глубину ниже 8,0 м основную массу цист.

Таким образом, в озере наблюдается неравномерное распределение цист по глубинам. В весенний период, в процессе прогревания воды, они поднимаются со дна. В июне – июле основная их масса находится в верхних слоях. С августа начинается процесс оседания. При этом четырёхметровый слой является «пограничным», численность цист в нем варьирует в зависимости от процессов их вертикального перемещения.

После вымета самками яиц основная их масса находилась в слое 0–2,0 м благодаря их плавучести и способности образовывать скопления. Поэтому целесообразно учитывать при прогнозе численность цист в период вымета (июль, сентябрь – октябрь) в этом горизонте. При изменении гидрологических условий происходит вертикальное перемещение основной массы цист вглубь. При этом, находясь ниже 6-метровой глубины, цисты становятся недоступными для промысла, что связано с плотностью рапы и контактом цист с донными солевыми отложениями и илом. Для процесса промышленной заготовки сырья цист артемии наиболее благоприятными являются июль и период с начала сентября до середины октября. Однако сроки могут колебаться в зависимости от гидрологических условий конкретного года.

Выводы

1. В озере Большое Яровое отмечено развитие 3–4 генераций рачка в зависимости от факторов среды в осенний период. В сезонной динамике общей численности и биомассы жаброногих рачков отмечается наличие одного пика (2009 г. – июль, в 2010 г. – август, 2011 г. – июнь). Средняя плотность разновозрастных особей артемии составляла 271,9 тыс. экз./м³, средняя численность цист – 172,7 тыс. экз./м³. Общая их биомасса находилась в пределах 0,001–414,190 г/м³.

2. Развитие науплиальной стадии артемии зависит главным образом от минерализации и температуры воды ($r = -0,84$ и $0,54$ соответственно). В дальнейшем значение приобретает и кормовая обеспеченность (коэффи-

циент r между численностью разновозрастных особей артемии и численностью фитопланктона колебался от 0,48 до 0,92). Численность науплий коррелирует с численностью самок ($r = 0,67$), которая, в свою очередь, определяется численностью особей предвзрослой стадии развития ($r = 0,71$).

3. Для рачков и цист артемии в озере Большое Яровое характерно неравномерное горизонтальное и вертикальное распределение. Наибольшей способностью образовывать скопления обладают цисты благодаря своей «клейкости». Показатель агрегированности цист по акватории озера колебался от 1,5 до 2096,4; по глубинам – от 4,0 до 125,4.

4. Распределение численности цист по глубинам (0–8,0 м) неравномерное ($F_{\phi} = 5,63$). В июне наибольшая их концентрация отмечалась на глубине 0–4,0 м, в июле – 0–2,0 м. В период августа – октября наибольшая доля их численности находилась на глубине 0–2,0 и 6,0–8,0 м, что указывает на процесс погружения цист вглубь. При этом, находясь ниже 6-метровой глубины, цисты становятся недоступными для промысла, что связано с плотностью рапы и контактом цист с донными солевыми отложениями и илом.

5. Четырехметровый слой является «пограничным», численность цист в нём варьирует в зависимости от процессов их вертикального перемещения. Наибольшая концентрация всех стадий развития артемии наблюдается в двухметровом горизонте, который необходимо учитывать при прогнозе общих запасов ценного биоресурса – цист.

Литература

1. Смуров А.О., Комендантов А.Ю. Применение концепции толерантных полигонов для анализа отношения водных беспозвоночных к солености среды // Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря : материалы 9-й междунар. конф. Петрозаводск, 2005. С. 292–296.
2. Nunes B.S., Carvalho F.D., Guilhermino L.M., Van Stappen G. Use of the genus *Artemia* in ecotoxicity testing // Environmental pollution. 2006. Vol. 144. P. 453–462.
3. Руднева И.И. Артемия – важнейший компонент экосистем соленых водоемов юга Украины и Крыма : сб. докл. Междунар. науч.-исслед. семинара «Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование» / под ред. А.И. Литвиненко. Тюмень : Госрыбцентр, 2004. С. 79–94.
4. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г. Артемия в озёрах Западной Сибири. Новосибирск : Наука, 2009. 304 с.
5. Vanhaecke P., Siddall S.E., Sorgeloos P. International study on *Artemia*. 32. Combined effects of temperature and salinity on the survival of *Artemia* of various geographical origin // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 1984. Vol. 80. P. 259–275.
6. Mayer R.J. Morphology and biometry of three populations of *Artemia* (Branchiopoda: Anostraca) from the Dominican Republic and Puerto Rico // Hydrobiologia. 2002. Vol. 486. P. 29–38.
7. Mura G., Baxevanis A.D., Lopez G.M. et al. The use of a multidisciplinary approach for the characterization of a diploid parthenogenetic *Artemia* population from Torre Colimena (Apulia, Italy) // Journal of plankton research. 2005. Vol. 27. № 9. P. 895–907.
8. Соловов В.П., Студеникина Т.Л. Рачок артемия в озёрах Западной Сибири: морфология, экология, перспективы хозяйственного использования. Новосибирск : Наука, 1990. 81 с.

9. Соловов В.П., Подуровский М.А., Ясюченя Т.Л. Жаброног артемия: история и перспективы использования ресурсов. Барнаул : Алт. полиграф. комбинат, 2001. 144 с.
10. Веснина Л.В., Пермякова Г.В., Ронжина Т.О., Коротких В.Б. Результаты гидробиологического мониторинга соленых озер Алтайского края // Водные экосистемы Сибири и перспективы их использования : материалы Всерос. конф. с междунар. участием. Томск, 2011. С. 166–170.
11. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М. : Наука, 1975. 240 с.
12. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. Л. : ГосНИОРХ, 1983. 51 с.
13. Методические указания по определению общих допустимых уловов (ОДУ) цист жаброногого рачка ARTEMIA. Тюмень, 2002. 25 с.
14. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. Л. : Гидрометеиздат, 1970. 442 с.
15. Плохинский А.Н. Биометрия. Новосибирск : СО АН СССР, 1961. 364 с.
16. Меркурьева Е.К. Биометрия и селекция в генетике сельскохозяйственных животных. М. : Колос, 1970. 424 с.
17. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М. : Наука, 1982. 270 с.
18. Лакин Г.Ф. Биометрия : учеб. пособие для биол. спец. вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Высш. шк., 1990. 352 с.
19. Васильева Л.А. Статистические методы в биологии : учеб. пособие к курсу лекций «Биометрия». Новосибирск, 2004. 128 с.
20. Одум Ю. Экология. М. : Мир, 1986. Т. 2. 376 с.
21. Веснина Л.В. Состояние рыбохозяйственного комплекса Алтайского края // Материалы Междунар. науч. конф. «Современное состояние водных биоресурсов и экосистем морских и пресных вод России: проблемы и пути решения». Ростов н/Д, 2010. С. 76–83.
22. Олейникова Ф.А. К вопросу о размещении рачка артемии в водоемах // Изучение поведения водных беспозвоночных в естественных условиях. Борок : ИБВВ, 1972. С. 93–97.
23. Макаров Ю.П. Распределение и динамика численности *Artemia salina* (L.) в Куяльницком лимане // Гидробиологический журнал. 1984. Т. 20, вып. 3. С. 17–23.
24. Воронов П.М. О некоторых особенностях развития *Artemia salina* (L.) // Зоологический журнал. 1971. Т. 50, вып. 6. С. 937–938.
25. Студеникина Т.Л., Новоселов В.А. О распределении рачка артемии в водоемах // Биологическое разнообразие животных Сибири. Томск, 1998. С. 243–244.

Поступила в редакцию 12.10.2012 г.

Liubov V. Vesnina, Galina V. Permyakova

*Altay Research Institute of Aquatic Living Resources and
Aquaculture, Barnaul, Altaysky kray, Russia***DYNAMICS OF NUMBER AND DISTRIBUTION OF UNEVEN-AGE INDIVIDUALS
OF *Artemia* IN DEEP-WATER BOLSHOE YAROVÉ LAKE (ALTAYSKY KRAY)**

The cysts of Artemia brine shrimp are considered to be the best starting live food all over the world. There were revealed more than 90 “artemia lakes” on the territory of Altay where preparation of a valuable bioresource is possible. An increasing interest to shrimp cysts has caused development of security actions, including calculation of general stocks and fractions of withdrawal. A certain difficulty in forecasting is a definition of an “inhabited” zone of shrimps and cysts in deep-water reservoirs, including Bolshoe Yarovoe Lake of Altay territory where it is necessary to consider their vertical distribution. Therefore, the aim of the present research was to study distribution non-uniformity of Artemia cysts density on depths for revealing the most productive layer which is necessary for considering at the forecast of valuable bioresource possible collection volumes.

The material of studying was hydrobiological data collected at Bolshoe Yarovoe Lake during 2009–2011 from April to October. The selection of hydrobiological samples was spent at permanent stations of supervision located in different parts of the lake. The samples selected from different horizons of a water column (2.0; 4.0; 6.0; 8.0). For the period of research 468 zooplankton samples were collected and processed. For a morphometric research there was used fixed material in quantity: 4750 copies of different-age individuals and 476 copies of adults. For an assessment of depth influence on cysts distribution there was used a one-factorial dispersive analysis. As a distribution aggregation parameter the relation of dispersion to an average value of number shrimps and cysts – parameter D was used. With uniform distribution $D < 1$ and with group distribution – $D > 1$.

The evolution of 3–4 generations of shrimp was observed in the lake. Nauplii hatching of the first generation was observed in litoral zones, warmer and with the least salinity of water. The life cycle duration of the first generation made 60–69 days. In seasonal dynamics of Artemia common number and biomass the presence of one peak (2009–2010 – in July, 2011 – in June) is marked.

In the result of the research non-uniform horizontal and vertical distribution of Artemia shrimp and cysts is revealed. The cysts are more likely to form a congestion possess. The aggregation horizontal parameter (D) of cysts changed from 1.5 up to 2096.4 and the vertical one – from 4.0 up to 125.4. Distinctions in cysts distribution on depths have a reliable character ($F_{\phi} = 5.63$, at $p = 0.01$). Their greatest density was marked at the depth of 0–4.0 m in June, 0–2.0 m – in July. During August – October there was observed stratification of cysts on depths, the greatest fraction of their number was at the depth of 0–2.0 m and 6.0–8.0 m, what specifies the process of cysts immersing into deep. Thus, the most productive layer is that of two meters.

Key words: *Artemia; cysts; aggregation; distribution; the productive layer of water column.*

Received October 12, 2012