



УДК 639.28.053.7:595.32

**Л.И. ЛИТВИНЕНКО**, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией

*Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства*

e-mail: litvinenko\_li@mail.ru

### **КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ АРТЕМИИ – ОСНОВНОГО СТАРТОВОГО КОРМА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ – В ОЗЕРАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Представлены результаты наблюдений за сезонной численностью и биомассой разных возрастных стадий артемии сибирских популяций с 1995 по 2004 г. Показаны среднесезонные показатели плотности популяций.

В умеренных широтах сезонная динамика плотности популяции жаброногого галофильного рачка артемии имеет характерные черты, обусловленные особенностями климата. Одной из них является прекращение вегетации артемии при температуре ниже 4–5 °С. Во время этого неблагоприятного периода рачки находятся в виде цист. Сезонная динамика плотности сибирских популяций артемии недостаточно освещена в отечественной литературе и касается в основном алтайских популяций [1–4], а значительный ареал (от Урала до Алтая) в этом отношении оказался полностью неизученным.

Цель настоящей работы – выявить закономерности развития популяций артемии как в течение сезона, так и в многолетнем аспекте.

#### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования провели с 2000 по 2004 г. на 10 модельных озерах, расположенных в Курганской и Омской областях. На 5 из них (Большое и Малое Медвежье, Вишняковское, Невидим, Эбейты) обследования проводили круглый год 2 раза в месяц в вегетационный сезон и 1 раз в месяц – в период зимовки. На 5 озерах (Большое Курейное, Филатово, Ново-Георгиевское, Актобан, Ульжай) мониторинг проводили лишь в вегетационный сезон. Кроме того, с 1995 по 2004 г. исследовали 19 популяций артемии в Челябинской, Курганской, Омской, Тюменской областях, Хакасии, Тыве с периодичностью не более 1–2 раза в сезон. Изучали численность и биомассу рачков всех возрастных стадий. Исследования проводили согласно разработанным нами ранее методикам [5, 6]. Усредненные показатели получали в результате расчета средних арифметических по всем имеющимся данным за определенный период времени.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

**Сезонная динамика численности артемии.** Вылупление науплиусов артемии из цист в озерах Западной Сибири наблюдали со второй половины апреля при прогреве воды до 4–5 °С. В сезонной динамике

численности науплиусов и метанауплиусов отмечали от одного до трех пиков. Как правило, первый пик регистрировали в апреле–мае. Он самый мощный: в некоторых популяциях достигал 5164 шт./л (Малое Медвежье, 19.04.2001 г.) и 2196 шт./л (Филатово, 24.04.2001 г.). В большинстве случаев значение этого пика составляло от 10 до 1000 шт./л и в среднем равнялось 330 науплиусов/л. Следующие летние (июньский и июльский) пики, обусловленные живорождением, значительно уступали по мощности первому и происходили не всегда. Последняя дата, когда регистрировали науплиусов в планктоне, – 5 октября (Невидим, 2002 г.) в количестве 0,34 шт./л.

В сезонной динамике ювенальных рачков максимум численности приходился на конец мая и составлял в среднем 25 шт./л. В некоторых озерах численность их достигала 182–197 шт./л (Большое и Малое Медвежье, 2001 г.). Второй и третий максимум, который наблюдали редко, не превышал 20 шт./л. Последняя дата, когда регистрировали ювенальных рачков в планктоне, – 22 сентября (Малое Медвежье, 2000 г.) в количестве 0,28 шт./л.

Появление взрослых и предвзрослых особей почти во всех озерах приурочено к концу мая, июню, однако единичные предвзрослые особи встречались уже 8 мая. Для предвзрослых рачков отмечен один протяженный пик численности, охватывающий 2 мес (июнь и июль). Численность особей этой возрастной стадии не превышала 64 шт./л и в среднем в данный период составляла приблизительно 6 шт./л. В динамике половозрелых самок зафиксировали 1–3 пика. Максимальные значения численности данных особей (62,6 шт./л) регистрировали в 2002 г. (Чердынское). Эти рачки встречались в планктоне озер до середины октября при температуре воды 3–12 °С. В ноябре 2003 г. в оз. Эбейты при температуре воды –3 °С обнаружили единичных взрослых рачков.

В годовой динамике планктонных и бентосных цист хорошо выражен минимум, приходящийся на зимний период, два максимума для бентосных и два-три – для планктонных цист. Абсолютные значения численности планктонных цист находились от 0,1 до 3720 шт./л, бентосных – от 0 до 18 600 тыс. шт./м<sup>2</sup>. В период минимума численность их, как правило, составляла не выше 3 шт./л и 400 тыс. шт./м<sup>2</sup> соответственно. В редких случаях численность планктонных цист в конце или начале зимнего периода повышалась до 102–482 шт./л, бентосных – до 870–2200 тыс. шт./м<sup>2</sup>.

Первый максимум численности, который вызван смывом береговых скоплений цист талыми водами, наблюдали в апреле–мае. В некоторых озерах численность планктонных цист достигала в этот период наибольшего значения: 2015 шт./л. (Малое Медвежье, 2001 г.) и даже 3720 шт./л. (Вишняковское, 2002 г.). Численность бентосных цист увеличивалась в разных озерах до 580–6000 тыс. шт./м<sup>2</sup>, выклев планктонных цист в этот период в среднем равнялся 35 %, бентосных – 16 %.

Второй максимум в планктоне, обусловленный кладкой яиц и цист рачками II генерации, наблюдали, как правило, в июле–августе, третий, вызванный кладкой цист рачками II и III генерации, – в ноябре.

По мощности второй пик не уступал третьему, а в некоторых популяциях даже превышал его. Численность планктонных цист в период первого максимума достигала 150–2630 шт./л, второго – 110–1420 шт./л, выклев планктонных и бентосных цист, отложенных в летнее время, равнялся 2–18 % (в среднем 9 %).

Второй максимум в бентосе наблюдали в основном в сентябре. Осенний максимум самый мощный: до 1900–18 600 тыс. шт./м<sup>2</sup>. Выклев цист, отложенных в осеннее время, находился в пределах 1,8–31,3 % (в среднем 19,9 %).

Анализ всех имеющихся показателей отклонения фактической численности планктонных цист от средней за каждый месяц позволил выявить определенную сезонную и годовую динамику их численности (табл. 1). Согласно годовой динамике максимум ее наблюдался в августе, минимум – в зимние месяцы, небольшое повышение – с апреля по июнь. Вариабельность отклонений фактических значений численности цист от среднегодовой наибольшая с февраля по апрель (коэффициент вариации ( $C_v$ ) 191–258 %), наименьшая – в июле и сентябре ( $C_v$  – 74 и 82 % соответственно). В сезонной динамике цист с июня (начало откладывания цист рачками I генерации) по ноябрь отмечали небольшие колебания численности цист в первые 2 мес, затем резкое увеличение ее в августе и последующее снижение до октября, а затем некоторое повышение в ноябре. Вариабельность отклонений фактических значений численности цист от среднесезонной наиболее высокая в ноябре ( $C_v = 123$  %), наиболее низкая – в августе ( $C_v = 70$  %).

Анализ всех имеющихся показателей отклонения фактической численности бентосных цист от средней за каждый месяц позволил выявить некоторую тенденцию в их годовой динамике: максимум – в сентябре, минимум – в январе, небольшой пик – в апреле и июне (табл. 2). Вариабельность отклонений фактических значений численно-

Таблица 1

**Показатели отношения фактической численности планктонных цист к среднесезонным и среднегодовым значениям по всем имеющимся данным в среднем за каждый месяц**

Месяц	По сезону			По году		
	Среднее	Дисперсия	$C_v$	Среднее	Дисперсия	$C_v$
Январь	–	–	–	0,02	0,01	74
Февраль	–	–	–	0,05	0,12	258
Март	–	–	–	0,27	0,52	191
Апрель	–	–	–	1,44	3,17	220
Май	–	–	–	1,23	1,54	125
Июнь	1,04	0,96	92	1,67	1,84	110
Июль	1,10	1,13	103	0,66	0,49	74
Август	1,64	1,53	94	2,62	2,62	100
Сентябрь	0,87	0,61	70	1,43	1,17	82
Октябрь	0,58	0,52	90	0,79	0,97	123
Ноябрь	0,78	0,96	123	1,17	1,87	160
Декабрь	–	–	–	0,41	0,47	115

Таблица 2

Показатели отношения фактической численности бентосных цист к среднесезонным и среднегодовым значениям по всем имеющимся данным в среднем за каждый месяц

Месяц	По сезону			По году		
	Среднее	Дисперсия	$C_v$	Среднее	Дисперсия	$C_v$
Январь	—	—	—	0,26	0,29	113
Февраль	—	—	—	0,57	0,59	104
Март	—	—	—	0,55	0,61	112
Апрель	—	—	—	1,06	1,29	122
Май	—	—	—	0,77	0,97	126
Июнь	0,85	0,77	91	1,14	1,18	103
Июль	0,91	0,54	59	1,06	0,73	69
Август	0,79	0,51	65	0,97	0,73	76
Сентябрь	1,48	1,05	71	2,13	1,79	84
Октябрь	1,09	0,80	73	1,28	0,95	74
Ноябрь	0,86	1,04	122	1,00	1,10	111
Декабрь	—	—	—	0,69	0,79	115

сти цист от среднегодовой наиболее высокая с ноября по май ( $C_v = 104\text{--}126\%$ ), наиболее низкая — в июле ( $C_v = 69\%$ ). В сезонной динамике цист с июня (начало откладывания цист рачками I генерации) по ноябрь отмечали небольшие колебания их численности в первые 3 мес, затем резкое увеличение в сентябре и последующее за этим постепенное снижение. Вариабельность отклонений фактических значений численности цист от среднесезонной наиболее высокая в ноябре ( $C_v = 122\%$ ), наиболее низкая — в июле ( $C_v = 59\%$ ).

**Сезонная динамика общей биомассы и численности рачков артемии.** В сезонной динамике биомассы рачков в 60 % популяций отмечено наличие первого максимума в июне—июле и в 40 % — второго, приходящегося в основном на сентябрь. В 90 % популяций наблюдали снижение биомассы артемии в августе. Пик ее в мае обусловлен ювенальными рачками, в последующие месяцы — предвзрослыми и взрослыми особями. На пике биомасса артемии в некоторых модельных озерах достигала 164 мг/л (Малое Медвежье, 30.05.2001 г.) и 254 мг/л (Невидим, 18.07.2001 г.).

В целом за весь исследованный период колебания летней биомассы артемии составляли от 0,1 до 401 мг/л.

Анализ процентного соотношения биомассы разных возрастных стадий артемии показал, что в начале сезона в биомассе планктона преобладали цисты и науплиусы, в мае — ювенальные стадии, с июня по октябрь — предвзрослые и взрослые рачки. Начиная с августа происходило нарастание биомассы цист в планктоне.

Суммируя все имеющиеся данные по мониторинговым исследованиям, получили сезонную динамику биомассы артемии: в мае—июле она выше среднесезонных значений, в остальные месяцы, как правило, ниже; максимум биомассы регистрировали в июне. В августе происходило резкое снижение ее, в сентябре — повышение. Коэффициент вариации биомассы артемии достаточно высок (табл. 3) и колебался от 67 (в июне) до 156 % (в сентябре).

**Показатели отношения фактической биомассы и численности рачков артемии к среднесезонным значениям по всем имеющимся мониторинговым данным в среднем за каждый месяц**

Месяц	Биомасса рачков			Численность рачков		
	Среднее	Дисперсия	$C_v$	Среднее	Дисперсия	$C_v$
Январь	0	0	0	0	0	0
Февраль	0	0	0	0	0	0
Март	0	0	0	0	0	0
Апрель	0,18	0,23	123	3,03	2,49	82
Май	1,27	1,45	114	1,66	1,24	74
Июнь	2,01	1,34	67	1,36	1,16	85
Июль	1,38	1,41	102	0,82	0,92	113
Август	0,47	0,6	129	0,33	0,52	160
Сентябрь	0,84	1,31	156	0,25	0,33	133
Октябрь	0,37	0,48	130	0,02	0,03	110
Ноябрь	0	0	0	0	0	0
Декабрь	0	0	0	0	0	0

В сезонной динамике общей численности рачков в 57 % популяций отмечали один максимум, приходящийся на апрель–май (в одном случае – на июнь), и в 43 % два – в основном в апреле и июне–июле. Пик численности в апреле–мае обусловлен науплиусами и ювенальными рачками, в последующие месяцы – предвзрослыми и взрослыми особями.

Таким образом, по всем имеющимся данным мониторингового исследования сезонная динамика общей численности рачков артемии характеризуется тем, что в апреле–июне она выше среднесезонных значений, в остальные месяцы – ниже. Максимум наблюдали в апреле, а затем происходило постепенное снижение численности вплоть до конца сезона. Коэффициент вариации численности артемии достаточно высок (см. табл. 3) и колебался от 74 (в мае) до 160 % (в августе).

**Среднесезонные показатели плотности популяции.** Анализу подвергли все имеющиеся данные по плотности артемии. За 10 лет исследований средняя за сезон биомасса артемии в озерах колебалась от менее 0,1 мг/л (Таузаткуль, 2001 г.; Филатово и Требушинное, 2003 г.) до 181 мг/л (Соленый Кулат, 2001 г.) и даже 220 мг/л (Окуневское, 1997 г.). Анализ среднесезонных значений биомассы артемии 29 озер за 10-летний период показал, что 10 озер (35 %) являются низкопродуктивными (биомасса артемии ниже 10 мг/л), 11 (38 %) – среднепродуктивными (10–30 мг/л), 7 (24 %) – высокопродуктивными (31–50 мг/л) и одно озеро (3 %) – очень высокопродуктивное (более 50 мг/л). Средняя биомасса артемии по 29 озерам равна  $23,3 \pm 5,3$  мг/л ( $C_v = 122$  %).

Средняя за сезон численность рачков составляла от 0,1 (Требушинное, 1995 г.; Филатово, 2003 г.) до 1139 шт./л (Вишняковское, 2004 г.), а в целом для всех озер –  $50,7 \pm 10,1$  шт./л ( $C_v = 248$  %). Средние данные по каждому озеру за несколько лет были от 2 (Таузаткуль) до

242 шт./л (Окуневское). Наиболее перспективные для промысла озера имели численность рачков выше 25 шт./л.

В модельных озерах среднегодовые показатели численности планктонных цист составляли от 106 до 281 шт./л, среднесезонные – от 10 до 517 шт./л. Для всех обследованных озер среднесезонные значения имеют больший размах – от 0,1 до 801 шт./л. В целом для всех водоемов этот показатель равен  $129,0 \pm 13,2$  шт./л ( $C_v = 126\%$ ). В наиболее перспективных для промысла озерах численность планктонных цист выше 100 шт./л.

Среднегодовые значения численности бентосных цист (в модельных озерах) были от 76 до 3774 тыс. шт./м<sup>2</sup>, среднесезонные (для всех обследованных озер) – от 3 до 7165 тыс. шт./м<sup>2</sup>. В целом для всех водоемов этот показатель равен  $710 \pm 116$  тыс. шт./м<sup>2</sup> ( $C_v = 156\%$ ), в наиболее перспективных – выше 500 тыс. шт./м<sup>2</sup>.

Уровень изменчивости анализируемых показателей весьма высок:  $C_v$  в большинстве случаев превышает 100 %.

Если условно принять среднюю глубину всех озер, равную 1 м, то на 1 м<sup>2</sup> площади озера приходится приблизительно 850 тыс. шт. цист, причем 13 % их 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. Таким образом, продуктивность их в сибирских озерах достаточно велика. Эти показатели соответствуют урожаю цист в продуктивных биотопах [7, 8], но значительно меньше, чем в прудах Таиланда – 153 кг/га/сезон [9] и Филиппин – 70 кг/га/мес в сухой массе [10]. Основная часть цист в озерах Западной Сибири недоступна для промысла, поскольку находится на дне.

### ВЫВОДЫ

1. Вегетационный сезон рачков артемии в озерах Западной Сибири ограничен сроками от второй половины апреля до середины октября. Максимум численности рачков наблюдался в апреле–мае, биомассы – в июне–июле, численности бентосных цист – в сентябре, планктонных – в августе.

2. Средняя за сезон биомасса рачков артемии в 29 исследованных озерах Западной Сибири составляла 0,1–220 мг/л. Низкая продуктивность (средняя биомасса рачков ниже 10 мг/л) отмечена в 10 озерах, средняя (10–30 мг/л) – в 11, высокая (выше 30 мг/л) – в 8.

3. Средняя для всех озер биомасса рачков артемии равна 23 мг/л, численность планктонных и бентосных цист – 850 тыс. шт./м<sup>2</sup> площади. Эти показатели могут быть использованы для ориентировочной оценки продуктивности артемиевых озер Западно-Сибирского региона.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соловов В.П. Рачок артемия в озерах Западной Сибири: морфология, экология, перспективы хозяйственного использования / В.П. Соловов, Т.Л. Студеникина. – Новосибирск: Наука, 1990. – 81 с.
2. Соловов В.П. Особенности динамики численности популяции жаброногого рачка *Artemia salina* L. в озерах юга Западной Сибири и перспективы использования его

- ресурсов / В.П. Соловов, Т.Л. Студеникина // Гидробиол. журн. – 1992. – Т. 28, № 2. – С. 33–41.
3. **Веснина Л.С.** *Artemia sp.* в озере Кулундинском / Л.С. Веснина // Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование: тез. докл. междунар. науч.-исслед. семинара 17–19 июля 2002 г., Москва. – Тюмень, 2002. – С. 9–12.
  4. **Царева Г.А.** Артемия озера Большое Яровое. Особенности репродуктивных и физиологических характеристик / Г.А. Царева // Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование: сб. докл. междунар. науч.-исслед. семинара 17–19 июля 2002 г., Москва. – Тюмень, 2004. – С. 61–69.
  5. **Инструкция** по использованию артемии в аквакультуре. – Тюмень, 2000. – 58 с.
  6. **Методические** указания по определению общих допустимых уловов (ОДУ) цист жаброногого рачка *Artemia*. – Тюмень, 2002. – 25 с.
  7. **Persooone G.** General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia* / G. Persooone, P. Sorgeloos // *The Brine Shrimp Artemia. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture.* – Universa Press, Wetteren, Belgium, 1980. – Vol. 3. – P. 3–24.
  8. **Quynh V.D.** Inoculation of *Artemia* in experimental ponds in central Vietnam: an ecological approach and a comparison of three geographical strains / V.D. Quynh, N.N. Lam // *Artemia Research and its Applications. Ecology, Culturing, Use in aquaculture.* – Universa Press, Wetteren, Belgium, 1987. – Vol. 3. – P. 253–269.
  9. **Tarnchalanukit W.** *Artemia* culture in Thailand / W. Tarnchalanukit, L. Wongrat // *Artemia research and applications.* – Universa Press, Wetteren, Belgium, 1987. – Vol. 3. – P. 201–213.
  10. **Jumalon N.A.** Commercial production of *Artemia* in the Philippines / N.A. Jumalon, D.G. Estenor, D.M. Ogburn // *Artemia Research and Applications. Ecology, Culturing, Use in aquaculture.* – Universa Press, Wetteren, Belgium, 1987. – Vol. 3. – P. 231–238.

*Поступила в редакцию 21.08.2008*

L.I. LITVINENKO

**QUANTITATIVE DEVELOPMENT OF ARTEMIA –  
THE BASIC START FEED FOR AQUACULTURE OBJECTS –  
IN LAKES OF WESTERN SIBERIA**

There are given the results of observations for seasonal numbers and biomass of various age stages of *Artemia* of Siberian populations during the period from 1995 to 2004. The average seasonal indices of population densities are shown.

---