

# Влияние пероксида водорода на выклев науплиев артемии *Artemia sp.*

DOI: 10.37663/0131-6184-2023-3-

**Кряхова Наталия Владимировна** – канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник @ nvkryachova@mail.ru;

**Ковачева Николина Петковна** – д-р биол. наук, начальник отдела @ kovatcheva@vniro.ru;

**Глазунов Андрей Анатольевич** – специалист @ morionblack@mail.ru –

Отдел аквакультуры беспозвоночных Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Москва, Россия

Адрес: 105187, г. Москва, Окружной проезд, 19

## Аннотация.

Науплии жаброногого рачка *Artemia sp.* являются оптимальным стартовым кормом для различных видов рыб и ракообразных. По этой причине совершенствуются технологии их получения, в том числе активация цист. В работе изучено влияние различных концентраций раствора пероксида водорода в качестве активатора. Определена его оптимальная концентрация, она составила 0,2-0,4 мл/л. Сформулированы причины различий воздействия активатора на разные партии цист артемии. Изучена динамика выклева артемии с добавлением активатора и без него. Установлено, что добавление раствора пероксида водорода, в качестве активатора, увеличивает выклев науплиев артемии, однако на скорость их выхода из цист не влияет.

## Ключевые слова:

артемия, активация, пероксид водорода, оптимальная концентрация, динамика выклева

## Для цитирования:

Кряхова Н.В., Ковачева Н.П., Глазунов А.А. Влияние пероксида водорода на выклев науплиев артемии *Artemia sp.* // Рыбное хозяйство. 2023. № 3. С. DOI: 10.37663/0131-6184-2023-3-

## INFLUENCE OF HYDROGEN PEROXIDE ON HATCHING OF NAUPLII ARTEMIA SP.

**Nataliya V. Kryakhova** – Candidate of Biological Sciences Leading researcher, @ nvkryachova@mail.ru;

**Nikolina P. Kovacheva** – Doctor of Biological Sciences Head of the Department, @ kovatcheva@vniro.ru;

**Andrey A. Glazunov** – specialist, @ morionblack@mail.ru –

Invertebrate Aquaculture Department Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia

Address: 19 Okruzhnny proezd, Moscow, 105187

**Abstract.** Nauplii of the brine shrimp *Artemia sp.* are the optimal starter food for many fish and crustaceans species. For this reason, technologies for their production are being improved, including the activation of cysts. The effect of different concentrations of hydrogen peroxide on hatching process as an activator was studied. Its optimal concentration has been determined; it amounts to 0.2-0.4 ml/l. The reasons for various impacts of hydrogen peroxide on different *Artemia* cysts are formulated. The dynamic of brine shrimp hatching with and without the activator was studied. It has been established that the addition of a hydrogen peroxide solution as an activator increases the hatching of *Artemia* nauplii, however, it does not impress on the rapidity of *Artemia* nauplii release from cysts.

## Keywords:

artemia, activation, device peroxide, optimal power, hatch dynamics

## Cite as:

Kryakhova N.V., Kovacheva N.P., Glazunov A.A. The effect of hydrogen peroxide on the discharge of artemia nauplii *Artemia sp.* // Fisheries. 2023. No. 3. p. DOI: 10.37663/0131-6184-2023-3-

## ВВЕДЕНИЕ

Жаброногий рачок артемия *Artemia* spp. широко используется в качестве живого кормового объекта для личинок рыб и ракообразных [18, 21; 22, 26, 28]. Суточные науплии, получаемые из его цист, обладают большой пищевой ценностью, высоким содержанием белков (до 70%), жиров (до 30%), полиненасыщенных жирных кислот, незаменимых аминокислот, а также отличаются легкостью получения, чем объясняется огромная популярность этого вида корма [7, 11, 19, 23]. На сегодняшний день существует значительное число работ, посвященных изучению инкубации цист с целью получения науплиев артемии. И, несмотря на то, что процесс инкубации цист изучают уже много лет, до сих пор появляются исследования технологии инкубации цист [5, 25, 28, 30, 33, 34], в которых, например, уточняются и дополняются методики увеличения выклева науплиев.

Одним из наиболее известных методов повышения эффективности выклева является активация цист артемии при помощи различных химических соединений, таких как гипохлорид натрия или аскорбиновая кислота [13, 16, 18, 20]. Однако наиболее применяемым активатором является раствор пероксида водорода. При этом используют два способа активации цист: замачивание в растворе пероксида на 15-20 мин. с последующей промывкой, а также добавление активатора непосредственно в инкубационный раствор [2, 3, 7, 9, 16, 25], причем последний используется наиболее часто. При этом, приведенные в литературных источниках, количество активатора (0,1-2,0 мл/л), как и концентрация, добавляемого в инкубационный раствор, пероксида водорода (3-33%) сильно разнятся. В результате чего, количество чистого вещества, вносимого в раствор, отличается в разных работах в несколько раз.

**Целью данной работы** являлось определение оптимального количества активатора, а также изучение динамики выхода науплиев артемии из цисты при добавлении активатора и без него.

## МЕТОДИКА

Для достижения поставленной цели проведено два эксперимента. В первом определяли оптимальное количество активатора для двух партий цист. Во втором – изучена динамика выхода науплиев артемии из цисты при добавлении активатора и без него.

Работы проведены в аквариальной Отдела аквакультуры беспозвоночных ФГБНУ «ВНИРО». В экспериментах инкубация цист проводилась по единой методике. В конусные емкости с объемом воды 1,5 л, снабженные постоянной аэрацией, помещали цисты артемии из расчета 1 г/л. Для приготовления инкубационного раствора использовали морскую соль Red Sea (USA), соленость раствора составляла 25‰. Емкости были установлены в термостатирующий контейнер, поддерживающий температуру воды 27,0-27,5°C.

За время проведения работ, при помощи мультипараметрового портативного зонда Multi 03630, определяли основные показатели (температура, соленость, pH).

Инкубационные емкости освещались четырьмя 140-ваттными люминесцентными лампами. Освещенность на водной поверхности составляла 2000-2600 люкс. В качестве активатора использовали 3%-ный раствор пероксида водорода.

При оценке эффективности выклева артемии использовали два показателя: выклев науплиев (Н), выражающий процентное количество свободно плавающих науплиев, полученных при инкубации, и полный выклев (Н+), учитывающий, наряду со свободно плавающими науплиями, артемию на стадиях «парашют» и «эмбрион». Более важным показателем является выклев науплиев (Н), поскольку цель инкубации цист в конечном итоге состоит в получении свободно плавающих науплиев и их дальнейшем использовании в качестве живого корма.

### **Определение оптимального количества активатора для инкубации цист артемии**

Материалом для данного исследования послужили цисты двух партий: компаний «Арсал» (вариант А) и «Русские Биоресурсы» (вариант Б). Для каждой партии цист протестировано несколько вариантов концентрации активатора: 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 и 1,0 мл/л. Эксперимент выполнен в трех повторностях. Продолжительность инкубации составляла 24 часа, после чего из каждой емкости, при непрерывной аэрации, отбирали по 5 проб объемом 1 мл и фиксировали 4%-м раствором формальдегида. В каждом взятом образце определяли долю свободно плавающих науплиев (Н), а также полное вылупление (Н+).

### **Динамика инкубации цист артемии**

Материалом для исследования послужили цисты артемии компании «Арсал». Эксперимент поставлен в двух вариантах: с добавлением активатора (0,2 мл/л) и без него. Продолжительность инкубации составила 36 часов. Каждые 3 часа из каждой емкости отбирали по 5 образцов объемом по 1,0 мл, что позволило отследить процесс инкубации цист на протяжении всего периода. Образцы фиксировали, определяли количество цист на следующих этапах инкубации: целые цисты, цисты с трещиной, выход науплиуса из хориона, «парашют», «эмбрион», свободно плавающий науплиус (рис. 1). Эксперимент проведен в трех повторностях.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### **Влияние концентрации активатора на инкубацию цист артемии**

На рисунке 2А показан выклев науплиев артемии. Количество полученных науплиев в контрольной группе составило 64,9% для цист варианта А и 20,3% для цист варианта Б. Внесение активатора в инкубационный раствор привело к росту выклева. Наибольший выклев для обеих партий получен при добавлении активатора в концентрациях 0,2 и 0,4 мл/л. Он составил для варианта А – 86,0% и 85,1%, соответственно, 42,0% и 46,7% – для вари-

анта Б. Также в варианте Б, при концентрации 0,6 мл/л, выклев составил 42,6%. При этом для двух партий цист статистически достоверных отличий между этими вариантами концентрации активатора не выявлено (рис. 3).

Схожие результаты получены для полного выклева (рис. 2Б). Наилучшие результаты также получены при самых низких концентрациях активатора – 0,2 и 0,4 мл/л. Полный выклев для варианта А составил 88,0%, при концентрации активатора 0,2 мл/л, и 87,8%, при концентрации 0,4 мл/л. Однако повышение концентрации пероксида водорода в растворе здесь дает другую картину. В этом случае также видна тенденция к уменьшению выклева, но различия между разными концентрациями активатора незначительны. Причина в том, что, при повышении содержания активатора в растворе, доля свободно плавающих науплиев уменьшается, а промежуточных инкубационных стадий возрастает.

В варианте Б наибольший полный выклев отмечен при концентрации активатора 0,6 мл/л (55,1%). При других концентрациях активатора величина полного выклева существенно не отличалась от максимальной (46,6% при концентрации активатора 0,2 мл/л и 52,2% при концентрации 0,4 мл/л). Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что, при использовании 3%-го раствора пероксида водорода в качестве активатора, оптимальной его концентрацией для взятых партий является 0,2-0,4 мл/л.

Добавление активатора существенно увеличило количество науплиев при инкубации цист обеих партий, однако степень его воздействия на них несколько отличалась. Так, концентрация пероксида водорода 0,2 и 0,4 мл/л увеличила выклев цист варианта А на 32%, по сравнению с контролем, тогда как выклев цист варианта Б, при добавлении активатора, вырос относительно контроля на 100%. Дальнейшее увеличение концентрации пероксида водорода вызвало значительное снижение выклева науплиев при инкубации цист варианта А (с 85% до 55% и ниже), однако для цист варианта Б снижение выклева было несущественным (с 46% до 40-42%).

#### Динамика выклева науплиев артемии

Начало выклева науплиев отмечено через 6 часов инкубации появлением первых цист с треснувшим хорионом (рис. 3). Их доля составляла 0,24%. Через 9 часов инкубации доля цист с треснувшим хорионом увеличилась почти в 7 раз (1,61%), в единичных случаях на поверхности хориона начали появляться науплии. Количество артемии на стадии выхода науплиуса из хориона всех этапах проведения эксперимента было минимальным, что говорит о том, что выход рачка происходит очень быстро.

Массовый выход науплиев начался через 12 часов после начала инкубации: в инкубационном растворе присутствовали свободные от хориона эмбрионы (6,0%), а также – большое количество цист на стадии «парашюта» (50,7%). Кроме того, в растворе появились первые свободно плавающие науплии, однако на этом этапе



**Рисунок 1.** Стадии выклева науплиев артемии:

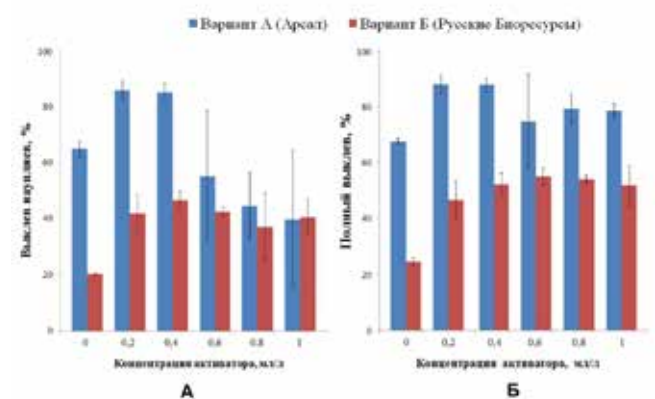
1 – целые цисты, 2 – цисты с трещиной, 3-6 – выход науплиуса из хориона, 7 – «парашют», 8 – «эмбрион», 9 – свободно плавающий науплиус

**Figure 1.** Stages of hatching of artemia nauplii:

1 – whole cysts, 2 – cysts with a crack, 3-6 – exit of nauplius from cyst, 7 – "parachute", 8 – "embryo", 9 – free-floating nauplius

они представлены лишь единичными экземплярами (0,03%).

Через 18 часов с момента начала инкубации количество свободно плавающих науплиев в инкубационном растворе значительно увеличилось (58,6%). В дальнейшем количество свободно плавающих науплиев также увеличивалось, но незначительно. В свою очередь, количество рачков промежуточных стадий выклева уменьшалось, что говорит о том, что процесс выхода науплиев из хориона продолжался.



**Рисунок 2.** Выклев артемии при различной концентрации активатора: выклев науплиев (А), полный выклев (Б)

**Figure 2.** Artemia hatching at different concentrations of activator: nauplii hatching (A), total hatching (B)





**Рисунок 3.** Динамика выклева науплиев артемии без добавления активатора

**Figure 3.** Dynamics of hatching of artemia nauplii without the addition of an activator

Переход от одной стадии выклева к другой, при добавлении активатора, происходил в те же сроки после начала инкубации, что и без него (рис. 4).

Однако его добавление увеличило долю особей на каждой из стадий выклева. В результате чего выклев науплиев (Н) через 36 час. достиг максимума и составил 92,9%, тогда как без активатора – всего 73,6%.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Среди литературных данных нет единого мнения об оптимальной концентрации раствора пероксида водорода. При использовании 3%-го раствора наилучшие результаты Е.Э. Дьяковской с соавторами [18] получены при его концентрации 0,6 мл/л. Л.И. Литвиненко и П.А. Зенкович [25] и Л.И. Литвиненко и К.Я. Горбунова [6] также использовали 3%-й раствор в концентрации 0,6 мл/л.

По итогам наших исследований оптимальная концентрация пероксида водорода составила 0,2-0,4 мл/л. В работе И.Б. Богатовой и Ж.И. Ерофеевой оптимальная концентрация активатора определена как 0,1-0,2 мл/л [1]. Однако авторы использовали 33%-й раствор пероксида водорода, что более чем в 5 раз превышает, полученный нами, оптимум. В ранее проведенных нами экспериментах по подбору оптимальной концентрации активатора для цист, полученных из разных источников и заготовленных в разные годы, максимальный выклев наблюдался при концентрации активатора не более 0,5 мл/л (неопубликованные данные). Увеличение концентрации раствора пероксида водорода более 0,8-1 мл/л незначительно сказывалось на величине полного выклева, включающего все стадии выклева артемии, в том числе – «парашют» и «эмбрион», однако в этих случаях количество свободно плавающих науплиев в инкубационном растворе уменьшалось по мере увеличения концентрации активатора.

В литературных источниках приведены данные о том, что раствор пероксида водорода акти-

вирует процесс инкубации цист артемии, увеличивая выклев науплиев, однако эффективность воздействия раствора пероксида водорода на выклев артемии различна [7]. В работе Е.Э. Дьяковской отмечено, что выклев артемии из одной партии цист увеличивался по мере возрастания концентрации активатора, из чего автор сделала вывод о плохом качестве цист [18]. В нашем случае у партии низкого качества (вариант Б) добавление активатора резко увеличило выклев науплиев, который не снижался по мере роста концентрации активатора.

По мнению Г. Ван Стаппена, эффективность действия пероксида водорода и других активаторов сильно варьирует у цист различных рас [32]. Эти различия могут быть обоснованы генетическими факторами или факторами окружающей среды [10, 12, 23, 31]. Кроме того, выклев также зависит от соблюдения технологии обработки и хранения цист [29, 30]. Длительное хранение цист приводит к снижению выклева из-за негативного влияния дегидратации на развитие эмбрионов [27]. Помимо указанных факторов, Л.И. Литвиненко отмечает, что на эффективности выклева и степени воздействия активатора также сказывается сезон формирования цист. Автор утверждает, что при более низком исходном выклев, который наблюдается, как правило, у цист летних и свежих осенних выбросов, активация перекисью более эффективна [7].

Такая разница в воздействии разных концентраций пероксида водорода может объясняться его окислительными свойствами, а также работой трегалозно-глицериновой осмотической системой цист артемии. Аэробный метаболизм эмбриона в цисте обеспечивает превращение запасного углевода трегалозы в животный крахмал гликоген (источник энергии) и глицерин, накапливающийся под внешней кутикулярной мембраной цисты. Образование и накопление глицерина ведет к дальнейшему поступлению воды в цисту под внешнюю кутикулярную мембрану, где, как следствие, непрерывно возрастает осмотическое давление. При достижении критической разницы осмотических давлений внутри цисты и в инкубационной среде происходит разрыв кутикулярной мембраны [14, 4]. После внесения пероксида водорода в инкубационный раствор, начинается процесс его разложения, катализируемый ионами металлов и некоторыми другими соединениями, в ходе чего выделяется кислород, дополнительно насыщающий среду [8]. При этом еще неразложившиеся молекулы пероксида кислорода, являясь окислителем, воздействуют на внешнюю оболочку цист, разрушая ее. Постепенно концентрация активатора становится меньше и его окислительное воздействие на цисты ослабевает. У цист низкого качества, возможно, содержание трегалозы снижается, что вызывает недостаточное количество накопленного глицерина, и, как следствие, недостаточную разницу осмотического давления. В этом случае требуется большее количество окислителя для разруше-

ния твердой оболочки цисты, чтобы обеспечить выход науплиуса.

При внесении большего количества активатора время его воздействия на цисты увеличивается, он начинает разрушать не только внешнюю оболочку, но и воздействовать на эмбриональную кутикулу и сам зародыш. Таким образом, при избыточных концентрациях пероксида водорода, эмбрион, покрытый эмбриональной кутикулой, благодаря образовавшемуся разрыву хориона, выходит из твердой оболочки, однако выйти из внутренней эмбриональной оболочки он не в состоянии. По этой причине превышение оптимальной концентрации активатора может привести к снижению количества свободно плавающих науплиев [14].

При рассмотрении динамики выклева науплиев из цист можно отметить, что добавление активатора не ускоряет процесс выклева. Развитие зародыша происходит с одинаковой скоростью, как с добавлением активатора, так и без него. Его присутствие в инкубационном растворе увеличивает количество успешно развивающихся зародышей и свободно плавающих науплиев в итоге.

Сухие дегидратированные цисты представляют собой двояковогнутые сферы, которые через 1-2 часа после попадания в воду гидратируются и принимают шаровидную форму (рис. 1.1). Это происходит в результате быстрого всасывания воды, которая примерно удваивает вес цисты [14, 15]. После этого, в ходе эмбрионального развития, продолжающегося 9-12 часов, формируется зародыш. Ч. Янг, изучавший эмбриональное развитие артемии [33], отметил, что спустя 3-5 часов после начала инкубации у зародыша заканчивается стадия развития зачатка конечностей, и он переходит на стадию «раннего науплиуса», а спустя 16 часов в среде появляются первые науплии на стадии «парашюта». Учитывая, что проведенные этим автором исследования выполнены при температуре 25°C, полученные им данные подтверждают наши, поскольку скорость развития эмбриона увеличивается по мере увеличения температуры. По данным Р. Уилера, формирование зародыша занимает от 16 до 20 часов, что не совпадает с полученными нами данными [35]. Учитывая, что исследования данного автора были проведены при аналогичной температуре, такое расхождение в продолжительности развития может объясняться различиями в методологии, а также разным происхождением и качеством цист.

После завершения эмбрионального развития происходит разрыв твердой оболочки цисты, в результате комплекса биохимических процессов, описанных выше. Науплиус, окруженный внутренней эмбриональной оболочкой, постепенно выходит из разорвавшейся цисты (рис. 1.2-1.6). При этом оболочка может остаться прикрепленной к хориону, удерживая науплиус вместе с твердой оболочкой цисты (рис. 1.7), а может оторваться от нее (рис. 1.8). После выхода из хориона науплиус, находясь внутри эмбриональной оболочки, производит активные движения антеннами, что

приводит к разрыву оболочки и последующему освобождению науплиуса (рис. 1.9).

В существующих методиках рекомендуемая продолжительность инкубации составляет 24 часа. К этому моменту количество науплиев на промежуточных стадиях инкубации становится совсем незначительным, но, как нами отмечено, процесс выклева еще не окончен. При получении науплиев артемии, для дальнейшего использования в качестве корма, часто важен временной фактор, кроме того увеличение продолжительности инкубации влечет за собой дополнительные энергетические и финансовые расходы, которые не покрываются незначительным дополнительным количеством науплиев, получаемым при удлинении сроков инкубации. Исходя из полученных данных о динамике инкубационного процесса, рекомендуемая нами продолжительность инкубации составляет 18-21 часа, однако следует учесть, что она относится только к температурному режиму в 27-27,5°C. В случае, когда инкубацию проводят при более низкой или высокой температуре, следует сделать временную поправку на увеличение или уменьшение сроков инкубации.

Исходя из полученных результатов, а также литературных данных, можно сделать вывод о том, что оптимальная концентрация активатора не универсальна и находится в пределах от 0,2 до 1,0 мл/л. Для каждой партии и, видимо, расы артемии существует свой оптимальный концентрация активатора. Для получения максимального выклева необходим экспериментальный подбор концентрации раствора пероксида водорода для каждой конкретной партии. Однако в большинстве случаев оптимальная концентрация активатора находится в пределах 0,2-0,4 мл/л

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оптимальная концентрация активатора составляет 0,2-0,4 мл/л. Превышение этого количества может привести к снижению количества свободно плавающих науплиев артемии, тем самым

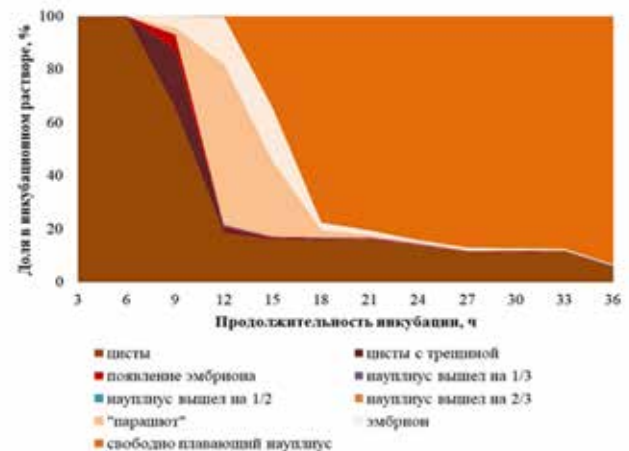


Рисунок 4. Динамика выклева науплиев артемии при добавлении активатора

Figure 4. Dynamics of hatching of artemia nauplii with the addition of an activator

снижая эффективность инкубации. В инкубационном растворе этот активатор, воздействуя как окислитель на оболочку цисты, облегчает науплиусу выход в окружающую среду. В результате увеличивается выклев науплиев, однако ускорения процесса выклева не происходит.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад в работу авторов: **Н.В. Кряхова** – проведение экспериментальных работ, написание текста; **Н.П. Ковачева** – идея работы, окончательная проверка статьи; **А.А. Глазунов** – проведение экспериментальных работ.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Contribution to the work of the authors: **N.V. Kryakhova** – conducting experimental work, writing the text; **N.P. Kovacheva** – the idea of the work, the final verification of the article; **A.A. Glazunov** – conducting experimental work.

### ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Богатова И.Б., Ерофеева Ж.И. Инкубация диапаузирующих яиц *Artemia salina* L. без предварительного стимулирования выклева / И.Б. Богатова, // Гидробиологический журнал. 1985. Т.21. №5. С. 52-56.
2. Богатова И.Б., Шмакова З.И. Активация диапаузирующих яиц *Artemia salina* L. // Гидробиологический журнал. 1980. Т. 16. №3. С. 108-110.
3. Воронов П.М. Активация яиц *Artemia salina* // Зоологический журнал. 1976. Т. 150. вып. 4. С. 521–525.
4. Гусев Е.Е. Гипергалинная аквакультура. М.: Агропромиздат, 1990. 159 С.
5. Костомин Е.А. Влияние факторов среды (соленость, температура, освещенность) на инкубацию *Artemia salina* в эксперименте. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. №42. С. 164-168.
6. Литвиненко Л.И., Горбунова К.Я. Изучение возможности вылупления науплиусов артемии в рапе соленого озера при сокращении сроков инкубации цист. // АПК: инновационные технологии. 2021. №3. С. 26-33. DOI 10.35524/2687-0436\_2021\_03\_26
7. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г. Артемия в озерах Западной Сибири. Новосибирск. «Наука». 2009. 304 С.
8. Морозов А.Р., Родионов А.И., Каменчук И.Н. Кинетика разложения пероксида водорода в воде. // Успехи в химии и химической технологии. 2014. Т. XXVIII. №5. С. 46-49.
9. Пономарев С.В., Гамыгин Е.А., Никифоров С.И., Пономарева Е.Н., Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А. Технологии выращивания и кормления объектов аквакультуры юга России. Астрахань: Нова плюс. 2002. 264 С.
10. Ahmed, S.U., Rahman, M.A., Islam, M.N., Kamal, M. (1997). Effect of decapsulation on viability and hatching performance of *Artemia* cysts at different salinity levels. // Bangladesh Journal of Fisheries Research. 1(2). Pp. 67-74.
11. Bengtson, D.A., Léger, P., Sorgeloos, P. (1991). Use of *Artemia* as a food source for aquaculture. // In R.A. Browne, P. Sorgeloos and C.N.A. Trotman (eds.), *Artemia Biology*, CRC Press, Boca Raton, Florida. P. 255–285. doi: 10.1201/9781351069892.
12. Brownlee, R.A., Sallee, R.A., Grosch, D.S., Segreti, S., Purser, S.M. (1984). Partitioning genetic and environmental components of reproduction and lifespan. // *Artemia Ecology*. 65. P. 949-960. doi.org/10.2307/1938067
13. Bruggeman, E., Sorgeloos, P., Vanhaecke, P. (1980). Improvement in the decapsulation system of *Artemia* cysts. // In: *The Brine Shrimp Artemia*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Persoone G., Sorgeloos P., Roels O., Jaspers E., (eds.). – Universa Press. Wetteren, Belgium. 456 p.
14. Clegg, G.S. (1974). Biochemical adaptations associated with the embryonic dormancy of *Artemia salina* / *Transactions of the American Microscopical Society*. No. 4. Pp. 481-490.
15. Clegg, J.S. (1964). The control of emergence and metabolism by external osmotic pressure and the role of free glycerol in developing cysts of *Artemia salina* // *Journal of Experimental Biology*. Vol. 41. N 4. Pp. 879-892. DOI: 10.1242/jeb.41.4.879
16. Clegg, J.S., Trotman, C.N.A. (2002). Physiological and biochemical aspects of *Artemia* ecology // *Artemia. Basic and applied biology* // eds T.J. Abotzopoulos, J.A. Beardmore, J.S. Clegg, P. Sorgeloos. Kluwer Academic Publishers. Pp. 129-170.
17. Drinkwater, L.E., Clegg, J.S. (1991). Experimental biology of cysts diapause. // in Browne R.A., Sorgeloos P. and Trotman C.N.A. (eds.), *Artemia Biology*, CRC Press, Boca Raton, Florida. Pp. 93-117.
18. Dyakovskaya, E., Pishchenko, E., Moryzi, I. (2021). Activation of *Artemia* cysts with use of different substances. // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 937. Pp. 1-7. DOI 10.1088/1755-1315/937/2/022064
19. Gajardo, G.M., Beardmore, J.A. (2012). The brine shrimp *Artemia*: adapted to critical life conditions. // *Frontiers in Physiology*. No.3. Pp. 185-193.
20. Htun, H.H., San, H.H., Swe, Z.M. (2019). Effects of Salinity on the Hatching Efficiency of *Artemia* Cysts Decapsulation. // *International Journal of Science and Engineering Applications*. V.8. No.8. Pp. 341-344. <https://www.ijsea.com/archive/volume8/issue8/IJSEA08081019.pdf>
21. Islam, M.S., Kibria, M.M., Bhuyan, M.S. (2019). Production of *Artemia* biomass in indoor culture tank in Bangladesh. // *Journal of Scientific Research*. No.11 (2) Pp. 101-110. doi.org/10.3329/jsr.v11i1.36467
22. Koueta, N., Boucand-Canou, E.E., Noel, B. (2002). Effect of enriched diet on survival and growth of juvenile cuttlefish *Sepia officinalis* L. / N. Koueta, // *Aquaculture*. V. 203. P. 293-310. doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00640-8
23. Lavens, P., Sorgeloos, P. (1984). Controlled production of *Artemia* cysts under standard conditions in a recirculating culture system // *Aquacultural Engineering*. No. 3 P. 221-235. doi.org/10.1016/0144-8609(84)90016-5
24. Lavens, P., Tackaert, W., Sorgeloos, P. (1986). International Study on *Artemia*. XLI. The influence of culture conditions and specific diapause deactivation methods on the hatchability of *Artemia* cysts, produced in a standard culture system // *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 31. P. 197-203.
25. Litvinenko, L.I., Zenkovich, P.A. (2021). Features of *Artemia* cultivation in lakes with different salinity // Abstracts of the international scientific conference "Study of aquatic and terrestrial ecosystems: history and modernity". Sevastopol Pp. 623-624.
26. Marini, F. (2002). The Breeder's Net: *Artemia* Nauplii as a Food Source [Электронный ресурс] // *Advanced Aquarist*. V. 1(1). <https://reefs.com/magazine/the-breeder-s-net-artemia-nauplii-as-a-food-source/> (Дата обращения 14.04.2023)
27. Mathias, P. (1937). *Biologie des crustacés phyllopodes*. / *Actualités Scientifiques et Industrielles*. V. 441. Pp. 1-107.
28. Nkambo, M., Mwanja, M., Balirwa, J.S., Bugenyi, F.W. (2019). Hatchability of Selected Commercial *Artemia* Strains Using Waters from Selected Saline Crater Lakes of Western Uganda / M. Nkambo, // *Journal of Natural Sciences Research*. Vol.9. No.18. Pp. 37-42. DOI: 10.7176/JNSR.
29. Rahman, M.M., Van Hoa, N., Sorgeloos, P. (2003). Handbook for *Artemia* pond culture in Bangladesh [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://digitalarchive.worldfishcenter.org/handle/20.500.12348/5374> (Дата обращения 14.04.2023).
30. Saygi, Y.B. Effects of hydrogen peroxide, cold storage and decapsulation on the hatching success of *Artemia* cysts / *The Israel Journal of Aquaculture*. Bamidgen. V. 55(2). Pp. 107-113. doi.org/10.46989/001c.20356
31. Sorgeloos, P., Baeza-Mesa, M., Benijts, F., Persoone, G. (1976). Current research on the brine shrimp, *Artemia salina* L., at the State University of Ghent, Belgium. // in: G. Persoone and E. Jaspers (eds.). *Proceeding of the 10th European Symposium on Marine Biology*, University Press, Wetteren, Belgium. Vol. 1. Pp. 473-495.
32. Van Stappen, G., Lavens, P., Sorgeloos, P. (1998). Effects of hydrogen peroxide treatment in *Artemia* cysts of different geographical origin // *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol*. V. 52. Pp. 281-296.
33. Yang, C., Zhu, X., Sun, Y. (2018). Observation on the embryonic development on the resting eggs of brine shrimp *Artemia* using artificial decapsulation // *Journal of Aquatic Science and Marine Biology*. Vol. 1. Issue I. Pp. 8-13.



34. Wang, Z., Asem, A., Sum, S. (2017). Coupled effects of photoperiod, temperature and salinity on diapause induction of the parthenogenetic *Artemia* (Crustacea: Anostraca) from Barkol Lake, China. // North-western Journal of Zoology. V.13 (1). Pp. 12-17.
35. Wheeler, R. (1979). Hatching events in the cysts of *Artemia salina*. / R. Wheeler, A.I. Yudin, Jr. Clark // Aquaculture. No. 18. Pp. 59-67. doi.org/10.1016/0044-8486 (79)90102-9.

## REFERENCES AND SOURCES

1. Bogatova, I.B., Erofeeva, Zh.I. (1985). Incubation of diapausing eggs of *Artemia salina* L. without preliminary stimulation of hatching // Hydrobiological journal. Vol.21. No. 5. Pp. 52-56. (In Russ.)
2. Bogatova, I.B., Shmakova, Z.I. (1980). Activation of diapausing eggs of *Artemia salina* L. // Hydrobiological Journal. Vol. 16. No.3. p. 108-110. (In Russ.)
3. Voronov, P.M. (1976). Activation of *Artemia salina* eggs // Zoological Journal. Vol. 150. issue 4. Pp. 521-525.
4. Gusev, E.E. (1990). Hypergalinic aquaculture. M.: Agropromizdat. 159 p. (In Russ.)
5. Kostomin, E.A. (2016). The influence of environmental factors (salinity, temperature, illumination) on the incubation of *Artemia salina* in an experiment. // Izvestiya of St. Petersburg State Agrarian University. No.42. Pp. 164-168. (In Russ.)
6. Litvinenko, L.I., Gorbunova, K.Ya. (2021). Studying the possibility of hatching *artemia* naupliuses in brine of the salt lake while reducing the incubation time of cysts. // APK: innovative technologies. No. 3. Pp. 26-33. DOI 10.35524/2687-0436\_2021\_03\_26 (In Russ.)
7. Litvinenko, L.I., Litvinenko, A.I., Boyko, E.G. (2009). *Artemia* in the lakes of Western Siberia. Novosibirsk. "Science". 304 p. (In Russ.)
8. Morozov, A.R., Rodionov, A.I., Kamenchuk, I.N. (2014). Kinetics of decomposition of hydrogen peroxide in water. / A.R. Morozov, // Advances in chemistry and chemical technology. Vol. XXVIII. No. 5. Pp.46-49. (In Russ.)
9. Ponomarev, S.V., Gamygin, E.A., Nikiforov, S.I., Ponomareva, E.N., Grozescu, Yu.N., Bakhareva, A.A. (2002). Technologies of cultivation and feeding of aquaculture objects in the South of Russia. Astrakhan: Nova Plus. 264 p.
10. Ahmed, S.U., Rahman, M.A., Islam, M.N., Kamal, M. (1997). Effect of decapsulation on viability and hatching performance of *Artemia* cysts at different salinity levels. // Bangladesh Journal of Fisheries Research. 1(2). Pp. 67-74.
11. Bengtson, D.A., Léger, P., Sorgeloos, P. (1991). Use of *Artemia* as a food source for aquaculture. // In R.A. Browne, P. Sorgeloos and C.N.A. Trotman (eds.), *Artemia Biology*, CRC Press, Boca Raton, Florida. P. 255–285. doi: 10.1201/9781351069892.
12. Brownee, R.A., Sallee, S.A., Grosch, D.S., Segreti, S., Purser, S.M. (1984). Partitioning genetic and environmental components of reproduction and lifespan. // *Artemia Ecology*. 65. P. 949-960. doi.org/10.2307/1938067
13. Bruggeman, E., Sorgeloos, P., Vanhaecke, P. (1980). Improvement in the decapsulation system of *Artemia* cysts. // In: The Brine Shrimp *Artemia*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Persoone G., Sorgeloos P., Roels O., Jaspers E., (eds.). – Universa Press. Wetteren, Belgium. 456 p.
14. Clegg, G.S. (1974). Biochemical adaptations associated with the embryonic dormancy of *Artemia salina* / Transactions of the American Microscopical Society. No. 4. Pp. 481-490.
15. Clegg, J.S. (1964). The control of emergence and metabolism by external osmotic pressure and the role of free glycerol in developing cysts of *Artemia salina* // Journal of Experimental Biology. Vol. 41. N 4. Pp. 879-892. DOI: 10.1242/jeb.41.4.879
16. Clegg, J.S., Trotman, C.N.A. (2002). Physiological and biochemical aspects of *Artemia* ecology // *Artemia. Basic and applied biology* // eds T.J. Abotzopoulos, J.A. Beardmore, J.S. Clegg, P. Sorgeloos. Kluwer Academic Publishers. Pp. 129-170.
17. Drinkwater, L.E., Clegg, J.S. (1991). Experimental biology of cysts diapause. // in Browne R.A., Sorgeloos P. and Trotman C.N.A. (eds.), *Artemia Biology*, CRC Press, Boca Raton, Florida. Pp. 93-117.
18. Dyakovskaya, E., Pishchenko, E., Moryzi, I. (2021). Activation of *Artemia* cysts with use of different substances. // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 937. Pp. 1-7. DOI 10.1088/1755-1315/937/2/022064
19. Gajardo, G.M., Beardmore, J.A. (2012). The brine shrimp *Artemia*: adapted to critical life conditions. // *Frontiers in Physiology*. No.3. Pp. 185-193.
20. Htun, H.H., San, H.H., Swe, Z.M. (2019). Effects of Salinity on the Hatching Efficiency of *Artemia* Cysts Decapsulation. // *International Journal of Science and Engineering Applications*. V.8. No.8. Pp. 341-344. <https://www.ijsea.com/archive/volume8/issue8/IJSEA08081019.pdf>
21. Islam, M.S., Kibria, M.M., Bhuyan, M.S. (2019). Production of *Artemia* biomass in indoor culture tank in Bangladesh. // *Journal of Scientific Research*. No.11 (2) Pp. 101-110. doi.org/10.3329/jsr.v11i1.36467
22. Koueta, N., Boucand-Canou, E.E., Noel, B. (2002). Effect of enriched diet on survival and growth of juvenile cuttlefish *Sepia officinalis* L. / N. Koueta, // *Aquaculture*. V. 203. P. 293-310. doi.org/10.1016/S0044-8486 (01)00640-8
23. Lavens, P., Sorgeloos, P. (1984). Controlled production of *Artemia* cysts under standard conditions in a recirculating culture system // *Aquacultural Engineering*. No. 3 P. 221-235. doi.org/10.1016/0144-8609 (84)90016-5
24. Lavens, P., Tackaert, W., Sorgeloos, P. (1986). International Study on *Artemia*. XLI. The influence of culture conditions and specific diapause deactivation methods on the hatchability of *Artemia* cysts, produced in a standard culture system // *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 31. P. 197-203.
25. Litvinenko, L.I., Zenkovich, P.A. (2021). Features of *Artemia* cultivation in lakes with different salinity // Abstracts of the international scientific conference "Study of aquatic and terrestrial ecosystems: history and modernity". Sevastopol Pp. 623-624.
26. Marini, F. (2002). The Breeder's Net: *Artemia* Nauplii as a Food Source [Электронный ресурс] // *Advanced Aquarist*. V. 1(1). <https://reefs.com/magazine/the-breeder-s-net-artemia-nauplii-as-a-food-source/> (Date of application 14.04.2023)
27. Mathias, P. (1937). *Biologie des crustacés phylopoètes*. / *Actualités Scientifiques et Industrielles*. V. 441. Pp. 1-107.
28. Nkambo, M., Mwanja, M., Balirwa, J.S., Bugenyi, F.W. (2019). Hatchability of Selected Commercial *Artemia* Strains Using Waters from Selected Saline Crater Lakes of Western Uganda / M. Nkambo, // *Journal of Natural Sciences Research*. Vol.9. No.18. Pp. 37-42. DOI: 10.7176/JNSR.
29. Rahman, M.M., Van Hoa, N., Sorgeloos, P. (2003). Handbook for *Artemia* pond culture in Bangladesh [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://digitalarchive.worldfishcenter.org/handle/20.500.12348/5374> (Дата обращения 14.04.2023).
30. Saygi, Y.B. Effects of hydrogen peroxide, cold storage and decapsulation on the hatching success of *Artemia* cysts / *The Israel Journal of Aquaculture. Bamidgen*. V. 55(2). Pp. 107-113. doi.org/10.46989/001c.20356
31. Sorgeloos, P., Baeza-Mesa, M., Benijts, F., Persoone, G. (1976). Current research on the brine shrimp, *Artemia salina* L., at the State University of Ghent, Belgium. // in: G. Persoone and E. Jaspers (eds.). *Proceeding of the 10th European Symposium on Marine Biology*, University Press, Wetteren, Belgium. Vol. 1. Pp. 473-495.
32. Van Stappen, G., Lavens, P., Sorgeloos, P. (1998). Effects of hydrogen peroxide treatment in *Artemia* cysts of different geographical origin // *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol*. V. 52. Pp. 281-296.
33. Yang, C., Zhu, X., Sun, Y. (2018). Observation on the embryonic development on the resting eggs of brine shrimp *Artemia* using artificial decapsulation // *Journal of Aquatic Science and Marine Biology*. Vol. 1. Issue I. Pp. 8-13.
34. Wang, Z., Asem, A., Sum, S. (2017). Coupled effects of photoperiod, temperature and salinity on diapause induction of the parthenogenetic *Artemia* (Crustacea: Anostraca) from Barkol Lake, China. // North-western Journal of Zoology. V.13 (1). Pp. 12-17.
35. Wheeler, R. (1979). Hatching events in the cysts of *Artemia salina*. / R. Wheeler, A.I. Yudin, Jr. Clark // *Aquaculture*. No. 18. Pp. 59-67. doi.org/10.1016/0044-8486 (79)90102-9.

Материал поступил в редакцию/ Received 29.04.2023  
 После рецензирования/ Revised 07.05.2023  
 Принят к публикации/ Accepted 13.05.2023