

**ЛИТВИНЕНКО Людмила Ильинична,**  
доктор биологических наук, профессор кафедры  
водных биоресурсов и аквакультуры,  
ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет  
Северного Зауралья, г. Тюмень

**ГОРБУНОВА Кристина Яковлевна,**  
ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет  
Северного Зауралья, г. Тюмень

УДК 574.626  
DOI 10.35524/2687-0436\_2021\_03\_26

статья поступила 17.08.2021

## ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВЫЛУПЛЕНИЯ НАУПЛИУСОВ АРТЕМИИ В РАПЕ СОЛЕНОГО ОЗЕРА ПРИ СОКРАЩЕНИИ СРОКОВ ИНКУБАЦИИ ЦИСТ

### STUDY OF THE POSSIBILITY OF ARTEMIA NAUPLII HATCHING IN THE BRINE OF THE SALT LAKE WITH A REDUCTION IN THE INCUBATION TIME OF CYSTS

Статья посвящена разработке некоторых элементов технологии экстенсивного выращивания артемии в природных гипергалинных водоемах России. Эксперименты по инкубации цист артемии и вылуплению науплиусов в рапе озера проводились в лабораторных условиях. Для эксперимента использована рапа озера Медвежье (Курганская область) с соленостью 173‰ и сухие цисты из озера Эбейты (Омская область). Процент вылупления (83%) и темп вылупления ( $T_0 = 16,5$  ч;  $T_{10} = 17,5$  ч;  $T_{50} = 22,0$  ч;  $T_{90} = 24,0$  ч;  $T_{100} = 25,0$  ч;  $T_s = 6,5$  ч) из цист озера Эбейты характеризуют цисты этой популяции, как вполне приемлемые для использования в качестве корма для личинок рыб и ракообразных. В статье анализируется возможность сокращения времени инкубации цист от стандартных 24 час до 1-23 ч. На примере проведенных экспериментов доказана возможность сокращения времени инкубации цист до 17 час. Науплиусы артемии довылуплялись в рапе озера в течение 9 суток после выпуска инкубированных цист в рапу. Сокращение времени инкубации до 1-16 час привело к задержке вылупления на 20 суток и более, а также к снижению количественных показателей вылупления науплиусов. Поступление порции пресной воды в рапу стимулировало вылупление некоторой части науплиусов во всех пробах. Результаты работ позволят ускорить процессы инокуляции науплиусов артемии в гипергалинный водоем и сократить стоимость этой процедуры.

**Ключевые слова:** артемия, цисты, соленость, инкубация, инокуляция науплиусов, вылупление в рапе, экстенсивное выращивание

**Key words:** Artemia, cysts, salinity, incubation, inoculation of nauplii, hatching in brine, extensive cultivation.

Для дальнейшего развития аквакультуры как в мире, так и в России требуется достаточное количество живых стартовых кормов. Науплиусы артемии с конца прошлого века заняли лидирующее положение среди всех других стартовых кормов. Интенсивно эксплуатируемые природные источники артемии уже не могут полностью гарантировать стабильный урожай цист. Поэтому в последнее время все больше уделяется внимание интенсивному выращиванию артемии в прудах [1-4] и экстенсивному – в природных водоемах [5].

Разрабатываемые в настоящее время в России технологии предусматривают вселение науплиусов артемии в природные водоемы. Для этого изучаются процессы инкубации цист в полевых условиях и разрабатываются пути усовершенствования за счет сокращения времени инкубации. Это позволит оптимизировать процесс инокуляции науплиусов и тем самым увеличить их промысловые запасы в природных водоемах.

Целью настоящей работы является определение возможности вылупления науплиусов артемии в рапе с природной гипергалинной водой при сокращении времени инкубации цист артемии.

**Материалы и методы исследований.** Эксперименты по инкубации цист артемии и вылуплению науплиусов в рапе озера проводились в лабораторных условиях. Объектом исследования послужили сухие цисты артемии из природного водоема – озера Эбейты, расположенного в Омской области. Для эксперимента использована рапа озера Медвежье, которое находится в Курганской области, с соленостью 173‰. Озера Эбейты и Медвежье являются промысловыми, их удаленность друг от друга составляет 250 км по прямой. Среднемноголетний вылов, по литературным данным [6, с. 38], в озере Медвежье площадью 5620 га равен 143 т, в озере Эбейты площадью 8330 га – 117 т, что составляет около 4% от мирового вылова. По общей минерализации воды озера являются гипергалинными, хлоридного класса (в отдельные сезоны вода озера Эбейты переходит в сульфатный класс), натриевой группы. Озера отличаются по типу воды. Озеро Медвежье имеет III тип, Эбейты – II. За 25-летний период мониторинга соленость воды в озере Медвежье менялась в пределах 110-320 г/л (в среднем за весь период – 203 г/л), в озере Эбейты – в пределах 82-396 г/л (в среднем 207 г/л). В целом озера имеют близкие значения солености, различия лишь касаются соотношений анионов и катионов. Схема экспериментов показана на рисунке 1.

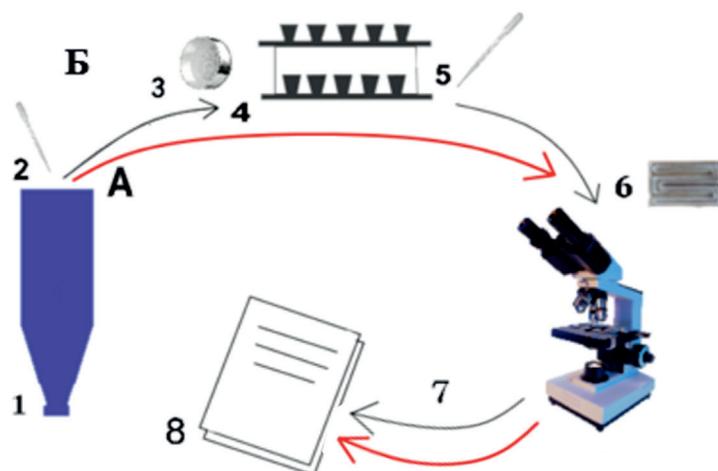


Рис. 1. Схема проведения исследования (верхние стрелки – эксперимент А, нижние стрелки – эксперимент Б)

Последовательность процедур в эксперименте А (см. рис. 1): 1 – инкубация цист; 2 – отбор трех проб пипеткой из инкубационной установки в объеме 0,5 мл каждый час в ходе инкубации; 6 и 7 – помещение пробы в камеру Богорова, подсчет количества цист и науплиусов при использовании бинокля МБС-10; 8 – расчет процента и темпа вылупления науплиусов. Последовательность процедур в эксперименте Б: 1 – инкубация цист; 2 – отбор 1 пробы пипеткой из инкубационной установки в объеме 50 мл каждый час в ходе инкубации; 3 и 4 – фильтрация через газ-сито отобранных проб и помещение их в сосуд объемом 100 мл, заполненный рапой; 5 – отбор проб пипеткой (5 мл) из сосудов с рапой каждые сутки в течение 24 дней; 6 и 7 – помещение отобранных проб в камеру Богорова и подсчет количества цист и науплиусов с помощью бинокля; 8 – фиксация полученных данных в ходе наблюдения.

Инкубация цист проводилась при стандартных условиях [7, с. 45; 8, с. 118]: температура воды – 25 °С, освещенность – 1500 люкс, аэрация воды, раствор солей: 30 г/л морской соли и 2 г/л  $\text{NaHCO}_3$  (соленость 32 г/л), плотность – 3 г/л сухих цист. Для активации цист в раствор перед началом инкубации была добавлена 3%-ная перекись водорода в количестве 0,6 мл/л.

Инкубация длилась 26 ч, наблюдения в рапе продолжались в течение 25 дней. Пробы с рапой из озера с соленостью 173‰ были пронумерованы от 1 до 25 в соответствии со временем отбора из инкубационной среды. Наблюдения в пробах с рапой проводились каждый день в первые 9 суток, затем пробы просматривались раз в 2-3 суток, с 22 по 24 сутки – каждый день.

Для анализа использованы следующие показатели:

- вылупление науплиусов из цист в процентах

$$H\% = \frac{n}{(n+c)} \quad (1)$$

где  $n$  – количество науплиусов;  $c$  – количество цист;

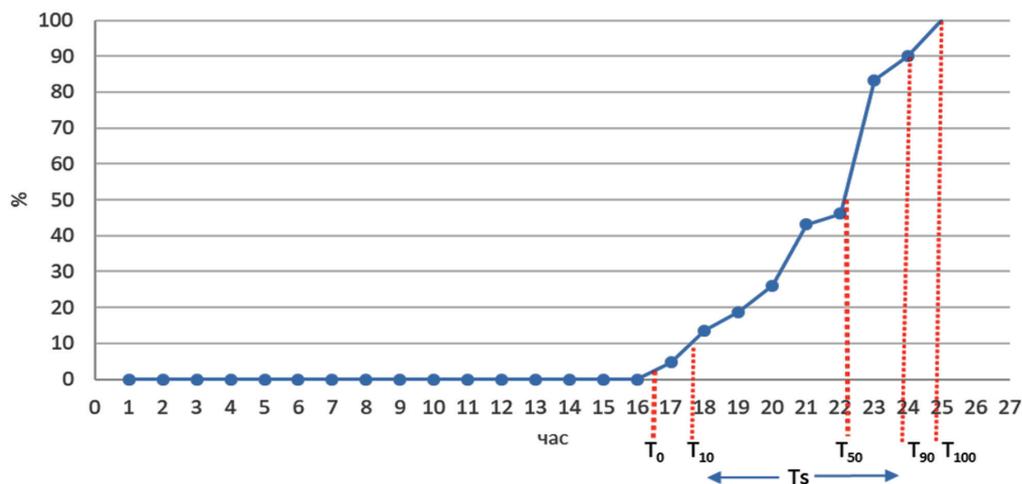
- время инкубации до появления первых науплиусов ( $T_0$ ); 10% науплиусов ( $T_{10}$ ); 50% науплиусов ( $T_{50}$ ); 90% науплиусов ( $T_{90}$ ); 100% науплиусов (максимальное количество науплиусов ( $T_{100}$ ); показатель  $T_s$  рассчитывался в соответствии с формулой:

$$T_s = T_{90} - T_{10} \quad (2)$$

Статистическую обработку данных проводили по общепринятым методикам [9, с. 37, 111] в программе Microsoft Excel с использованием средней арифметической ( $M$ ), ошибки средней ( $m$ ), стандартного отклонения ( $SD$ ), выборки ( $n$ ), достоверности различий по критерию Стьюдента.

Методы исследования более подробно изложены в выпускной квалификационной работе [10, с. 20-26].

**Результаты исследований.** Вылупление науплиусов из цист в инкубационной установке через 24 ч (стандартное время съема продукции) от начала инкубации составило в среднем по трем пробам  $74,8 \pm 2,2\%$ ; максимальный показатель был достигнут на 25 ч –  $83,3 \pm 2,8\%$ . Временные показатели вылупления, определенные методом экстраполяции (рис. 2) с учетом наибольшего результата ( $83,3\%$ ), составили:  $T_0 = 16,5$  ч,  $T_{10} = 17,5$  ч;  $T_{50} = 22,0$  ч;  $T_{90} = 24,0$  ч;  $T_{100} = 25,0$  ч;  $T_s = 6,5$  ч. Полученные данные свидетельствуют о том, что показатели темпа вылупления науплиусов из цист озера Эбейты занимают срединное положение среди показателей, представленных в литературе как по разным популяциям мира [7, с. 44], так и по сибирским популяциям [11, с. 183].

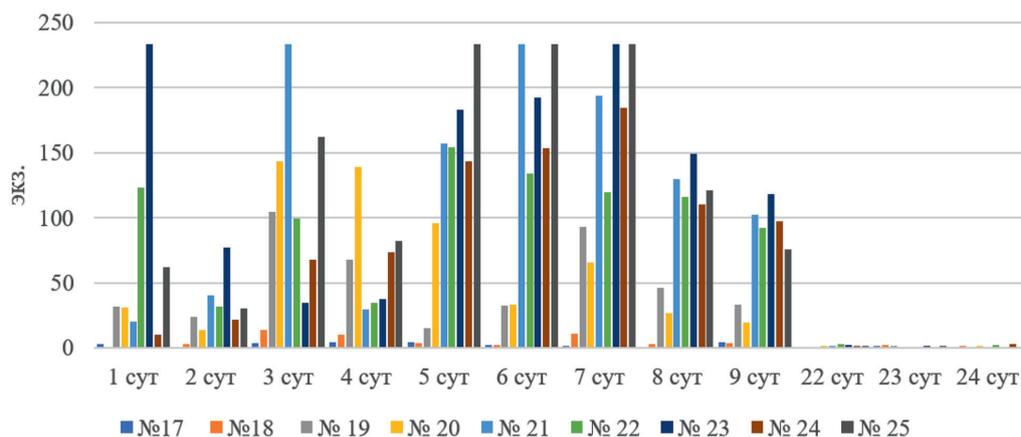


**Рис. 2. Темп вылупления науплиусов при инкубации цист**

Динамика численности науплиусов в пробах с рапой представлена в таблице. Анализ данных показывает, что численность в разных пробах значительно различалась и была в пределах от 0 (пробы 1-16 в период с 1 по 9 день) до 233 экз. (пробы №21, 23, 25). Анализ средних значений показал, что максимальные показатели вылупления в рапе отмечались на 5-7 сутки. Анализ средних значений по пробам показал, что максимальные показатели вылупления в рапе наблюдались в пробах № 21-25.

В течение 9 суток после инкубации живые науплиусы обнаружены в пробах №17-25 (рис. 3). В этот период в пробах №1-16 науплиусы отсутствовали. В период с 10 по 14 сутки наблюдалась гибель науплиусов в пробах, 15-20 сутки – науплиусы во всех пробах присутствовали единично.

Анализ численности науплиусов в каждой пробе (см. табл. 1) в течение 24 сут показал наличие значительных колебаний, вероятно, обусловленных как процессами вылупления, проходящими в рапе, так и отмирания вылупившихся науплиусов.



**Рис. 3. Изменение численности науплиусов в пробах №17-25**

Таблица 1  
**Численность живых науплиусов в пробах с рапой в течение 24 суток наблюдения (средняя по трем провам, экз.)**

Время отбора проб, сут	№ пробы с рапой															
	1-16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	М					
1	0	3	1	31	31	20	123	233	10	62	51,4					
2	0	1	3	24	14	41	32	77	21	30	24,3					
3	0	3	13	105	143	232	99	35	67	162	85,9					
4	0	4	10	68	139	29	35	37	73	82	47,7					
5	0	4	3	15	96	157	154	183	143	232	98,8					
6	0	2	2	33	33	233	134	192	153	233	101,5					
7	0	1	11	93	65	194	119	233	184	231	113,3					
8	0	1	3	46	27	129	116	149	110	121	70,2					
9	0	4	3	33	19	102	92	118	97	75	54,3					
22	6* (1-23)**	1	1	1	1	1	3	2	1	1	1,8					
23	7* (1-19)**	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1,7					
24	4* (1-8)**	1	1	1	1	1	2	1	3	1	1,6					
М	1,4	2,2	4,4	37,6	47,5	93,6	75,8	105,1	71,2	102,6						

Примечание: серым обозначены максимальные значения; \* – средние по провам; \*\* – абсолютные значения по провам

Высокая численность науплиусов в пробах №23, 24, 25 в первый день эксперимента сменилась значительным сокращением во второй, что, вероятно, связано не только с осмотическим шоком, который возможен при резком изменении солености во время переноса рачков из среды с соленостью около 32‰ в соленость 172‰, но и голоданием. Последующие подъемы численности живых науплиусов, наблюдаемые в течение 9 суток, свидетельствуют о вылуплении науплиусов уже в условиях рапы озера, что очень важно в технологии экстенсивного выращивания.

Массовое вылупление науплиусов из цист в период инкубации, относительно более низкое в рапе в течение 10 дней и продолжающееся незначительное вылупление в пробах №17-25 в период с 10 по 24 сутки, свидетельствует о том, что диапауза цист артемии, представляющая собой естественное прерывание метаболизма, может быть разной силы. Для основной массы цист достаточно активатора и необходимых условий инкубации (температура, свет, соленость, кислород), и вылупление произойдет через сутки, для других необходим более длительный период.

С 10 по 21 сутки во всех пробах (№1-25) наблюдалось либо отсутствие живых науплиусов, либо они встречались единично.

На 20 сутки эксперимента в пробы с рапой была добавлена пресная вода для компенсации испарения. На 22 сутки (рис. 4) в пробах с №1 по №16 появились науплиусы в количестве от 1 до 23 экз. (в среднем  $5,27 \pm 0,77$  экз.,  $n=48$ ). Добавление пресной воды, вероятно, способствовало прерыванию диапаузы некоторой части цист. Следовательно, цисты артемии, которые были в условиях инкубации (при солености 32‰) только 1-16 час и затем помещены в рапу озера (соленость 172‰), выклюнулись в ней спустя 22 суток. Этот факт задержки в вылуплении, вероятно, связанный с недостаточной гидратацией цист, также следует учесть при пастбищной аквакультуре артемии.

Таким образом, в пробах №17-25, где забор артемии из инкубационной среды проводился через 17-25 ч после начала инкубации, в течение 9 суток наблюдалось довыклевание науплиусов из цист, и численность их была в пределах 1-233 экз., составляя в среднем  $79,9 \pm 8,2$  экз. для всего массива данных за период с 1 по 9 сутки ( $n=81$ ), и  $1,26 \pm 0,12$  экз. – в период 22-24 сутки ( $n=27$ ).

Сокращение сроков инкубации на 7 часов от стандартного (24-17 ч) привело к тому, что непроклюнувшие цисты во время инкубации довыклевались в рапе в течение как минимум 9 дней после выпуска цист.

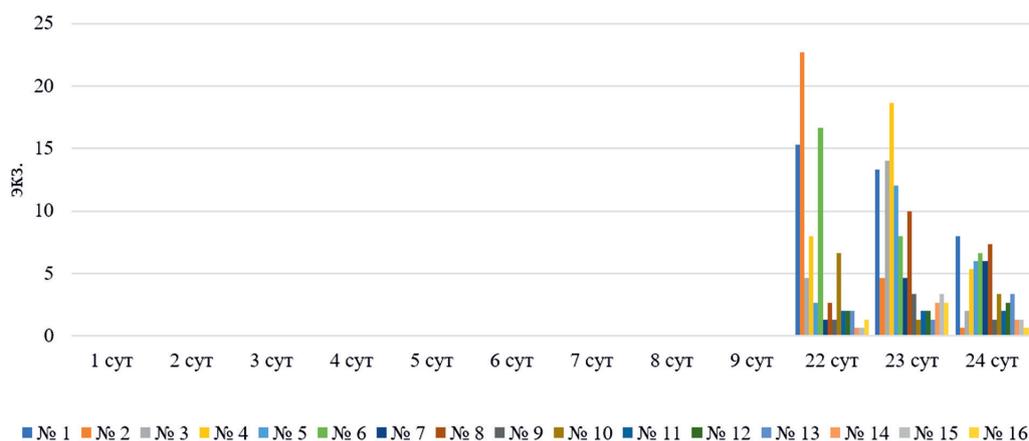


Рис. 4. Динамика численности науплиусов в пробах №1-16

При сокращении сроков инкубации на 8 ч и более вылупление цист наблюдалось по истечении 21 суток после выпуска, при этом интенсивность вылупления была на порядок ниже, чем в пробах №17-25 (в первые 9 суток) и в 4 раза выше (на 22-24 сутки). Все различия достоверны на высоком уровне значимости по критерию Стьюдента.

Добавление пресной воды в рапу стимулировало вылупление определенной части науплиусов во всех пробах, что свидетельствует о возможности вылупления цист, находящихся в озере, после поступления пресной воды, которая в природе попадает в водоем с осадками или из подземных и наземных источников. Выявленная задержка в вылуплении некоторых цист, возможно, связана с разной степенью стойкости диапаузы.

**Выводы.** Процент вылупления (83%) и временные интервалы темпа вылупления науплиусов из цист озера Эбейты ( $T_0 - 16,5$  ч,  $T_{10} - 17,5$  ч,  $T_{50} - 22,0$  ч,  $T_{90} - 24,0$  ч,  $T_{100} - 25,0$  ч,  $T_s - 6,5$  ч) характеризуют цисты этой популяции как вполне приемлемые для использования в качестве стартового корма. Сокращение сроков инкубации на 7 час от стандартного приводило к довылуплению в рапе в течение первых 9 дней непроросшихся во время инкубации цист. Сокращение сроков инкубации на 8-23 ч от стандартного приводило к задержке вылупления более чем на 20 суток, при этом интенсивность вылупления снизилась. Поступление порции пресной воды в рапу стимулировало вылупление некоторой части науплиусов во всех пробах. Сокращение сроков инкубации цист значительно удешевит процесс инкубации и позволит проинкубировать большее количество цист за единицу времени.

#### Библиографический список

1. Sorgeloos P., Roubach R. Past, Present and future scenarios for SDG-aligned brine shrimp *Artemia* aquaculture. *FAO Aquaculture Newsletter*. 2021. №63. P. 55-56.
2. Van Stappen, G.S. Liying, N.V. Hoa, M. Tamtin, B. Nyonje, R. de Medeiros Rocha, P. Sorgeloos and G. Gajardo. Review on integrated production of the brine shrimp *Artemia* in solar salt ponds. *Reviews in Aquaculture*. 2020. №12(2). P.1054-1071.
3. Hoa H.V., Thong L.V., Sorgeloos P. State of the art of brine shrimp *Artemia* production in artisanal saltwork in the Mekong Delta, Vietnam. *World Aquaculture*. 2020. №51(3). P. 19-22.
4. Anh N.T.N., Hoa N.V., Van Stappen G., Sorgeloos P. Effect of partial harvesting strategies on *Artemia* biomass production in Vietnamese salt works. *Aquaculture Research*. 2010. №41. P. 289-298.
5. Современное состояние и перспективы развития аквакультуры артемии в России / Н.П. Ковачева, Л.И. Литвиненко, Е.М. Саенко [и др.] // Труды ВНИРО. М.: ВНИРО, 2019. №178. С. 150-171.
6. Методические рекомендации по оценке и прогнозированию рекомендованного объема добычи (вылова) артемии / Л.И. Литвиненко, В.А. Бизиков, Н.П. Ковачева [и др.]. М.: ВНИРО, 2019. 49 с.
7. Sorgeloos P., Lavens P., Leger Ph., Tackaert W., Versichele D. Manual for the culture and use of brine shrimp in aquaculture. Belgium: Chent universiteit, 1986. 319 p.
8. Lavens P., Sorgeloos P. (eds.) Manual on the production and use of live food for aquaculture FAO Fisheries Technical Paper. No. 361. Rome, FAO. 1996. 295p.
9. Лакин Г.Ф. Биометрия: учебное пособие для биологических специальностей вузов. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
10. Горбунова К.Я. Изучение возможности вылупления науплиусов артемии в рапе соленого озера при сокращении сроков инкубации цист: выпускная квалификационная работа. Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2021. 53 с.

11. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G. Brine shrimp *Artemia* in Western Siberia lakes. Novosibirsk: Nauka, 2016. 295 p.

### References

1. Sorgeloos P., Roubach R. Past, Present and future scenarios for SDG-aligned brine shrimp *Artemia* aquaculture. *FAO Aquaculture Newsletter*. 2021. №63. P. 55-56.
2. Van Stappen, G.S. Liying, N.V. Hoa, M. Tamtin, B. Nyonje, R. de Medeiros Rocha, P. Sorgeloos and G. Gajardo. Review on integrated production of the brine shrimp *Artemia* in solar salt ponds. *Reviews in Aquaculture*. 2020. №12(2). P.1054-1071.
3. Hoa H.V., Thong L.V., Sorgeloos P. State of the art of brine shrimp *Artemia* production in artisanal saltwork in the Mekong Delta, Vietnam. *World Aquaculture*. 2020. №51(3). R. 19-22.
4. Anh N.T.N., Hoa N.V., Van Stappen G., Sorgeloos P. Effect of partial harvesting strategies on *Artemia* biomass production in Vietnamese salt works. *Aquaculture Research*. 2010. №41. R. 289-298.
5. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya akvakul'tury artemii v Rossii / N.P. Kovacheva, L.I. Litvinenko, E.M. Saenko [i dr.] // *Trudy VNIRO*. M.: VNIRO, 2019. №178. S. 150-171.
6. Metodicheskie rekomendacii po ocenke i prognozirovaniyu rekomendovannogo ob"ema dobychi (vylova) artemii / L.I. Litvinenko, V.A. Bizikov, N.P. Kovacheva [i dr.]. M.: VNIRO, 2019. 49 s.
7. Sorgeloos P., Lavens P., Leger Ph., Tackaert W., Versichele D. Manual for the culture and use of brine shrimp in aquaculture. Belgium: Shent universiteit, 1986. 319 p.
8. Lavens P., Sorgeloos P. (eds.) Manual on the production and use of live food for aquaculture *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 361. Rome, FAO. 1996. 295p.
9. Lakin G.F. *Biometriya: uchebnoe posobie dlya biologicheskikh special'nostej vuzov*. M.: Vysshaya shkola, 1990. 352 s.
10. Gorbunova K.YA. *Izuchenie vozmozhnosti vylupleniya naupliusov artemii v rape solenogo ozera pri sokrashchenii srokov inkubacii cist: vypusknaya kvalifikacionnaya rabota*. Tyumen': GAU Severnogo Zaural'ya, 2021. 53 s.
11. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G. Brine shrimp *Artemia* in Western Siberia lakes. Novosibirsk: Nauka, 2016. 295 p.

### **LITVINENKO Lyudmila Ilyinichna**

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department  
of Aquatic Bioresources and Aquaculture  
Northern Trans-Ural State Agricultural University  
**E-mail:** litvinenko\_li@mail.ru

### **GORBUNOVA Christina Yakovlevna**

Northern Trans-Ural State Agricultural University  
**E-mail:** gorbunova.ky@ibvm.gausz.ru