

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство
(биологические науки)

doi:10.18286/1816-4501-2024-4-138-144

УДК 639:3

**Оптимизация температурного режима при культивировании живых
стартовых кормов – науплий артемии (*A. var. principalis*) в аквакультуре**

В. Н. Любомирова, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Биология, экология, паразитология, водные биоресурсы и аквакультура»

Е. М. Романова✉, доктор биологических наук, профессор кафедры «Биология, экология, паразитология, водные биоресурсы и аквакультура»

В. В. Романов, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информатика»

Э. Б. Фазилев, аспирант кафедры «Биология, экология, паразитология, водные биоресурсы и аквакультура»

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1

✉vvr-emr@yandex.ru

Резюме. Работа посвящена совершенствованию биотехнологии выращивания науплий артемии (живых стартовых кормов) в условиях аквакультуры, в частности, исследованию влияния температуры на скорость выклева, размеры и морфологические параметры *A. var. principalis*. Цель работы заключалась в подборе оптимального температурного режима для производства живых стартовых кормов – науплий артемии *in situ* в условиях аквакультуры. Исследования проводили на базе «Лаборатории экспериментальной биологии и аквакультуры» Ульяновского ГАУ. Экспериментальным объектом являлась *A. var. principalis*, ее цисты и науплии. Эксперимент продолжался в течение месяца, культивирование артемии проводили по методике Литвиненко Л.И., 2014. Для достижения поставленной цели были проведены 4 серии экспериментов по влиянию различных температур на скорость и синхронность эмбриогенеза, динамику роста, величину, выживаемость науплий. Было установлено, что температурный диапазон 17...21°C ингибирует, асинхронизирует и растягивает во времени выклев науплий. Длина тела науплий при таких температурах культивирования достоверно ниже в среднем на 0,05±0,01 мм, чем при более высоких температурах. Температурный оптимум находится в диапазоне температур 25...30 °С, при которых выклев науплий синхронизируется и становится массовым. Наиболее экономичный температурный режим, с точки зрения потребления электроэнергии для культивирования артемии с целью получения науплий составляет 25 °С. Этого температурного режима вполне достаточно для того, чтобы достичь синхронного массового выклева науплий стандартных размеров.

Ключевые слова: стартовые живые корма, аквакультура, рачок артемии, выклев науплий, факторы среды, температура, морфометрические характеристики.

Для цитирования: Оптимизация температурного режима при культивировании живых стартовых кормов – науплий артемии (*A. var. principalis*) в аквакультуре / В. Н. Любомирова, Е.М. Романова, В.В. Романов и др. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 4 (68). С. 138-144. doi:10.18286/1816-4501-2024-4-138-144

**Improvement of temperature regime in rearing of live starter feeds – artemia
nauplii (*A. var. principalis*) in aquaculture**

V. N. Lyubomirova, E. M. Romanova✉, **V. V. Romanov, E. B. Fazilov**

FSBEI HE Ulyanovsk State Agrarian University

432017, Ulyanovsk, Novyi Venets Boulevard, 1

✉vvr-emr@yandex.ru

Abstract. The work is devoted to improvement of the biotechnology of rearing *Artemia* nauplii (live starter feeds) in aquaculture conditions, in particular, studying the effect of temperature on the hatching rate, size and morphological parameters of *A. var. principalis*. The aim of the work was to select appropriate temperature regime for production of live starter feed - *Artemia* nauplii *in situ* in aquaculture conditions. The studies were conducted at the Laboratory of Experimental Biology and Aquaculture of Ulyanovsk State Agrarian University. The experimental object was *A. var.*

principalis, its cysts and nauplii. The experiment lasted for a month, Artemia was bred according to the method of Litvinenko L.I., 2014. To achieve this goal, 4 series of experiments were conducted on the effect of different temperatures on the rate and synchronicity of embryogenesis, growth dynamics, size, and survival of nauplii. It was found that the temperature range of 17-21 °C inhibits, asynchronizes and extends the hatching of nauplii. The body length of nauplii at such rearing temperatures is significantly lower by an average of 0.05±0.01 mm than at higher temperatures. The temperature optimum is in the range of 25-30°C, at which the hatching of nauplii is synchronized and becomes massive. The most economical temperature regime, from the point of view of energy consumption, for breeding Artemia to obtain nauplii is 25°C. This temperature regime is quite sufficient to achieve synchronous mass hatching of standard-sized nauplii.

Keywords: starter live feeds, aquaculture, Artemia crustacean, nauplii hatching, environmental factors, temperature, morphometric characteristics.

For citation: Improvement of temperature regime in rearing of live starter feeds – artemia nauplii (*A. var. principalis*) in aquaculture / V. N. Lyubomirova, E. M. Romanova, V. V. Romanov, et al. // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2024;4(68): 138-144 doi:10.18286/1816-4501-2024-4- 138-144

Введение

Развитие отечественной аквакультуры относится к числу государственных приоритетов, поскольку непосредственно связано с обеспечением продовольственной безопасности страны, поэтому эта отрасль в зоне особого внимания. На современном этапе основной проблемой, существенно сдерживающей развитие аквакультуры, является дефицит качественных кормов. Объемы производства кормов для рыб в России всегда были недостаточными и обеспечивали около 40 % рынка, в то время, как на долю импорта приходилось свыше 60 %. В связи с введением режима санкций и прекращением импортных поставок в рыбоводстве обозначился дефицит кормов для аквакультуры. На этом фоне обострилась проблема качественных стартовых кормов, основная доля которых импортировалась. В этой ситуации внимание рыбоводов – практиков переключилось на аналоги – живые стартовые корма, которые доступны гидробионтам в естественных природных водных экосистемах [1, 2, 3].

В практике мировой аквакультуры наиболее востребованным живым стартовым кормом являются науплии, а также декапсулированные яйца артемии. Высокая востребованность артемии в аквакультуре при выращивании личинок и мальков обусловлена ее высокой пищевой ценностью и малыми размерами. Артемию считают идеальным кормом на начальных этапах посэмбрионального онтогенеза гидробионтов, в первую очередь – рыб.

Сложность использования этого кормового объекта обусловлена тем, что он живой и его необходимо производить (культивировать) и тут же скармливать по месту выращивания рыбы, т.е. *in situ*. Трудозатраты при этом, естественно, возрастают. Существует еще один немаловажный момент, заслуживающий внимания: объемы добычи цист артемии в природных водоемах не покрывают запросы рынка и не обеспечивают даже половины существующего спроса, а спрос на яйца и цисты артемий растет из года в год [4-6]. Россия является одним из ведущих поставщиков цист артемии на мировом рынке.

В силу ситуации, сложившейся на рынке стартовых кормов разработка эффективной технологии

культивирования артемии в аквакультуре, которую можно реализовать *in situ*, в условиях рыбоводных предприятий для получения науплий или же яиц и цист артемии – актуальна [7-9].

Технология культивирования артемии *in situ* должна моделировать условия, необходимые и достаточные для реализации цикла развития этого вида ракообразных. А это в первую очередь сводится к оптимизации факторов среды. Абиотические факторы, такие как температура, соленость среды, pH, освещенность, уровень кислорода играют ключевую роль в жизнеобеспечении и выживании артемии в искусственных условиях. Взаимосвязь этих факторов настолько сильна, что их сочетание в разных комбинациях может либо усиливать, либо ослаблять действие остальных факторов, тем самым определяя специфику физиологических процессов. Наиболее тесно связаны температура и соленость. Между этими двумя факторами существует сложная взаимосвязь, при которой температура может изменять действие солености, тем самым изменяя пределы толерантности, а изменение уровня солености, в свою очередь, может изменять эффект воздействия температуры [10-13].

Определяющим фактором в запуске цикла развития артемии является температура среды. Именно температура в большей степени, чем другие факторы влияет на численность, биомассу, морфометрические характеристики, переход от одной стадии развития к другой.

В естественной среде обитания наиболее благоприятные условия для роста, развития и размножения артемии обеспечивает температурный диапазон 25...27 °C. При выходе за пределы зоны температурного комфорта снижается активность и продуктивность популяции артемии. Также стоит отметить, что изменения в биосфере, вызванные глобальным потеплением, повышают уровень солености и меняют среду обитания ракообразных, отражаясь на их цикле развития. Расшировка механизмов влияния и анализ этих природных процессов важна для разработки и оптимизации биотехнологии культивирования артемии в аквакультуре [14-16].

Развивая тему роли температурного фактора, следует отметить, что характер цикла развития и

успешность его реализации, включая продолжительность стадий (периодичность линьки), половое созревание, воспроизводство регулируются температурным фактором. Существование за пределами температурного оптимума угнетает развитие и снижает выживаемость артемии [17,18].

Цель работы заключалась в подборе оптимального температурного режима для производства живых стартовых кормов – науплий артемии в условиях аквакультуры *in situ*.

Материалы и методы

Исследования проводили на базе «Лаборатории экспериментальной биологии и аквакультуры» Ульяновского ГАУ. Экспериментальным объектом являлась *A. salina* на разных этапах онтогенеза.

Первый этап заключался в подготовке цист артемии методом гидратации. С этой целью взвешивали цисты и доводили их содержание в воде до уровня 6...7 %, воду интенсивно аэрировали, чтобы цисты в ней интенсивно перемешивались. Гидратацию проводили в течение 1...2 часов.

На втором этапе производили удаление хориона. Для этой процедуры охлажденный раствор гипохлорида натрия разводился холодной водой с температурой 2 °С из расчета 1:10. В таком растворе цисты выдерживали, чтобы их декапсулировать, удалив хорион. Индикатором завершения декапсуляции являлась смена серого цвета яиц на оранжевый, весь процесс по времени в среднем занимал около 3 минут. Сразу после удаления оболочки яйца многократно промывали в холодной воде до полного исчезновения запаха хлора.

На третьем этапе осуществляли процесс непосредственного культивирования декапсулированных цист артемии для получения науплий. Средой культивирования являлся раствор, включавший два компонента: 3 % NaCl и 2 % гидрокарбонат натрия NaHCO₃, который был необходим для повышения буферной емкости. Плотность культивируемых декапсулированных цист составляла в среднем 3 г/л культуральной среды. В процессе культивирования поддерживали pH=8 [7]. Культуральная среда хорошо аэрировалась, интенсивность аэрации подбирали так, чтобы все эмбрионы находились во взвешенном состоянии и не оседали на дно. Световой режим – 2000 лк. В первой серии опытов культивирование декапсулированных цист проводили при температуре 17 °С, во второй – при 21 °С, в третьей – при 25 °С, в четвертой – при 30 °С. В процессе культивирования контроль параметров среды осуществлялся с часовым интервалом.

По истечении суток из каждой экспериментальной емкости отбирали пробы для определения доли выклюнувшихся науплий. Процент выклева науплий определяли традиционными методами [13,14]. Наблюдение за процессом культивирования и контроль выклева науплий проводили в камере

Богорова с использованием микроскопа Микромед 2 при увеличении 4×8.

Через 2 часа после начала инкубации, используя камеру Богорова, производили подсчет числа декапсулированных цист в 1 см³ в нескольких пробах, чтобы определить среднее. По истечении суток процедуру повторили, но уже для того, чтобы вычислить среднее число выклюнувшихся науплий в 1 см³.

Процент выклева рассчитывали по формуле $A = n * 100 / C$, где: A – процент выклева, n – среднее число выклюнувшихся науплий в 1 см³, C – среднее число декапсулированных цист в см³.

Процент вылупления (выклева) – это число науплий, которое фактически вывелось из 100 полноценных (содержащих в себе эмбрионы) цист.

Результаты

Чтобы организовать собственное производство обогащенных стартовых кормов в виде науплий, декапсулированных яиц и цист артемии в условиях аквакультуры, необходимо было оптимизировать температурный фактор, поскольку с одной стороны следовало не допустить необоснованного расходования электроэнергии на излишний подогрев и не допустить снижения температуры культуральной среды до уровня, оказывающего ингибирующее влияние на развитие и продуктивность артемии в аквакультуре при соблюдении баланса этих требований.

Для оптимизации температурного режима были проведены исследования по подбору температуры культивирования с одной стороны – необходимой, с другой – достаточной для развития артемии. Были заложены 4 опыта по культивированию науплий в среде с разной температурой. В первой серии опытов температура воды составляла 17 °С, во второй 21 °С, в третьей 25 °С, в четвертой 30 °С.

После 18 часов инкубации в опытах, в которых температура среды превышала 21 °С были выявлены эмбрионы на стадии парашютика.

В первой опытной группе при 17 °С выход науплий был асинхронным, низким по количеству (36±2,1%) и растянутым во времени. Массовый выход науплий во всех группах, кроме первой, происходил в течение первых двух суток инкубации.

Во второй серии опытов при температуре среды 21 °С доля выклюнувшихся науплий была меньше, чем в группах с более высокими температурами культивирования. В течение 3 суток при температуре культивирования 21 °С доля успешно вылупившихся науплий составляла в среднем 74±2,8%. Выклев характеризовался асинхронностью и был растянутым во времени.

В третьей серии опытов декапсулированные цисты инкубировали при 25 °С. В этих условиях выклев составил 80±2,4 %. Повышение температуры среды до 30 °С незначительно повысило результат, поскольку выклев науплий возрос всего на 2 % (рис.1).

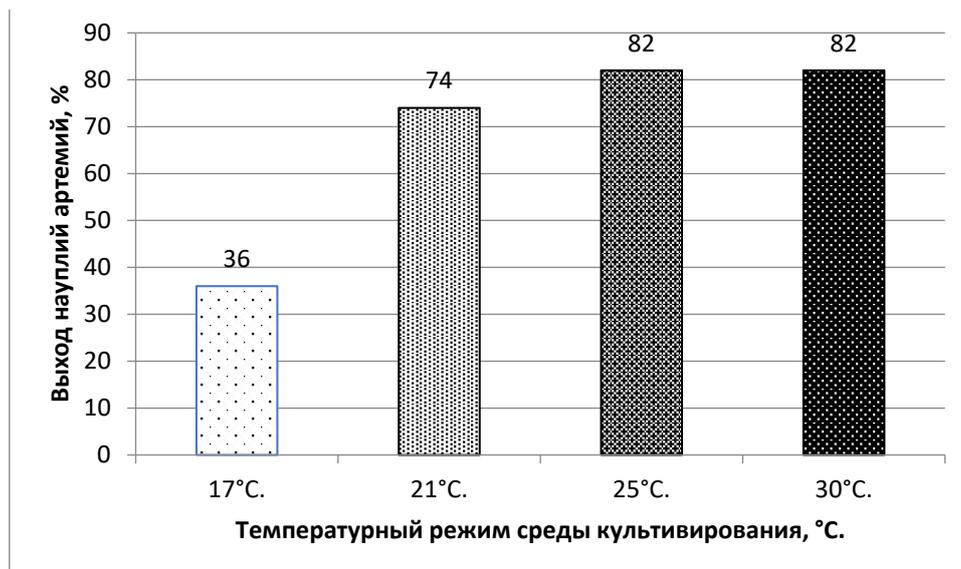


Рис. 1. Выклев науплий при разных температурных режимах

Изучение показателей длины тела выклюнувшихся науплий, культивированных при разных

температурных режимах показало, что размах колебаний этого признака составлял 0,45...0,51 мм. (рис. 2).

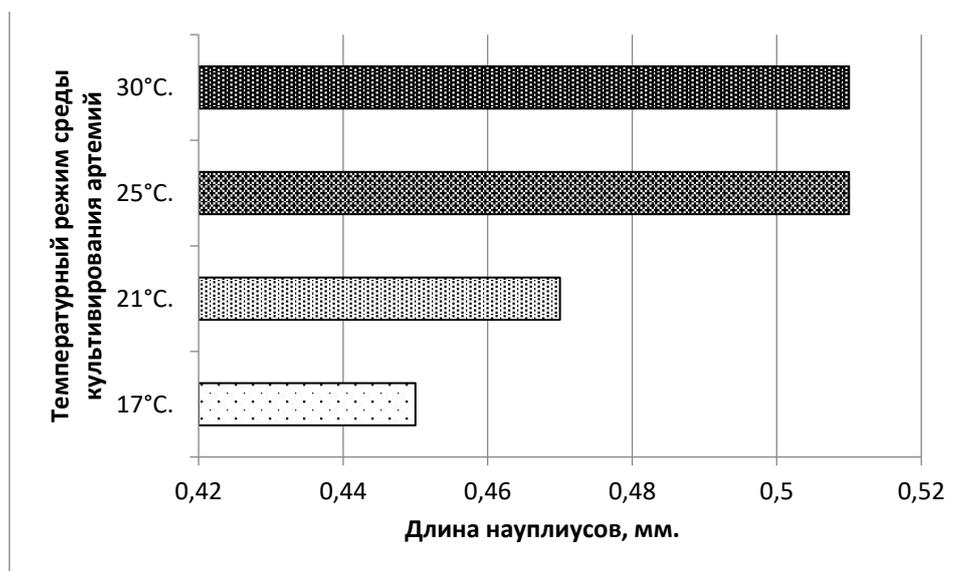


Рис. 2. Влияние температурного режима на длину тела науплий

При сравнении результатов морфометрических исследований было установлено, что длина тела науплий при выклев в первом и втором опытах, осуществлявшихся при температуре среды 17...21°C, была меньше, чем в 3 и 4 опытах.

Достоверной разницы в результатах, полученных в 3 и 4 опытах, выявлено не было. Данные отражены на рисунке 2.

Оптимальным температурным режимом для развития *A. salinus* является $25 \pm 1,5$ °С, где показатели такие же, как и при температуре 30 °С.

Средняя длина науплий в 3 опыте составляла $0,51 \pm 0,02$ мм. При температуре культуральной среды 17 °С. средняя длина особей составляла $0,45 \pm 0,01$ мм.

Обсуждение

Температура среды является одним из наиболее важных факторов, определяющих эффективность получения живых стартовых кормов – науплий артемии и их успешного воспроизводства в искусственно созданной среде [1, 3, 8].

Полученные нами результаты показали, что температурный режим 17...21 °С находится за пределами оптимума выклева артемии и не может быть использован для культивирования живых стартовых кормов. Это согласуется с данными других авторов [1, 8]. При повышении температуры культуральной среды до 25...30 °С выклев науплий ускоряется во времени, синхронизируется и становится массовым. Достоверной разницы между характеристическими

параметрами науплий, полученных при температуре 25 °С и 30 °С, выявлено не было.

Для того, чтобы получить синхронный массовый выклев науплий, вполне достаточно при культивировании поддерживать температурный режим на уровне 25 °С и экономить на электроэнергии, не повышая температуру до 30 °С.

Результаты собственных исследований, как было показано выше, подтвердили данные литературных источников [1-3] и продемонстрировали, что температура оказывает выраженное влияние на скорость и синхронность выклева науплий артемии, что важно при производстве живых стартовых кормов – науплий артемии.

Наши результаты и данные других исследователей показали, что температура среды оказывает решающее влияние не только на выклев, но и на все стадии жизненного цикла артемии как в естественных экосистемах, так и в аквакультуре [1, 3, 9].

Ускорение развития за счет повышения температуры среды в границах толерантности, свойственно большинству видов пойкилотермных животных и обусловлено в первую очередь связью со скоростью протекания метаболических процессов, результатом которых являются весовые и ростовые

характеристики, как это показали полученные данные и данные литературных источников [3, 4, 10].

Заключение

На мировом рыбном рынке спрос на яйца артемий растет из года в год, поэтому существует необходимость выращивания их в аквакультуре. Это позволит получать не только стартовые корма – науплии, но и посадочный материал в виде яиц и цисты артемии непосредственно в рыбоводных хозяйствах *in situ*.

Наше исследование имело своей целью подбор оптимального температурного режима, способного обеспечить в условиях аквакультуры полноценное развитие, высокую скорость роста и синхронность выклева науплий артемии, которые являются лучшим стартовым кормом для личинок гидробионтов на начальных этапах постэмбрионального онтогенеза.

Наиболее экономичный температурный режим, с точки зрения потребления электроэнергии, для культивирования артемии при производстве живых стартовых кормов – науплий, составляет 25 °С. Этого температурного режима вполне достаточно для того, чтобы достичь синхронного массового выклева науплий оптимальных размеров.

Литература

1. Радченко Л. А. Влияние температуры и солености на развитие и выживаемость артемии в экспериментальных условиях // Экология моря. 1982. Т. 10. С. 66-72.
2. Влияние света разной интенсивности на рост и развитие артемии (*Artemia salina*) в искусственной экосистеме / Т. М. Шленкина, Е. М. Романова, В. В. Романов и др. // Ульяновский медико-биологический журнал. 2023. № 2. С. 166-180. doi: 10.34014/2227-1848-2023-2-166-180
3. Костромин Е. А. Влияние факторов среды (соленость, температура, освещение) на инкубацию *Artemia Salina* в эксперименте // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 42. С. 164-168.
4. Влияние абиотических факторов на показатели продуктивности *A. Var. Principalis* в аквакультуре / В. Н. Любомирова, Е. М. Романова, В. В. Романов и др. // Рыбное хозяйство. 2023. № 2. С. 13-17. doi: 10.37663/0131-6184-2023-2-13-17. EDN ZPHASN.
5. Современное состояние и перспективы развития аквакультуры артемии в России / Н. П. Ковачева, Л. И. Литвиненко, Е. М. Саенко и др. // Труды ВНИРО. 2019. Труды ВНИРО. Т. 178. С. 150–171.
6. Effects of salinity on survival, growth, reproductive and life span characteristics of *Artemia* populations from Urmia Lake and neighboring lagoons / N.G. Agh, G.V. Stappen, P. Bossier, et al. // Pakistan Journal of Biological Science. 2008.11. P. 164– 172.
7. Литвиненко Л. И., Куцанов К. В. Выживаемость и вылупление науплиусов артемии сибирских популяций при разной солености // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. Рыбное хозяйство и аквакультура. 2013. - No 5. С. 51–55.
8. Патент № 2799851 С1 Российская Федерация, МПК А01К 61/20, А23К 50/80. способ получения живых стартовых кормов, обогащенных науплий артемии: № 2022129661: заявл. 15.11.2022 : опубл. 12.07.2023 / Е. М. Романова, В. А. Исайчев, В. В. Романов и др.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина".
9. Веснина Л. В., Ронжина Т. О. Влияние климатических факторов на биоту озера душное Алтайского края // Инновации и продовольственная безопасность. 2018. № 4 (22). С. 63-68.
10. Browne R. A., Wanigasekera G. Combined effects of salinity and temperature on survival and reproduction of five species of *Artemia* // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 2000. 244. P. 29–44.
11. Salinity effects on the reproductive patterns of five coastal Pacific *Artemia franciscana* strains from Mexico / M. J. Castro, M. G. Castro, R. Bridi, et al. // International Journal of Science and Knowledge. 2013. No. 2. (1). P. 26–33.
12. Dana G. L., Lenz P. H. Effects of increasing salinity on an *Artemia* population from mono lake // California. Oecologia, 68. 1986. P. 428–436.

13. Litvinenko L. I., Boyko E.G. The Morphological Characteristics of Artemia Shrimps from Siberian Populations // *Inland Water Biology*. 2008. Vol.1. No. 1. P. 37–45.
14. Manual for the culture and use of brine shrimp in aquaculture / P. Sorgeloos, P. Lavens, Ph. Leger, et al. // Belgium, Ghent: State University, 1986. 319 p.
15. The use of decapsulated cysts of the brine shrimp *Artemia salina* as direct food for carp *Cyprinus carpio* larvae / P. Vanhaecke, L. De Vrieze, W. Tackaer, et al. // *J. World Aquacult. Soc.* 1995. № 21. P. 257–262.
16. Varo I., Taylor A.C., Amat F. Comparative study of the effects of temperature, salinity, and oxygen tension on the rates of oxygen consumption of nauplii of different strains of *Artemia* // *Marine Biology (Berlin)*. 1993. 117. – P. 623–628.
17. Effect of different salinities on the survival and reproductive characteristics of populations of *Artemia franciscana* Kellogg, 1906 from coastal and inland waters / S. J. Velasco, O. D. Retana, M. J. Castro, et al. // *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2018. Vol. 6. No. 2. P. 1090–1096.
18. Wear R. G., Haslett S. J. Effects of temperature and salinity on the biology of *Artemia franciscana* (Kellogg) from Lake Grassmere, New Zealand. 1 Growth and mortality // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1986. № 98. P. 153–166
19. Писаренко А. В., Писаренко Н. Б. Теплоустойчивость разных видов рыб товарной аквакультуры // *Достижения науки и техники АПК*. 2024. Т. 38. № 9. С. 82–94. doi: 10.53859/02352451_2024_38_9_82.

References

1. Radchenko L. A. Effect of temperature and salinity on development and survivability of *Artemia* under experimental conditions // *Ecology of the sea*. 1982. Vol. 10. P. 66–72.
2. The influence of light of different intensity on growth and development of *Artemia salina* in an artificial ecosystem / T. M. Shlenkina, E. M. Romanova, V. V. Romanov, et al. // *Ulyanovsk Medical and Biological Journal*. 2023. No. 2. P. 166–180. doi: 10.34014/2227-1848-2023-2-166-180
3. Kostromin E. A. The effect of environmental factors (salinity, temperature, lighting) on the incubation of *Artemia salina* in an experiment // *Vestnik of St. Petersburg State Agrarian University*. 2016. No. 42. P. 164–168.
4. The effect of abiotic factors on productivity parameters of *A. Var. Principalis* in aquaculture / V. N. Lyubomirova, E. M. Romanova, V. V. Romanov, et al. // *Fisheries*. 2023. No. 2. P. 13–17. doi: 10.37663/0131-6184-2023-2-13-17. EDN ZPHASN.
5. Current state and prospects for development of *Artemia* aquaculture in Russia / N. P. Kovacheva, L. I. Litvinenko, E. M. Saenko, et al. // *Scientific works of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography*. 2019. Vol. 178. P. 150–171.
6. Effects of salinity on survival, growth, reproductive and life span characteristics of *Artemia* populations from Urmia Lake and neighboring lagoons / N. G. Agh, G. V. Stappen, P. Bossier, et al. // *Pakistan Journal of Biological Science*. 2008.11. P. 164–172.
7. Litvinenko L. I., Kutsanov K. V. Survivability and hatching of *Artemia* nauplii of Siberian populations at different salinity // *Siberian Vestnik of Agricultural Science. Fisheries and Aquaculture*. 2013. No. 5. - P. 51–55.
8. Patent No. 2799851 C1 Russian Federation, IPC A01K 61/20, A23K 50/80. Method for obtaining live starter feeds enriched with *Artemia* nauplii: No. 2022129661: appl. 15.11.2022 : publ. 12.07.2023 / E. M. Romanova, V. A. Isaichev, V. V. Romanov et al.; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin".
9. Vesnina L. V., Ronzhina T.O. Influence of climatic factors on the biota of Lake Dushnoe of the Altai Territory // *Innovations and Food Security*. 2018. No. 4 (22). P. 63–68.
10. Browne R. A., Wanigasekera G. Combined effects of salinity and temperature on survival and reproduction of five species of *Artemia* // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2000. 244. P. 29–44.
11. Salinity effects on the reproductive patterns of five coastal Pacific *Artemia franciscana* strains from Mexico / M. J. Castro, M. G. Castro, R. Bridi, et al. // *International Journal of Science and Knowledge*. 2013. Vol. 2. (1). P. 26–33.
12. Dana G.L., Lenz P.H. Effects of increasing salinity on an *Artemia* population from mono lake // *California. Oecologia*, 68. 1986, P. 428–436.
13. Litvinenko L. I., Boyko E. G. The Morphological Characteristics of Artemia Shrimps from Siberian Populations // *Inland Water Biology*. 2008. Vol.1. No. 1. P. 37–45.
14. Manual for the culture and use of brine shrimp in aquaculture / P. Sorgeloos, P. Lavens, Ph. Leger, et al. // Belgium, Ghent: State University. 1986. 319 p.
15. The use of decapsulated cysts of the brine shrimp *Artemia salina* as direct food for carp *Cyprinus carpio* larvae / P. Vanhaecke, L. De Vrieze, W. Tackaer, et al. // *J. World Aquacult. Soc.* 1995. No. 21. P. 257–262.
16. Varo I., Taylor A.C., Amat F. Comparative study of the effects of temperature, salinity, and oxygen tension on the rates of oxygen consumption of nauplii of different strains of *Artemia* // *Marine Biology (Berlin)*. 1993. 117. P. 623–628.
17. Effect of different salinities on the survival and reproductive characteristics of populations of *Artemia franciscana* Kellogg, 1906 from coastal and inland waters / S. J. Velasco, O. D. Retana, M. J. Castro, et al. // *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2018. Vol. 6. (2). P. 1090–1096.

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (биологические науки)

18. Wear R. G., Haslett S. J. Effects of temperature and salinity on the biology of *Artemia franciscana* (Kellogg) from Lake Grassmere, New Zealand. 1 Growth and mortality // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1986. No. 98. P. 153–166.

19. Pisarenko A. V., Pisarenko N. B. Hermal stability of different types of commercial aquaculture fish // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2024;38(9):82-94. Russian. doi: 10.53859/02352451_2024_38_9_82.