



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра водных биоресурсов, аквакультуры и гидрохимии

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

(Бакалаврская работа)

На тему «Эффективность использования *Artemia salina* (Linnaeus, 1758)  
при переводе на активное питание личинок сибирского осетра  
в условиях установки замкнутого водоснабжения ООО «Малтат»

**Направление подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура,**  
**профиль «Управление водными биоресурсами и аквакультура»**

Исполнитель

(подпись)

Антоненко Кристина Михайловна

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель

(подпись)

Судакова Н.В., канд. биол. наук, доцент

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

Королькова С.В., канд. техн. наук

(фамилия, имя, отчество)

« 26 » июня 2023 г.

Санкт-Петербург

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	6
1.1. Обзор способов выращивания ранней молоди осетровых рыб.....	6
1.2. Биология и экология артемии .....	13
1.3. История использования артемии в аквакультуре .....	20
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	27
2.1. Объект исследования и схема экспериментальных работ .....	27
2.2. Методы экспериментальных исследований и обработки первичных данных .....	32
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ .....	35
3.1. Особенности культивирования артемии с целью кормления рыб в условиях рыбоводного комплекса ООО «Малтат» .....	35
3.2. Рыбоводно-биологические показатели личинок сибирского осетра при использовании артемии разных вариантов очистки на этапе начала экзогенного питания .....	45
3.3. Сравнительный анализ эффективности использования артемии разной степени очистки для перевода на активное питание личинок сибирского осетра в условиях бассейнов УЗВ рыбоводного комплекса ООО «Малтат» .....	50
ВЫВОДЫ.....	57
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	59
СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	69

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из самых ответственных этапов раннего постэмбриогенеза является перевод личинок на экзогенное питание и адаптация их к искусственным кормам в аквакультуре. Рыбоводная практика показывает, что при переходе на активное питание отход личинок может составлять 20–30%, а при переводе на искусственные корма у отдельных видов смертность возрастает до 40% и выше.

Массовое использование для разных объектов осетроводства единых, недифференцированных по видам рыб, искусственных кормов вынуждает сохранять применение живых кормов при переводе личинок на активное питание. До настоящего времени многие объекты аквакультуры осетровых рыб являются представителями биологических видов на ранних стадиях одомашнивания, что наиболее отчетливо проявляется в рыбоводной деятельности, связанной с пополнением природных популяций. И хотя индустрия кормопроизводства создала богатый ассортимент полнорационных искусственных комбикормов для рыб, до сих пор самый первый этап в процессе становления самостоятельного питания организма для большинства объектов осетроводства включает использование живого корма.

Наиболее эффективным и распространенным живым кормом для личинок рыб является жаброногий рачок *Artemia salina*, а точнее его ранние личиночные стадии — науплиусы и метанауплиусы.

Для осетровых рыб, имеющих весьма насыщенную историю использования разных видов живых кормов в условиях аквакультуры, к настоящему времени также наиболее характерно применение артемии в качестве стартового кормового ресурса на этапе начала активного питания личинок. Однако в практическом применении артемии в условиях конкретных рыбоводных хозяйств для определенных видов осетровых рыб до настоящего времени остается много нерешенных вопросов.

В аквакультуре всех видов рыб, в том числе и осетровых, для выращивания ранней молодежи всё чаще используются установки с замкнутым водообеспечением, позволяющие создать стабильно оптимальные условия

содержания рыбы. Системы УЗВ — это пример высокой интенсификации биотехнических процессов, требующий такой же высокой степени технологичности и от живого объекта выращивания. Поэтому в рыбоводных установках, предполагающих непрерывную очистку циркулирующей воды рыбоводы стараются избегать применения живых кормов, поскольку последние создают дополнительную нагрузку на фильтрационную систему.

В то же время для многих объектов осетроводства, являющихся неодомащенными биологическими видами, исключение живого корма на старте экзогенного питания ведет к большим безвозвратным потерям в виде гибели личинок. Особенно актуальна эта проблема для некоторых непроходных видов с высокой степенью специализации к экологически изолированным условиям обитания, например, для представителей локальных популяций стерляди или сибирского осетра.

Представители популяции сибирского осетра из реки Лена являются примером высоко одомашненных осетровых рыб и наиболее известны в товарном осетроводстве. Между тем представители популяций сибирского осетра из рек Обь и Енисей не получили такого широкого распространения в аквакультуре, так как довольно сложно адаптируются к искусственным условиям, однако эти рыбы являются объектами искусственного воспроизводства, а это значит, что решение проблем процесса кормления весьма актуально для этих объектов выращивания.

В связи с вышесказанным была определена основная цель исследования — изучить эффективность использования *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) при переводе на активное питание личинок сибирского осетра в условиях установки замкнутого водоснабжения ООО «Малтат».

В соответствии с поставленной целью были поставлены следующие задачи исследования:

1. Изучить особенности процесса культивирования артемии с целью кормления рыб в условиях рыбоводного комплекса ООО «Малтат».

2. Изучить рыбоводно-биологические показатели личинок сибирского осетра енисейской популяции при использовании артемии разных вариантов очистки на этапе начала экзогенного питания в условиях рыбоводного комплекса ООО «Малтат».

3. Провести сравнительный анализ эффективности использования артемии разной степени очистки при переводе на активное питание личинок сибирского осетра енисейской популяции в условиях бассейнов УЗВ рыбоводного комплекса ООО «Малтат».

# ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1. Обзор способов выращивания ранней молоди осетровых рыб

Мощная индустрия искусственного разведения осетровых рыб, начавшая функционировать с первой половины прошлого столетия, была призвана государством компенсировать отсутствие естественного размножения осетровых рыб в естественных условиях вызванное зарегулированием русел всех основных нерестовых рек [10, 75]. Этот крупнейший природоохранный проект, изначально зародившийся как попытка воссоздания сложных репродуктивных процессов руками человека с целью заменить самостоятельный нерест рыб, который стал невозможен, послужил мощным стимулом развития технологий разведения и выращивания наиболее загадочных объектов аквакультуры — осетровых рыб [22, 25, 40].

Необходимо отметить, что исторически искусственное воспроизводство осетровых начиналось с получения в искусственных условиях однодневных личинок, которых выпускали в реку, в буквальном смысле воспроизводя работу нерестилиц [12]. Однако подобная механистическая замена естественных репродуктивных процессов не приносила биологического эффекта, так как в природе однодневные личинки осетровых появляются на свет в совершенно иных экологических условиях — в среднем течении реки, гидрологические параметры которого наиболее подходят для их выживания, в то время как работы во искусственному воспроизводству проводились в нижнем течении нерестовых рек, так как там было удобнее поймать зрелый производителей, направляющихся на нерест в реку. Поэтому со временем объем рыбоводных процессов воспроизводства осетровых был расширен в направлении подращивания личинок с целью достижения возможности выпуска в нижних зонах рек потомства, соответствующего морфологическим параметрам рыб, рождавшихся естественным образом до возведения волжских плотин и оказывавшихся в низовьях реки более крупными нежели новорожденные личинки [28, 40]. Для подращивания молоди в южных наиболее богатых осетровыми регионах — Волго-Каспийском и Азово-Донском бассейне [44, 62, 77] стали использовать

неглубокие пруды, вода в которых достаточно прогревалась в условиях шестой рыбоводной зоны, чтобы создать условия для обильного роста кормовых организмов, которыми питаются осетровые на ранних этапах онтогенеза [40]. Однако быстрорастущая молодь довольно скоро выедала всю кормовую базу и одновременно с этим температура воды становилась слишком высокой в середине лета, что обусловило естественное ограничение периода подращивания и соответственно максимально достижимую массу тела рыб [56, 75].

Исследования физиологических показателей выращенной прудовым способом молоди каспийских видов осетровых (белуги, осетра, севрюги) укрепило убеждение в том, что наиболее обоснованным размером молоди, которую следует выпускать в природу для пополнения численности популяций, является масса тела 3–5 г [39, 40, 76]. Эта биотехнология стала на долгие годы основной для работ по искусственному воспроизводству осетровых в СССР, и была дополнена оптимизацией наиболее сложного периода в выращивании молоди — перехода личинок на экзогенное питание, для чего стали использовать мини-садки личиночно-выростных баз, установленные в выростном пруду [40].

Со временем на юге появилась так называемая комбинированная технология выращивания, включавшая оптимизацию этапа начала внешнего питания личинок осетровых, который предлагалось проводить в бассейнах вместо личиночно-выростных баз, однако на завершающем этапе в южных регионах всегда использовали пруды [75].

При комбинированном способе выращивания выдерживание предличинок и подращивание личинок осуществляют в бассейнах, в которых создают благоприятные условия для роста и выживания рыбы на ранних стадиях ее развития. Затем подрошенных в среднем до 150 мг в бассейновых условиях личинок пересаживают в специальные выростные пруды [28], где молодь осетровых растет, питаясь за счет естественной кормовой базы пруда до стандартной навески 3–5 г. Личинок белуги и русского осетра, например, по этой технологии подращивают в бассейнах до средней массы тела 80–150 мг, после чего дальнейший биотехнический этап проводят в условиях выростных прудов

до запланированной массы тела [28, 40, 75].

Выростные пруды для молоди каспийских осетровых имеют форму близкую к прямоугольной при соотношении сторон один к двум или один к трём и наличии небольшого уклона по ложу пруда для обеспечения благоприятных условий проточности. Площадь выростного пруда составляет не более 2–4 га. Глубина прудов не должна превышать 2,3–2,5 м для обеспечения условий, благоприятных для прогрева воды и развития кормовой базы [40]. На ложе выростных прудов должна отсутствовать водная растительность. Для этого ежегодно осенью вспахивают просохшее после спуска воды ложе выростного пруда, а также перед началом рыбоводного сезона проводят специальную обработку — с ложа срезают слой грунта до 15 см или проводят боронование ложа с последующим уплотнением катком [10, 56, 57].

Помимо этого необходимо обеспечить благоприятные условия для формирования кормовой базы выростного пруда. Для этого весной осуществляют внесение минеральных и органических удобрений, а также осуществляют провокационную заливку пруда перед началом рыбоводного сезона для предотвращения массового развития в пруду листоногих раков [62, 65]. В правильно подготовленных выростных прудах молодь осетровых достигает предусмотренной нормативами средней массы тела в возрасте 30–40 суток, при этом стандартная навеска малька составляет 3 г для белуги и русского осетра и 2 г для севрюги [40].

Перед спуском прудов проводят учет молоди бонитировочным методом. Нормативные значения выживаемости стандартной молоди от количества личинок посаженных в выростные пруды составляют в первом цикле выращивания 47% для белуги, 50% для русского осетра и севрюги. Во втором цикле выращивают только осетра и севрюгу и показатели нормативной выживаемости равны 45% и 20–40% соответственно [10, 40, 67].

Таким образом к концу двадцатого века в Советском Союзе велись масштабные работы по пополнению природных популяций осетровых молодью стандартного размера, полученной от производителей, вылавливаемых в самом



начале нерестовой миграции, обреченной на неудачу невозможностью достичь мест нереста. В технологическом плане это означало наличие трех способов выращивания молоди осетровых рыб: прудовый (классический), бассейновый и комбинированный (бассейны + пруды). В настоящее время на осетровых рыбоводных заводах в основном используют комбинированный метод выращивания молоди [67, 75].

Поскольку все рыбоводные технологии в товарном осетроводстве появились из исторически более старшей по практическому опыту деятельности по искусственному воспроизводству, то именно такие способы использовались и для выращивания молоди осетровых в коммерческих целях. И в связи с тем, что товарное осетроводство имеет единственную главную задачу — получить экономический эффект в виде прибыли, из имевшихся в распоряжении вариантов выращивания молоди ставка была сделана на бассейновый способ [10, 22].

Наибольшая интенсивность рыбоводных процессов, получаемая при бассейновом содержании рыбы, нашла своё совершенное воплощение в технологии рециркуляционного водообеспечения, широко известных в русскоязычном рыбоводном пространстве как технологии УЗВ (установки замкнутого водообеспечения) [10].

Технология выращивания молоди в УЗВ включает в себя использование дорогостоящего оборудования по очистке воды от органических загрязнений и высокие текущие расходы на электроэнергию, связанные с обеспечением движения воды и работы технологических узлов очистки воды, а также контроля и регулирования температуры и содержания кислорода в воде. Для успешного выращивания рыбы в бассейнах необходимо поддержание определенного уровня водообмена, регулирование температурного режима, обеспечение дегазации и оксигенации технологической воды [62, 66, 75, 77]. Обязательным является внесение предварительно приготовленных или закупленных живых кормовых организмов и сухих гранулированных кормов. Ограниченные объемы выростных емкостей вызывают потребность в регулярной сортировке рыбы, для

того, чтобы повысить темпы роста молоди [10, 40, 62].

Исторически первым для выращивания молоди осетровых был прудовый способ, суть которого состоит в том, что личинки и мальки находятся в прудах в течение всего периода выращивания [40]. Различная глубина, грунт, рельеф, освещенность, газовый режим, а также наличие в прудах разнообразных кормов создают обстановку, приближающуюся к естественным условиям и требованиям молоди осетровых. Питание и рост личинок и молоди осуществляется за счет естественной кормовой базы пруда, которая формируется созданием необходимого комплекса экологических факторов, включая внесение биогенных элементов путем удобрения прудов.

Для добывания пищи в прудах молодь затрачивает много энергии и все время находится в движении. Следствием этого является высокая слаженность всех органов и систем, их приспособленность к быстро изменяющимся условиям внешней среды. В прудах у мальков в высокой степени развивается способность отыскания пищи и усиливается инстинкт самосохранения. Прудовый способ возможен для осуществления в условиях теплого климата и применяется в основном в южных регионах [10, 40, 77]. Этот способ является наиболее приближенным к естественным потребностям рыб и предусматривает минимальный контакт с человеком, что чрезвычайно благоприятно сказывается на жизнестойкости молоди и формирует адекватные защитные рефлексы. Однако интенсивность процессов при прудовом выращивании невысокая, поэтому он получил распространение в основном для осуществления деятельности по искусственному воспроизводству природных популяций, то есть выращенная молодь выпускается в природные водоемы, где успешно адаптируется в самостоятельной жизни [66, 75, 77].

Но даже при выполнении работ по искусственному воспроизводству прудовый способ не всегда может быть использован, так как в более северных регионах, особенно в Западной Сибири, за вегетационный сезон в выростных прудах молодь осетровых не успевает вырасти до жизнестойких стадий из-за более холодных климатических условий. Поэтому в бассейнах рек Северного-

Ледовитого океана деятельность по искусственному воспроизводству, включающая выращивание жизнестойкой молоди, исторически базировалась на использовании не прудового, а бассейнового способа [10, 12, 63].

Бассейновый способ заключается в выращивании молоди осетровых от выклева предличинок, включая период выдерживания, перевод личинок на внешнее питание, подращивание личинок и выращивание жизнестойкой молоди в условиях бассейнов. В бассейнах организовывается необходимый обмен воды, который позволяет удалять продукты жизнедеятельности рыб и несъеденный корм, а также обеспечивать рыбу необходимым уровнем кислорода. В условиях бассейнов отсутствует естественная кормовая база, поэтому неотъемлемым условием бассейнового выращивания является внесение кормов – искусственных или натуральных живых [6, 7]. Бассейновый способ обладает многими преимуществами – можно существенно увеличить плотность посадки рыбы на единицу объема воды, при этом необязательно сильно увеличивать водообмен – в бассейнах можно организовать точечную подачу воздуха или кислорода прямо в рыбоводную емкость, что позволяет резко сокращать мощность насосных станций. Однако бассейновый способ имеет ряд недостатков – необходимость постоянного водообмена, то есть работы насосов, а также очень близкий контакт человека с рыбой, это притупляет защитные инстинкты и при попадании такой рыбы в природу могут возникнуть проблемы с адаптацией к жизни среди врагов [7, 13]. Кроме того, постоянной статьей расхода при бассейновом выращивании являются корма, так как в отличие от прудов кормовые организмы не выращивают совместно с рыбами, да и высокая плотность посадки требует более концентрированного корма по сравнению с живыми кормовыми организмами. Поэтому при бассейновом выращивании в основном используют сухие полнорационные комбикорма [60, 61].

Избежать больших трат на работу насосов и искусственный комбикорм возможно при комбинировании бассейнового и прудового способов выращивания. При этом наиболее ответственный период – начала экзогенного питания и адаптация к самостоятельной жизни происходят в условиях бассейнов,

а далее уже окрепших подрощенных в бассейнах личинок, помещают на дальнейшее выращивание в пруды, где сформирована хорошая кормовая база и молодь может расти в отдалении от контакта с человеком [40]. Такой комбинированный способ используется для выращивания молоди осетровых рыб с целью последующего выпуска в естественную среду обитания, то есть в работах по искусственному воспроизводству [28]. Кроме того, комбинированный способ в современной аквакультуре означает выращивание рыбопосадочного материала в условиях бассейнов, а затем помещение подрощенной молоди, как правило до массы тела не менее 10-15 г, на выращивание до товарной массы в садки. Ключевое правило заключается в том, что наиболее чувствительный этап раннего онтогенеза проходит в хорошо контролируемых условиях бассейнов [40]. При комбинировании бассейнового выращивания с прудовым достигается цель снижения расходов на корма и кроме того снижается близость контакта с человеком [27]. Но не следует забывать, что в бассейнах всегда нужно кормить рыбу.

В настоящее время активно развиваются различные способы водообеспечения при выращивании в бассейнах. Классическим способом обеспечения водой является постоянная прокачка новой воды из поверхностных водоисточников, так называемое прямое или проточной водообеспечение. Следует иметь в виду, что в поверхностном водоисточнике вода может иметь температуры, соседствующую сезону, но может быть также ситуация более высокой температуры в поверхностном водоисточнике, что наблюдается в водоемах-охладителях ТЭЦ или сбросных водах промышленных предприятий. Ну и наиболее быстро набирает популярность сегодня многократное использование воды, это так называемые УЗВ – установки с замкнутым водообеспечением [10, 11, 27].

Следует сказать, что осетровых выращивают не только и не столько в России. Мировым лидером по объемам и развитости технологических подходов в аквакультуре является Китай. Ретроспективно следует отметить многие страны, но из сохранивших позиции до настоящего времени следует назвать

Италию, США, Германию, Францию. Согласно статистическим данным, за последние годы США реализует более 5 тонн, во Франции более 4 тонн пищевой икры [66, 77]. В Китайской народной республике осетроводство получило настоящее индустриальное воплощение, в этой стране выращивается более 100 тысяч тонн биомассы осетровых рыб, с разнообразным видовым спектром, начиная от исторически первых стерляди и ленского осетра и заканчивая суперэффективными китайскими гибридами, среди которых выделяется гибрид калуги и амурского осетра [44]. Если анализировать способы выращивания осетровых в других странах, то безусловно лидирует комбинированный способ – выращивание рыбопосадочного материала в условиях бассейнов, а товарной рыбы – в садках. Также имеется ряд хозяйств, работающих на технологии УЗВ, В европейских странах широкое развитие получила биотехнология выращивания осетровых рыб в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ), однако этот тип водообеспечения имеет ряд серьезных недостатков для выращивания элитной икорной продукции [1, 10, 44].

## 1.2. Биология и экология артемии

Артемия относится к типу членистоногие (Arthropoda), подтипу жабродышащие (Branchiata), классу ракообразные (Crustacea), подклассу жаброногие ракообразные (Branchiopoda), отряду жаброногие (Anostraca), семейству артемиевые (Artemiidae) и роду артемия (*Artemia* Leach, 1819) [2, 14, 26].

Ранее считалось, что существует только один вид, однако многочисленные исследования, проведенные в последние десятилетия, позволили обнаружить репродуктивную изоляцию некоторых географических рас, что позволило выделить следующие виды [3, 9, 19, 34, 37]:

- *A. salina* (Linnaeus, 1758): в связи с исчезновением места ее обитания (озеро Ливингтон в Англии) этот вид объявлен вымершим и идентичен виду *A. tunisiana* Bowen & Sterling, 1978: водоемы Северной Африки;
- *A. monica* Verrill, 1869: США (Mono Lake, Калифорния);

– *A. urmiana* Gunther, 1899: Иран (озеро Урмия; Западная Азербайджанская провинция);

– *A. franciscana* Kellogg, 1906: Америка, Карибские и Тихоокеанские острова;

– *A. persimilis* Piccinelli & Prosdocimi, 1968: Южная Америка;

– *A. sinica* Cai, 1989: Центральная и Восточная Азия;

– *A. tibetiana* Abatzopoulos, Zhang & Sorgeloos, 1998: Китай (Тибет);

– *A. sp.* Pilla & Beardmore, 1994: Казахстан.

Название *A. parthenogenetica* в настоящее время используют для обозначения партеногенетических популяций, обитающих в Евразии [68, 73].

Необходимо отметить, что таксономический статус артемии является чрезвычайно запутанным до настоящего времени и довольно большое количество работ посвящено систематике артемии. При этом до сих пор описывают немало популяций с неопределенным видовым статусом и довольно часто ограничиваются родовым названием – *Artemia* Leach, 1819 [51, 72].

Большое количество популяций артемии описывается в водоемах на юге Западной Сибири и таксономические исследования продолжаются постоянно, видовой статус имеют очень небольшое количество популяций [14, 32, 36, 37, 54]. Большое количество малых озер Сибири приводит к образованию многочисленных изолированных популяций, однако в подавляющем большинстве случаев все эти популяции продолжают оставаться внутривидовыми группами, иногда называемые расами, иногда остающимися без видового статуса [32, 54]. В общем случае принимается верным, что степень генетической дифференциации находится в прямой зависимости от продолжительности изоляции и действия направленного отбора [14, 37, 78]. Высокая пластичность артемии лежит в основе того, что внешний вид рачков очень сильно меняется в зависимости от изменения условий обитания, это тоже сильно осложняет систематику. Парадокс заключается в том, что специфической особенностью артемии является ее привязанность к водоемам во сложным меняющимся химическим составом воды и поэтому можно сказать, что такая

высокая изменчивость внешней морфологии под воздействием изменения минерализации воды является характерным признаком вида. При это меняется не только внешняя морфология, но и особенности размножения и соотношение полов. [5, 15].

Однако влияние продолжительности светового дня на беспозвоночных еще недостаточно хорошо изучено [65, 69, 70]. Тем не менее в естественных условиях суперсоленых озер основными факторами становятся температура сухой корки соли, общая соленость воды и ионный состав, а годовой сезонный режим уровня воды в водоеме, ограничивающий размеры оптимальных площадей для артемии и количеств отложенных цист [38, 48, 52].

Допустимые интервалы условий пригодных для жизни артемии определяются значением и сочетанием факторов неживой природы, в первую очередь таких как температура, содержание растворенных ионов солей, уровень растворенного кислорода и его стабильное поступление, а также ряда других причин. В таблице 1 приведены некоторые материалы о границах выживания артемии в различных экологических условиях [68].

Таблица 1

Границы жизнедеятельности рачка *Artemia* в зависимости от основных абиотических факторов среды обитания

Фактор среды	Выживание, L <sub>100</sub>			Репродукция	
	нижняя	верхняя	нижняя	оптимальная	верхняя
Температура, °С, для:					
половозрелых	-3,0**; +6,0	35,0–37,0	20,0	25,0	30,0
науплиусов	5,0–6,0	33,0	–	–	–
диапаузирующих яиц	-196,0*	+60,0	–	–	–
Минерализация, г/л, для:					
половозрелых	>20,0	340,0	20,0	100,0–180,0	280,0
особей			(10,0)*		(300,0)*
науплиусов	5,0	80,0	–	–	–
Кислород, мг/л, для:					
половозрелых	0,17	–	–	6,0–8,0	
науплиусов	1,0	–	–	–	
Активная реакция, рН	6,0	9,0	–	7,0–8,0	–

Примечание: \* — [5]; \*\* — [68]

В соответствии с данными таблицы артемию нужно отнести к теплолюбивым видам, причем термофильность наиболее сильно проявляется в период размножения [53, 55, 59]. Но при том, что взрослые особи способны выдерживать весьма широкий диапазон температур, то для размножения им необходим довольно узкий интервал температур от 20 до 30 °С [73].

В силу анатомического строения массовое развитие артемии наблюдается только в тех водоемах, в которых соленость лимитирует развитие естественных хищников рачка (при минерализации от 70,0 г/л) [29, 32]. В таких водоемах, благодаря своей исключительной осморегулирующей способности, артемия развивается практически в монокультуре, а плотность контролируется лишь пищевым фактором [3, 9, 19, 34, 37].

В Западной Сибири естественный ареал рачка приурочен к аридной и частично аридной зонам равнины и ограничен с севера линией Барабинск — Тюкалинск — Ишим — Шадринск, с юга примыкает к казахстанскому ареалу рачка в соляных озерах зоны полупустынь [14, 15, 37].

Среди существующих популяций жаброногого рачка одни размножаются половым путем, другие — партеногенетически [68]. Среди около 470 описанных популяций артемии 36,0% размножаются облигатным партеногенезом. В водоемах юга Западной Сибири большинство популяций жаброногого рачка относятся к партеногенетической расе, исключения составляют сообщества в озерах Танатар, Соленое и Петуховское, в которых наблюдаются бисексуальные расы [37].

Способ размножения оказывает разностороннее воздействие на количественные параметры жизненного цикла рачка, а также на соотношение полов и разных типов кладок. Размножение может происходить путем живорождения и откладыванием яиц. При этом выделяют два типа яиц: тонкоскорлуповые, или летние, и толстоскорлуповые диапаузирующие (цисты) [15, 38, 18].



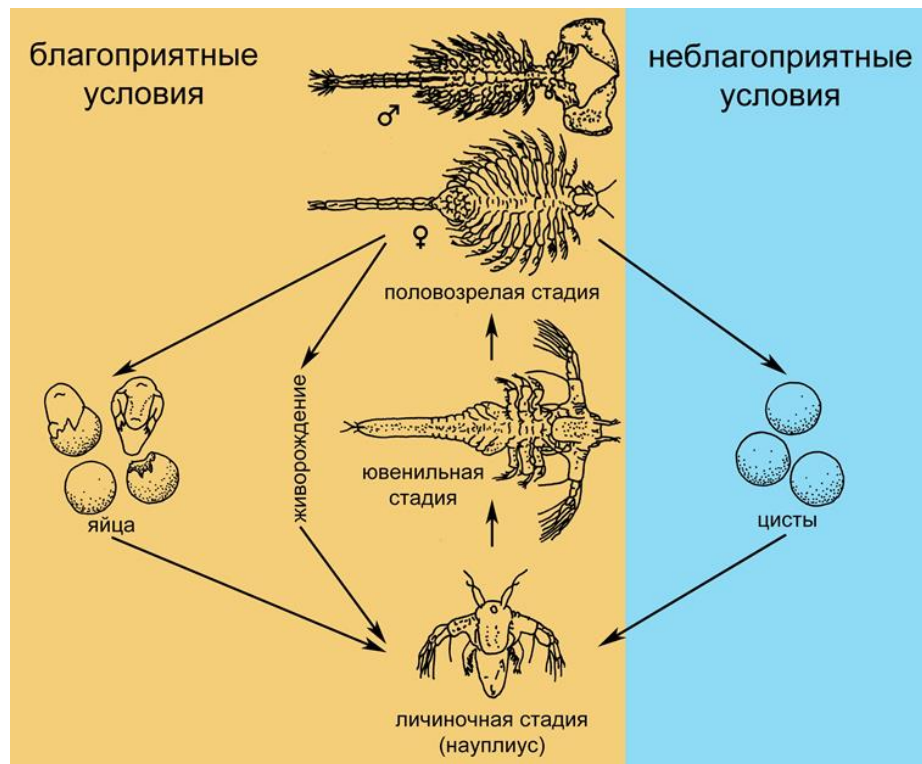


Рисунок 1. Жизненный цикл артемии [38]

Из тонкосторлуповых яиц выклев науплий происходит после их выметывания самкой. Толстосторлуповые яйца содержат эмбрионы на стадии гастролы, покрытые толстой оболочкой, и находящиеся в состоянии диапаузы. Оболочка цист состоит из трех хорошо различимых слоев: двух слоев хитинообразного хориона и внутренней эмбриональной кутикулы. Общая масса оболочки диапаузирующих яиц составляет около 30,0% общей массы яиц [15, 38].

Цисты рачка артемии обычно находятся на поверхности воды и в ее толще и сгоняются к берегу, где скапливаются и обсыхают [30]. В результате этого дегидратационного процесса механизм диапаузы инактивируется, позволяя цистам возобновить дальнейшее эмбриональное развитие при наступлении гидратации в оптимальных для выклева условиях.

Важно отметить, что начало активного метаболизма и разрыв оболочки диапаузирующих яиц возможны только при полной их гидратации и при достаточном освещении, интенсивность которого является индивидуальной особенностью цист и колеблется в пределах от 20,0 до 2000,0 люкс [31]. Однако

имеются данные о вылуплении при полном отсутствии света. Вероятно, способность оболочек поглощать свет определяется толщиной хориона и количеством в них гематина, которые зависят от содержания железа в пище половозрелых рачков [26, 51].

Вылупившиеся личинки через 10–16 суток, перелиняв за это время 7 раз, превращаются в молодых рачков, а через 20–30 суток после рождения, перелиняв еще 4–5 раз, рачок достигает половозрелости [51, 52]. Плодовитость половозрелых самок артемии, а также выживаемость науплий зависят от минерализации воды, обилия корма. В среднем одна особь может откладывать до 200 яиц с интервалом от 3 до 11 дней. Неблагоприятные условия популяция переживает в состоянии диапаузирующих яиц (цист), которые в дегидратированном состоянии обладают большей резистентностью к неблагоприятным условиям, чем в гидратированном [29, 32]. В составе цист найден белок, способный выдерживать высокие температуры и действующий как эффективный молекулярный проводник для защиты других белков. В состоянии диапаузы сухие цисты артемии могут находиться несколько лет, но попадая в воду, они способны к дальнейшему развитию.

По площади артемиевые водоемы России подразделяются на: крупные (более 10 км<sup>2</sup>) — 21 водный объект; средние (1–10 км<sup>2</sup>) — 47 водных объектов и малые (менее 1 км<sup>2</sup>) — остальные водоемы [14, 17, 37].

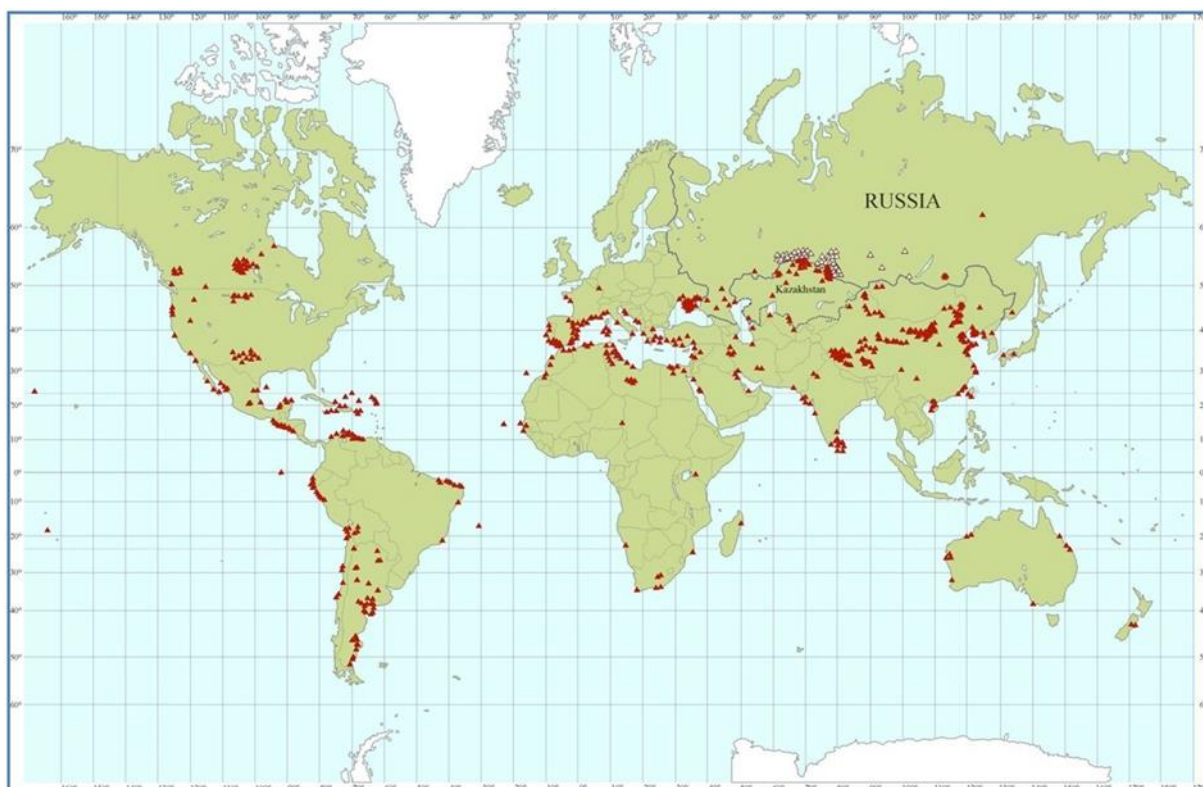


Рисунок 2. Распространение артемиевых водоемов в мире [37]

Глубина артемиевых водоемов различается от 0,1 до 8 м (озеро Большое Яровое). По средней глубине водоемы подразделяются на [17, 37]:

- глубоководные (средняя глубина более 4 м) — 1 водоем;
- водоемы со средней глубиной (2–4 м) — 6 водоемов;
- мелководные с глубиной менее 2 м — многочисленные водоемы, включая пересыхающие.

Продуктивность цист в артемиевых водоемах может достигать 600 кг/га. По продуктивности артемии (на стадии цист) водоемы подразделяются на [17, 37]:

- высокопродуктивные (биомасса цист  $>100$  кг/га за вегетационный сезон);
- среднепродуктивные (60–100 кг/га за сезон);
- низкопродуктивные ( $< 60$  кг/га за сезон);
- неперспективные для промысла ( $< 10$  кг/га за сезон).

При продуктивности менее 10 кг/га в водоеме отсутствуют излишки цист,

которые могут быть изъяты промыслом без ущерба для естественного воспроизводства популяции [54, 58]. Такие водоемы следует оценивать как непромысловые по артемии, и рекомендованный вылов артемии для них не устанавливать.

Предельные показатели биомассы рачков в водоемах составляют 40–400 промилле. По продуктивности артемии водоемы подразделяются на [17, 37]:

- очень высокопродуктивные (биомасса рачков  $>100$  мг/л);
- высокопродуктивные (51–100 мг/л);
- среднепродуктивные (10–50 мг/л);
- низкопродуктивные ( $< 10$  мг/л).

Соленость воды в разных водоемах в разные сезоны и годы может колебаться в пределах от 10 до 460‰. При солености менее 30 и более 380‰ рачки, как правило, не встречаются, популяция представлена только цистами. По солености артемиевые водоемы подразделяются на [17, 37]:

- гиперсоленые (гипергалинные; с соленостью более 150‰);
- среднесоленые (среднегалинные; с соленостью 70–150‰);
- слабосоленые (30–70‰).

Наиболее продуктивны водоемы с соленостью от 70 до 230‰, при солености менее 100 г/л преобладает в большинстве случаев продукция рачков, при солености более 140 г/л — продукция цист [59, 72].

### **1.3. История использования артемии в аквакультуре**

В аквакультуре рыб живые кормовые организмы используют главным образом для кормления ранней молоди, а также для кормления ослабленной или заболевшей рыбы, что случается реже [10, 43]. Науплии и метанауплии артемии являются ценным кормом для многих видов рыб и ракообразных, особенно велика их роль на ранних стадиях развития выращиваемых видов. Также корма из цист артемии являются широко распространенными среди аквариумистов. Ценность артемии определяется ее химическим составом, который характеризуется достаточно высоким содержанием белков, жиров, незаменимых

аминокислот и жирных кислот, витаминов, гормонов, других биологически активных соединений. Состав и соотношение этих компонентов изменяются в процессе онтогенеза ракообразного, а также зависят от расы артемии.

Артемия — это род водных ракообразных, единственный род в семействе Artemiidae [73]. Первое возможное историческое упоминание о существовании артемии относится к первой половине 10-го века нашей эры к озеру Урмия на территории современного Ирана, хотя первое научное упоминание — это отчет и рисунки, сделанные Шлёссером в 1757 году с изображением артемий из озера Лимингтон на юге Англии. На основе этого сообщения *Artemia salina* была впервые описана (как *Cancer salinus*) Карлом Линнеем в его Systema Naturae в 1758 году [51]. Популяции артемии встречаются по всему миру, как правило, во внутренних соленых озерах, но иногда и в океанических водах. Артемии избегают совместного проживания с большинством своих врагов в природе, таких как рыбы, благодаря своей способности жить в водах с очень высокой соленостью (до 25%) [54, 58, 59].

Способность артемии производить спящие яйца, известные как цисты, привела к широкому использованию артемии в аквакультуре [1, 6. 77]. Цисты могут храниться неограниченное время и вылупляться по требованию, чтобы обеспечить удобную форму живого корма для личинок рыб и ракообразных. Науплии артемии являются наиболее широко используемым продуктом кормления рыб. Ежегодно во всем мире продается более 2 тысяч тонн сухих цист артемии [72]. Кроме того, устойчивость артемии делает ее идеальным животным для проведения анализов биологической токсичности, и она стала модельным организмом, используемым для проверки токсичности химических веществ.

Артемия включает в себя группу из семи-девяти видов, которые, скорее всего, произошли от предковой формы, обитавшей в Средиземноморье около 5,5 миллионов лет назад, примерно во время Мессинского пика солёности в Средиземном море, в ходе которого произошло несколько циклов его частичного или практически полного высыхания [19, 51].

Артемия — примитивный рачок из отряда жаброногих Branchiopoda с сегментированным телом, к которому прикрепляются широкие листовидные придатки [19, 51, 72]. Тело обычно состоит из 19 сегментов, первые 11 из которых имеют пары придатков, следующие два, часто сросшиеся вместе, несут репродуктивные органы, а последние сегменты ведут к хвосту. Кровь артемий содержит гемоглобин, так же, как и у позвоночных. Самцы отличаются от самок заметно увеличенной второй парой антенн, превратившихся в органы захвата, используемые в спаривании. Общая длина обычно составляет около 8–10 мм для взрослого самца и 10–12 мм для самки [15, 19, 36].

Тело артемии разделено на голову, грудь и брюшко. Все тело покрыто тонким гибким экзоскелетом из хитина, к которому внутри прикреплены мышцы и который периодически сбрасывается. У самок артемии каждой овуляции предшествует линька [19, 51].

У артемии многие функции, включая плавание, пищеварение и размножение, не контролируются мозгом; вместо этого ганглии местной нервной системы могут контролировать некоторую регуляцию или синхронизацию этих функций [51]. Аутономия, произвольное отбрасывание частей тела в целях самозащиты, также контролируется локально по ходу нервной системы. У артемии два типа глаз. У них есть два широко расставленных сложных глаза, установленных на гибких стеблях. Эти сложные глаза являются основным органом оптического восприятия у взрослых артемий [23, 58]. Срединный глаз, или науплиальный глаз, расположен спереди в центре головы и является единственным функциональным органом оптических ощущений у науплиев, функционирующим до взрослой стадии.

Артемии могут переносить любые уровни солености от 25‰ до 250‰ (25–250 г/л) с оптимальным диапазоном 60–100‰ и занимать экологическую нишу, которая может защитить их от врагов [72]. Физиологически оптимальные уровни солености составляют около 30–35‰, но из-за хищников артемия чаще встречается в естественных местообитаниях при солености до 60–80‰. Передвижение достигается за счет ритмичного биения придатков, действующих

парами. Дыхание происходит на поверхности ног через волокнистые перьевидные пластинки (пластинчатые эпиподиты) [48, 51, 51].

Питаются артемии микроскопическими водорослями водорослями, а также бактериями, простейшими, детритом. Рачки стремятся в более освещенные места, где больше водорослей. Способ питания — фильтрация. При недостатке планктона рачкам приходится взмучивать ножками донный ил [52].

В оптимальных условиях самка артемии откладывает яйца с тонкой оболочкой, которые развиваются в выводковом мешке и наружу выходят уже активные науплиусы [33, 34, 38]. При ухудшении условий, таких как, низкий уровень кислорода или соленость выше 150‰, самки артемии откладывают яйца с хитиновой многослойной оболочкой коричневого цвета — цисты. Это свойство называется криптобиозом, что означает «скрытая жизнь». Именно эти цисты, способные выдержать достаточно суровые условия в течение длительного времени, используются в аквакультуре. После помещения в соленую воду яйца вылупляются в течение нескольких часов. Личинки науплиусов при первом вылуплении имеют длину менее 0,4 мм [72, 75].

На первом этапе своего развития артемии не питаются, а потребляют собственные запасы энергии, хранящиеся в цисте. Дикие артемии питаются микроскопическими планктонными водорослями. Выращенных артемий также можно кормить искусственными кормами, включая дрожжи, пшеничную муку, соевый порошок или яичный желток [32, 68].

Науплиев артемии, полученных из цист, можно легко использовать для кормления рыб и личинок ракообразных сразу же после однодневной инкубации. Возраст I (науплиусы, которые только что вылупились и с большим запасом желтка в организме) и возраст II (науплиусы после первой линьки (метанауплиусы) с функционирующим пищеварительным трактом). Науплиусы более широко используются в аквакультуре, потому что они просты в эксплуатации, богаты питательными веществами и имеют мелкий размер, что делает их пригодными для кормления рыб и личинок ракообразных живыми или после сушки [19, 31, 58].

В странах Европы и Америки использование цист артемии в кормопроизводстве началось в 50-е годы XX в. и ежегодно возрастает [71, 72].

В нашей стране интенсивное изучение и использование артемии началось в начале 80-х годов, когда была доказана возможность заготовки яиц в промышленных масштабах. Отечественное рыбоводство стало активно внедрять стартовые корма из науплиусов и декапсулированных цист для подращивания личинок карповых, сиговых, осетровых и других видов рыб [49, 54].

В настоящее время цисты артемии, заготовленные на водоемах юга Западной Сибири, обеспечивают стартовым кормом почти все рыбоводные хозяйства страны, кроме того, значительная их часть отправляется за границу [36, 37].

Увеличение спроса на ценный биоресурс стало причиной пристального внимания к прогнозированию объемов возможного изъятия цист из естественных водоемов. В отечественной и зарубежной литературе появился ряд публикаций новых технологий по активации яиц, получению науплиусов, культивированию взрослых особей и др. Это позволило значительно улучшить использование артемии в аквакультуре [24, 30, 33].

Одна из наиболее обсуждаемых тем — способы активации цист [33]. Можно выделить две группы способов: имитация естественных условий выклева и использование различных реагентов. Рассматривают такие стимуляторы, как высушивание, УФ-лучи, заморозка, магнитное поле, химические вещества, радиация. Интенсивно изучается влияние абиотических факторов (температура, минерализация, освещенность и др.). Так, например, выявлено влияние фотопериода и темноты на терминацию диапаузы [63, 69, 70].

Будучи хорошим фильтратором, рачок способен накапливать в больших количествах химические вещества. Данное свойство также используют в аквакультуре. В инкубационный раствор добавляют антипаразитарные средства, которые аккумулируются в рачках и таким образом усваиваются рыбами при кормлении. Степень накопления зависит от стадии развития и может колебаться от 85,0 до 143,0 мг/кг [31, 58].



К сожалению, ресурс биомассы самого рачка до сих пор не используется и, кроме научных работ, хозяйственный интерес к биомассе рачка пока не проявляется. Тем не менее, многие авторы прогнозировали, что на биомассу рачка артемии возникнет такой же спрос, как и на диапаузирующие яйца, и подобный прогноз использования нового вида биоресурса должен быть отражен в сырьевой базе [48, 52].

Кроме использования в аквакультуре, артемия и ее цисты используются для получения хитина и хитозана, рассматриваются возможности их использования в фармакологии, медицине и косметологии [52].

Цисты могут переносить длительные периоды обезвоживания и аноксии, а также крайние значения температур и давлений [51]. В природной среде такая стратегия является стратегией выживания, так как цисты часто являются единственной стадией жизни животного в данной среде обитания. Вне их природной среды при достаточной дегидратации и надлежащем хранении, а именно в сухой среде, преимущественно при низких температурах и в отсутствие воздействия света и кислорода, цисты сохраняют жизнеспособность в течение длительного периода (несколько лет) [48]. Эта возможность продолжительного хранения и соответствующая возможность их получения в течение круглого года со склада, а также короткий инкубационный период, необходимый для производства свободноплавающих науплиусов, делают цисты наиболее удобным и наименее трудоемким источником живой пищи для аквакультуры [33].

Цисты рачка артемии отличаются высоким и стабильным содержанием белка, незаменимых аминокислот, гормонов, каротиноидов, витаминов и ценных жирных кислот [73]. В настоящее время науплиусы артемии, получаемые из цист, являются не только лучшим, но и в большинстве случаев единственно имеющимся в распоряжении источником живого корма для ранних стадий большинства культивируемых видов рыб и ракообразных [58, 73]. Личинки артемии, а также взрослые особи рачка, несмотря на испытания многочисленных искусственных кормов, по-прежнему остаются лучшим кормом при

культивировании молоди рыб и ракообразных. Все это позволило цистам артемии стать ценным биоресурсом, представляющим коммерческий интерес.

Значение и использование отдельных сторон диапаузы имеют свою специфику. Знание особенностей, наличие возможностей активного воздействия на биологические циклы представляют несомненный интерес, способствуют достижению оптимальной технологии культивирования кормовых организмов.

Сегодня, несмотря на продолжительную историю применения артемии как стартового корма, имеется немало проблем в применении артемии в индустриальной продуктивной аквакультуре:

- нарушение сроков сбора и хранения цист артемии;
- низкое качество (процент выклева) цист как корма, обусловленное нарушением технологий подготовки к инкубации и самой инкубации;
- невозможность универсализации параметров инкубации для цист, заготовленных в различных водоемах;
- недостаточные знания производителей и потребителей о возможностях применения современных методов активации цист;
- отсутствие общепринятых и доступных методик оценки качества яиц артемии [5–7, 36, 38, 49].

В связи с вышесказанным представляет высокую актуальность работа по изучению особенностей процесса инкубации яиц *Artemia salina*, их подготовки к использованию и использование для кормления при переводе на активное питание личинок сибирского осетра енисейской популяции в условиях установки замкнутого водоснабжения крупнейшего рыбоводного предприятия России — ООО «Малтат».

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Объект исследования и схема экспериментальных работ

Данная работа была выполнена во время прохождения производственной практики на полносистемном рыбоводном комплексе ООО «Малтат» (Красноярский край, пос. Приморск) весной-летом 2022 года.

Объект исследования — сибирский осетр енисейской популяции *Acipenser baerii* Brandt, 1869. Внешний вид молоди сибирского осетра енисейской популяции показан на рисунке 3.



Рисунок 3. Объект исследования — сибирский осетр енисейской популяции

Предмет исследования — рыбоводно-биологические показатели личинок сибирского осетра при использовании *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) на этапе начала экзогенного питания при бассейновом выращивании в условиях УЗВ.

Материалом для исследования являлись свободные эмбрионы и личинки сибирского осетра енисейской популяции, яйца и науплиальные стадии *Artemia salina* (Linnaeus, 1758).

Экспериментальные работы проводились в условиях производственного бассейнового цеха рыбоводного предприятия ООО «Малтат». Рыбоводный завод ООО «Малтат» запущен в эксплуатацию в 2013 году и является полносистемным

рыбоводным хозяйством, использующим бассейновый способ выращивания рыб при замкнутом типе водообеспечения (УЗВ). Объектами выращивания на рыбноводном заводе являются несколько видов рыб: сибирский осетр, стерлядь, хариус, таймень, голец, сиг, муксун, пелядь, нельма и некоторые другие. Предприятие располагает собственным ремонтно-маточным стадом сибирского осетра (свыше 10 000 экземпляров) и стерляди енисейской популяции (свыше 15 000 экземпляров).

Бассейновые цеха рыбноводного завода ООО «Малтат» имеют общую площадь свыше 15 000 м<sup>2</sup> и включают 28 независимых контуров УЗВ с общим количеством бассейнов — более 600, что позволяет выращивать рыб различных видов и возрастных групп с соблюдением биотехнических и санитарных норм. На территории завода имеется садковая линия. В летнее время осетра, стерлядь, и форель высаживают в садки на Красноярском водохранилище.

Предприятие занимается искусственным воспроизводством природных популяций рыб и товарным рыбноводством. Производственная мощность по выращиванию товарной рыбы составляет:

- 3000 тонн в год товарной форели;
- 550 тонн в год товарной стерляди и осетра;
- 300 тонн в год пищевой икры форели;
- 50 тонн в год пищевой икры осетровых.

ООО «Малтат» выращивает и реализует рыбопосадочный материал и товарную рыбу для зарыбления естественных и искусственных водоемов, выращивания рыбы в садках, бассейнах, прудах.

Рыбоводный комплекс расположен в поселке Приморск на левом берегу Красноярского водохранилища и в качестве водоисточника использует воды реки Енисей и подземные воды (скважина глубиной 30 м). Расстояние от Приморска до Красноярска составляет около 190 км по трассе Р-257. Месторасположение рыбноводного комплекса ООО «Малтат» показано на рисунке 4.

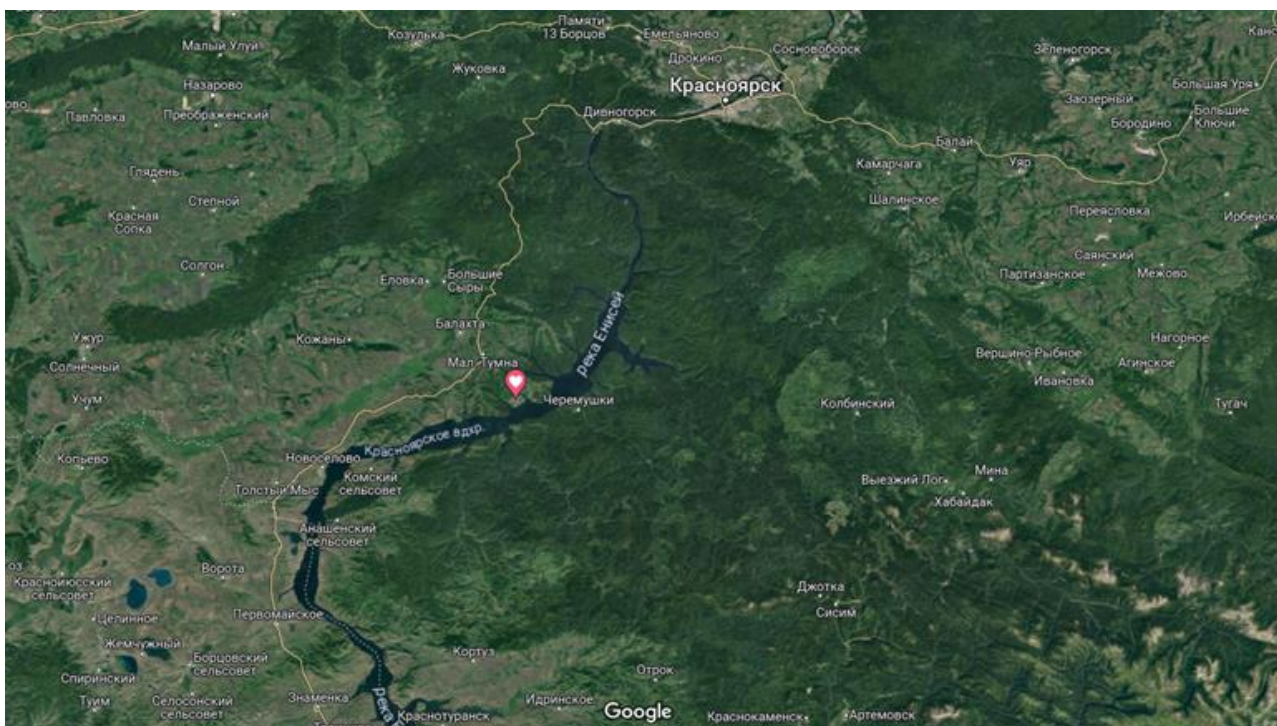


Рисунок 4. Месторасположение бассейнового участка УЗВ полносистемного  
рыбоводного комплекса ООО «Малтат»

Экспериментальные работы проводили в условиях бассейнов УЗВ №4  
рыбоводного комплекса ООО «Малтат». Там же, в бассейновом цехе, был  
организован участок, где осуществляли инкубацию науплиусов *Artemia salina*  
(Linnaeus, 1758).

Живые эмбрионы и предличинки сибирского осетра енисейской  
популяции были получены от производителей собственного маточного стада  
ООО «Малтат». Выдерживание предличинок и подращивание личинок  
проводилось в прямоугольных пластиковых бассейнах собственной конструкции  
размером 2500×3400×1000 мм, рабочим объемом 4,5–6,5 м<sup>3</sup>. Водоподача в  
бассейны осуществлялась самотеком через систему флейт [1, 56].  
Технологическая вода соответствовала нормативным показателям качества воды  
[41] при выращивании осетровых рыб, удовлетворяла требованиям ОСТ 155 372-  
87 [42].

Принципиальная схема УЗВ №4 показана на рисунке 5.

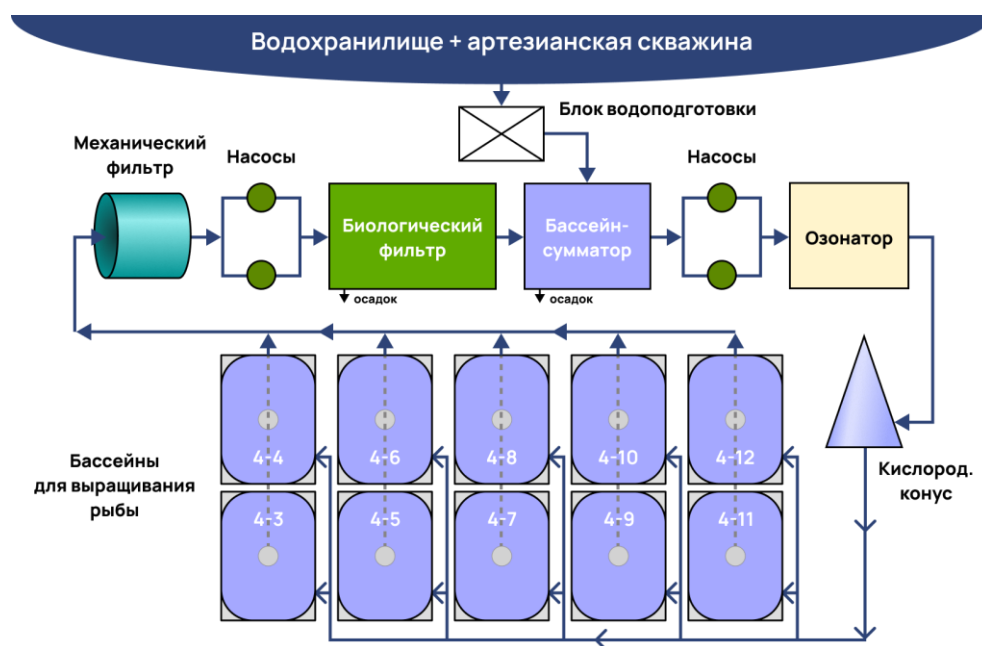


Рисунок 5. Схема УЗВ №4 бассейнового комплекса ООО «Малтат»

В каждом бассейне центральный водослив и круговое движение воды. Чистка бассейнов проводилась по мере загрязнения и перед каждым кормлением. Бассейновое выращивание проводили согласно опубликованным нормативным документам [1, 10, 38, 56].

Плотность посадки однодневной личинки составляла 1,25 тыс. шт./м<sup>2</sup>. Плотность посадки личинок, перешедших на активное питание составляла 1 тыс. шт./м<sup>2</sup>. По достижении личинками массы тела 0,5–0,7 г проводили сортировку молоди.

Чистку бассейнов от погибшей рыбы осуществляли вручную. Остатки корма и экскременты удалялись из бассейнов током воды, сливные приемки чистили каждые сутки, погибшую рыбу убирали вручную.

При выращивании рыбы использовали живые и искусственные корма. Живые корма (науплиальные формы жаброногого рачка *Artemia salina*) применяли для кормления личинок осетровых [7, 46, 56, 73]. Искусственные сухие гранулированные корма применяли для кормления всех возрастных категорий выращиваемых рыб. В период раннего онтогенеза для осетровых применяли сухой стартовый комбикорм Alltech® Coppens Vital для осетровых рыб.

Личинок кормили вручную 24 раза в сутки. Для кормления использовали сухой комбикорм и науплиусов *Artemia salina*. Особенности подготовки науплиусов к скармливанию составляли предмет исследования и составляли разные экспериментальные варианты, которые показаны на рисунке 6.



Рисунок 6. Схема экспериментальных работ

Период экспериментальных работ составил 21 день. В первые 10 суток от начала экзогенного питания для кормления использовались одновременно науплиусы *Artemia salina* и сухой стартовый комбикорм для осетровых рыб. Затем кормление рыбы осуществлялось только стартовым комбикормом.

Перед кормлением отключали подачу воды на 10–15 минут, чтобы корм не выносился из бассейнов [1]. В первые дни кормления корм вносили в места скопления личинок по стенке бассейна, чтобы приучить личинок брать корм не из толщи воды, а с поверхности сначала стенок, а затем дна бассейна. В противном случае личинки, не научившиеся питаться с твердой поверхности, не смогут питаться, поскольку их морфологическое строение приспособлено к питанию со дна [55]. Важно в наиболее короткие сроки добиться питания

личинок со дна бассейна. После этого корм необходимо вносить в одно место на водоподаче, чтобы с током воды корм разносился по бассейну.

Нормы кормления определяли по кормовым таблицам в зависимости от температуры воды и массы тела рыбы [1, 10, 46, 50, 57, 61]. Для кормления использовали размерные группы комбикорма, соответствующие размеру рото-глоточного аппарата рыб. Смена размеров крупки и гранул по мере роста личинок и молоди приведена в таблице 2.

Таблица 2

Размерные характеристики искусственных кормов для осетровых рыб

Масса рыбы, г	Размер крупки и гранул, мм
До 0,1	0,1–0,2; 0,2–0,4
0,3–0,5	0,4–0,6
0,5–1,5	0,6–1,0
1,5–3,0	1,0–1,5
3,0–5,0	1,5–2,5
5–20	2,0–3,2

Мониторинг условий выращивания рыбы заключался в определении температуры воды, содержания кислорода и соединений азота, активной реакции среды. Контроль параметров среды осуществлялся в автоматическом режиме согласно установленной схеме работы комплекса УЗВ ООО «Малтат».

## **2.2. Методы экспериментальных исследований и обработки первичных данных**

Результаты выращивания оценивали по рыбоводно-биологическим показателям личинок. Взвешивание и измерение личинок и молоди проводили согласно руководству И.Ф. Правдина [47]. Контрольным измерениям подвергали не менее 10% от общего количества выращиваемых рыб, отбираемых методом случайной выборки [35]. План сбора первичных данных приведен в таблице 3.



## План сбора первичных данных

№ п/п	Наименование показателя	Периодичность контроля
Гидрохимические показатели		
1	Температура воды, °С	Ежедневно
2	Содержание кислорода, мг/л	Ежедневно
3	Показатель рН	Ежедневно
4	Содержание NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ежедневно
5	Содержание NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Ежедневно
6	Содержание NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ежедневно
Рыбоводно-биологические показатели		
7	Масса тела, г	1 раз в 3 дня
8	Длина тела, г	1 раз в 3 дня
9	Отход рыбы, шт.	Ежедневно
10	Суточный рацион кормления, % массы тела	Ежедневно
11	Коэффициент расхода корма, ед.	Каждые 3 дня

Ежедневно подсчитывался и фиксировался отход рыбы. Постоянно велись наблюдения за внешним состоянием личинок, их поведением, отношением к корму, просматривался отход, наличие отклонений в развитии. Взвешивания личинок осуществляли на торсионных весах. При проведении измерений и взвешиваний обследовалось не менее 10% от общего количества выращиваемых рыб, отбираемых методом случайной выборки [35].

Поедаемость корма определяли визуальным способом в перерывах между кормлениями, 1–2 раза в сутки, на примере 20–25 особей [61].

Используя первичные данные, расчетным способом определяли аналитические показатели — абсолютный и относительный прирост, коэффициент расхода корма [20, 50, 61].

Абсолютный прирост вычисляли по формуле:

$$\Delta m = m_k - m_n,$$

где  $\Delta m$  — абсолютный индивидуальный прирост, г;

$m_k$  — конечная масса, г;

$m_n$  — начальная масса, г.

Коэффициент расхода корма определяли по формуле:

$$KK = R/\Delta B,$$

где  $KK$  — коэффициент расхода корма, ед.;

$R$  — количество корма, заданного в бассейн за определенный период времени, г;

$\Delta B$  — прирост биомассы рыб в бассейне за определенный период времени, г.

В производственном процессе использовали следующий рыбоводный инвентарь — сетные внутренние перегородки для проведения сортировок рыбы в бассейнах, механический сифон для удаления остатков корма и мертвых личинок, щетки и шланги для чистки бассейнов, маленький плоский сачок из мелкого капронового сита (грохотка) [1, 10, 56].

В процессе выращивания использовали следующие специальные устройства — портативный термооксиметр для ежедневного контроля уровня растворенного кислорода (диапазон измерения от 0 до 60 мг/л, дискретность 0,1 мг/л кислорода и от 0 до 600% насыщения, дискретность 1%) и температуры воды (диапазон от 0 до +45°C, дискретность 0,1°C), торсионные (крутильные) весы ВТ-500 (пределы взвешивания: от 10 до 500 мг, дискретность 1 мг), прецизионные весы профессионального или стандартного уровня не ниже 2 класса точности по ГОСТ 53228-2008 (предел взвешивания не более 5000 г, дискретность не менее 0,01 г), набор тестов для контроля pH, содержания ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ), нитритов ( $\text{NO}_2^-$ ), нитратов ( $\text{NO}_3^-$ ) в воде [41, 45, 47].

Все первичные данные статистически обработаны по Г.Ф. Лакину [35].

## ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### 3.1. Особенности культивирования артемии с целью кормления рыб в условиях рыбоводного комплекса ООО «Малтат»

Артемия обладает большим количеством технологических преимуществ, делающих ее одним из наиболее технологичных видов живого корма в аквакультуре: длительный срок хранения сухих цист; отсутствие сложностей при транспортировке; простота и удобство получения науплиев, пригодных для скармливания [7, 8].

Яйца артемии покрыты хитиновой оболочкой, что хорошо защищает их от внешних воздействий, и в таком состоянии в виде цист яйца могут сохранять жизнеспособность в течение многих лет, находясь без воды. При попадании в благоприятные условия яйца начинают развиваться, но плотная хитиновая оболочка значительно снижает процент выхода рачков из яиц — таким образом в природе выживают сильнейшие. Однако в условиях аквакультуры желательно получить наибольший возможный выход полезной белковой продукции личинок артемии, поэтому хитиновая оболочка цист теряет свое биологическое значение и появляется необходимость в ее устранении [5, 6].

Удаление твердой хитиновой оболочки яиц артемии получило название декапсуляции (декапсулирования) цист [73, 74]. Декапсулирование цист артемии впервые было применено японскими учеными в 1962 году [73].

Для растворения хитиновой оболочки обычно используют препараты, содержащие активный хлор: диоксил хлора, гипохлорит натрия, гипохлорит кальция, хлорная (белильная) известь (оптимальная концентрация активного хлора в растворе — 17 г/л при температуре около 20°C) [10, 56, 57].

Однако нужно понимать, что получить науплии артемии можно также из недекапсулированных яиц, но процент выхода живых личинок в этом случае будет ниже [10]. Поэтому проведение дополнительного этапа, связанного с использованием небезопасных химических веществ, применяется не на всех рыбоводных предприятиях и на сегодняшний день существуют два способа

разведения артемии: из нативных цист и из декапсулированных яиц. Следует отметить, что в обоих случаях желательно проведение этапа активации яиц, который предполагает краткосрочное воздействие низких температур, имитирующих холодную зиму и прерывающих период диапаузы у большего количества яиц, что также способствует увеличению процента выхода живых личинок артемии.

Нами был изучен процесс приготовления артемии в качестве живого корма в условиях ООО «Малтат» с целью последующего определения эффективности использования науплиусов артемии в качестве живого корма. В ООО «Малтат» используется способ инкубации артемии из недекапсулированных яиц.

Кроме этого следует отметить, что в ООО «Малтат» не используют отдельный этап активации яиц, что является не совсем понятным и возможно связано с тем, что работы по инкубации артемии начаты на предприятии не так давно. Активацию здесь совмещают с инкубацией, внося в инкубационные емкости дополнительно к солевому раствору перекись водорода.

Приготовление артемии в качестве живого корма в производственных условиях ООО «Малтат» включает нижеприведенные этапы.

#### 1. Инкубация яиц

ООО «Малтат» использует для инкубации яиц артемии пластиковые аппараты собственной конструкции, состоящие из 10 или 18 колб. Аппарат для инкубации показан на рисунке 7.

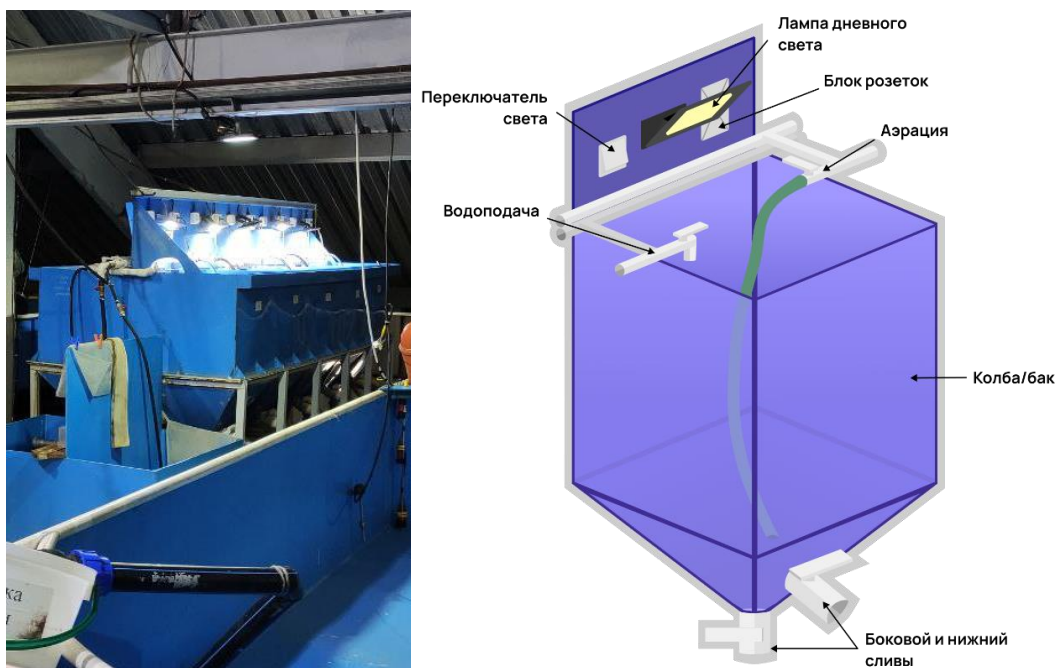


Рисунок 7. Аппарат для инкубации яиц артемии в условиях ООО «Малтат» (слева) и схема колбы, входящей в состав аппарата (справа)

Колба представляет собой куб со сторонами 60 см и конусным сливом в нижней части с высотой 48 см (см. рис. 7). Общий объём составляет 0,273 м<sup>3</sup>. Каждый такой сосуд оснащён индивидуальной водоподачей, источником света и аэрацией.

Приготовление инкубационного раствора производится в соответствии с методикой. Параметры среды для инкубирования 600 гр. цист представлены в таблице 4. Данные значения могут варьировать и определяться экспериментально в процессе производства в рамках установленных диапазонов.

Таблица 4

Параметры инкубационной среды для цист артемии в условиях ООО «Малтат»

Наименование показателя	Единица измерения	Значение
Температура	°С	27–28
Содержание кислорода	г/л	не ниже 4
Объём раствора	л	200
Содержание в 200 л раствора:		
Соль поваренная	кг	4
Сода пищевая	г	150
Перекись водорода (3%)	г	200

После приготовления раствора цисты загружаются в колбу, в среду погружаются водонагреватели для поддержания постоянства температуры. Инкубация продолжается на протяжении 24–28 часов при постоянно включенных свете и аэрации.

## 2. Очистка живых науплиусов артемии от остаточных продуктов инкубации

По окончании инкубации необходимо отделить живых науплиусов от пустых оболочек (содержащих хитин) и мертвых яиц [15]. После окончания первого этапа в аппарате отключается аэрация и свет, колба оставляется в покое на 10–15 минут. За это время легкие оболочки яиц всплывают, отделяясь от основной массы науплиусов, что видно на фото, приведенном на рисунке 8.



Рисунок 8. Слой всплывших оболочек яиц в колбе после отстаивания. Фото из архива автора.

После этого небольшими пластиковыми ковшиками аккуратно, чтобы не взмутить отстоявшийся раствор, вычерпывается верхний слой воды с оболочками. Важно не зачерпывать слишком глубоко, чтобы не захватить живую артемию.

Затем через боковой слив инкубационный раствор с науплиусами спускается в несколько шагов: сначала небольшой объём воды с не проклюнувшимися яйцами (имеет коричневатый цвет), осевшими в вершину конуса, далее — тремя или более разами в специальный сачок из газа. Как только уровень воды в колбе дойдёт до верхнего порога боковой трубы, спуск заканчивают, чтобы не захватить грязные остатки без артемии. Количество таких сливов рассчитывается в процессе и зависит от объёмов ёмкостей, которые используются при отмывке. Такая ёмкость должна устойчиво ставиться в наклонное положение. В работе задействовались эмалированные тазы и пластиковые ящики для хранения, которые показаны на рисунке 9.



Рисунок 9. Инвентарь, используемый для промывки живой артемии от оболочек и не проклюнувшихся яиц. Фото из архива автора.

Каждый частичный слив смывается с полотна сачка с помощью пресной воды в ящик. Он ставится на горизонтальной поверхности выше уровня пола под наклоном 30–40 градусов, доливаеся пресной водой, насколько позволяет объём в указанном положении, и оставляется на пять минут.

За это время науплиусы оседают в нижнюю часть ёмкости, а оставшиеся оболочки всплывают. Их вычерпывают таким же образом, как на ранее описанном этапе. В таком виде артемия выглядит готовой для кормления, однако в её массе находится довольно большое количество не проклюнувшихся яиц, потребление в пищу которых вызывает гибель молоди рыбы вследствие закупорки желудочно-кишечного тракта. По этой причине процесс очистки корма продолжается, направленный теперь на уменьшение концентрации цист.

После отбора оболочек в ящике остаётся скопившаяся внизу ёмкости масса науплиусов рыжего цвета и часть цист ближе к верхней, более мелкой, границе воды.

При первой (и иногда паре последующих) промывке она хорошо различима. Артемия переносится в идентичный ящик, расположенный ниже рабочего уровня (на полу), с помощью создаваемой сифоном тяги. Суть процесса показана на рисунке 10.





Рисунок 10. Использование сифона для промывки живой артемии в условиях ООО «Малтат». Фото из архива автора.

Сифон представляет собой ПВХ-трубку с внутренним диаметром от 16 мм и минимальной длиной, равной разнице между уровнями расположения ёмкостей. При переносе масса цист и лишняя вода не захватываются, конец трубки удерживается максимально близко к науплиусам. Нижний ящик с артемией поднимается на рабочий уровень, ставится под наклоном, доливается пресной водой и оставляется на 3–5 минут. Первый ящик опустошается, всполаскивается и располагается рядом на полу.

Перед каждым переносом, когда цисты уже не скапливаются в одном месте и плохо различимы, во время и после отстаивания их количество контролируется с помощью яркого света лампы или ручного фонарика. Не проклюнувшиеся яйца при попадании на них луча блестят в рыжей массе артемии и воде и хорошо видны при работе, что показано на рисунке 11.



Рисунок 11. Мертвые яйца артемии во время промывки живого корма. Фото из архива автора.

Если мертвые яйца присутствуют в большом количестве, очистку следует продолжить по тому же принципу. Если во всей массе остаётся лишь несколько цист, этап можно считать полностью завершённым — добиться полной чистоты крайне сложно, это неэффективно относительно временных затрат при данном способе. Общее количество промывок может варьировать от 3 до более 10 в зависимости от изначального качества яиц, процента выклева, времени инкубации. Важно понимать, что небрежное отношение к данному этапу может повлечь за собой повышенные отходы молоди рыб.

При работе с неудачной колбой время очистки может увеличиться минимум в два раза. Это происходит по причине того, что науплиусы начинают очень плохо оседать в ящиках, что делает процесс переноса неэффективным. На практике данную проблему получалось решить только с помощью сильно

увеличенных объёмов пресной воды, добавляемой при очистке. Однако, так как и рабочие площади, и количество ёмкостей обычно ограничены, приходилось увеличивать количество промывок. В данной ситуации неизбежно теряется как минимум 50% от массы проинкубированной артемии. Причиной такого явления может стать и изначальное качество цист, но в меньшей степени, чем нарушения на этапе инкубации. Подобные случаи демонстрируют важность как соблюдения технологии, так и выбора закупаемых яиц.

### 3. Хранение науплиусов артемии в живом виде для последующих кормлений

После сбора продукции инкубации кормление личинок осетровых выращенной артемией в условиях ООО «Малтат» осуществляется в течение ближайших 16 часов, то есть первой — науплиальной — и второй — начала метанауплиальной — стадий развития рачка. Стадии развития артемии показаны на рисунке 12.

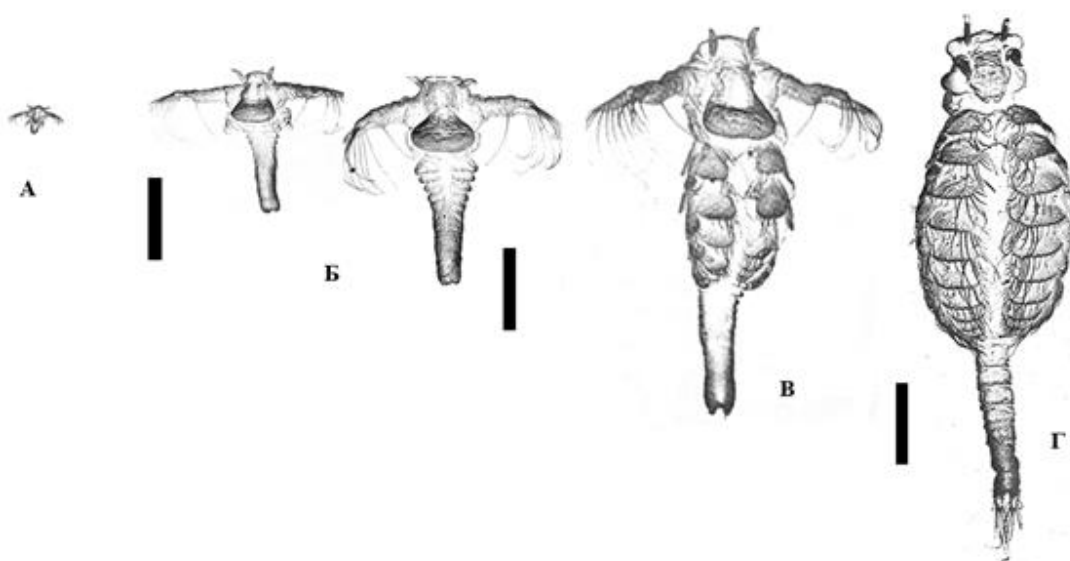


Рисунок 12. Стадии развития артемии: А — науплиус, Б — метанауплиусы, В — ювенильная стадия, Г — предвзрослая стадия.

Для сохранения выращенных личинок артемий (науплиусов и метанауплиусов) в живом виде на протяжении 16 часов (до нескольких суток) используются аппараты хранения, которые показаны на рисунке 13.



Рисунок 13. Аппараты для хранения живых личинок артемии перед кормлением. Фото их архива автора.

Эти аппараты по большей части идентичны колбам инкубации, однако используются по-другому. Они наполняются раствором соли с концентрацией 10 г/л и температурой 11°C, загружаются науплиусами до яркого оранжевого цвета воды (см. рис. 13) и оставляются при постоянной аэрации и отсутствии света. Из них наполняются ёмкости, которые рыбоводы используют при кормлении молоди рыб.

В целом в результате проведенного исследования установлено, что в ООО «Малтат» используют способ инкубации яиц артемии из недекапсулированных цист. Вероятно, это связано с тем, что в условиях полносистемного многовидового УЗВ (крупнейшего их действующих в Российской Федерации) было принято решение отказаться от использования химических препаратов, опасных для жизни выращиваемых рыб, поскольку масштабы предприятия очень велики и вероятность ошибок персонала является существенной. В связи с этим процент выхода науплиусов артемии невысокий — 67% и в результате инкубации остается большое количество непрорклюнувшихся цист, которые содержат хитин в количествах, существенно нарушающих пищеварение личинок рыб на ранних чувствительных этапах развития. Поэтому в условиях ООО «Малтат» появляется необходимость в более продолжительном

этапе очистки науплиусов от нежелательных продуктов инкубации. Таким образом, полученные результаты изучения особенностей культивирования артемии в ООО «Малтат» обнаруживают потребность в отработке режима промывки живой артемии после завершения инкубации, для чего нами был запланирован эксперимент.

### **3.2. Рыбоводно-биологические показатели личинок сибирского осетра при использовании артемии разных вариантов очистки на этапе начала экзогенного питания**

Артемия на различных науплиальных стадиях используется для кормления личинок осетровых рыб в самом начале экзогенного питания. Наиболее сложным является период перевода личинок на внешнее питание, когда пищеварительная система еще не полностью сформирована и не готова к принятию грубого и не поддающегося перевариванию корма. В природе это достигается тем, что личинки осетровых рыб всех видов являются планктофагами и потребляют только живые планктонные организмы с коротким циклом развития и легко усваивающийся структурой химических веществ их тела [38].

В условиях аквакультуры соблюдение этих биологических требований достигается благодаря применению живых кормовых организмов [1]. Однако эти организмы так же, как и сами выращиваемые рыбы, культивируются человеком и результаты такого культивирования содержат не только живую продукцию, но и часть неживых продуктов инкубации. Поэтому важнейшим этапом успешного использования живых кормов в аквакультуре является их очистка от ненужных составляющих элементов культивирования для того, чтобы рыба получала только доступную для переваривания кормовую продукцию.

В связи с тем, что в результате исследования способа инкубации яиц артемии в ООО «Малтат» нами было установлено, что в производственной цепочке отсутствует этап декапсуляции цист артемии, было решено провести испытание различных режимов очистки выращенных науплиусов с последующей проверкой их рыбоводно-биологической эффективности.

Было проведено экспериментальное выращивание личинок сибирского осетра енисейской популяции по двум схемам: 1 — кормление личинок с момента перехода на внешнее питание живыми науплиусами артемии, очищенными по экспериментальной методике, 2 — кормление личинок с момента перехода на внешнее питание живыми науплиусами артемии, очищенными по производственной методике ООО «Малтат». Режим перевода личинок осетра на внешнее питание в обоих вариантах эксперимента включал также использование сухого комбикорма согласно схеме кормления, принятой в ООО «Малтат». В качестве сухого корма использовали стартовый корм Coppens (The Netherlands). Период экспериментального выращивания составил 21 сутки (три недели).

Схема соотношения живого корма (науплиусов артемии) и сухого комбикорма приведена в Приложении 1.

Условия выращивания в целом были близки к оптимальным, температуру воды постепенно повышали по мере роста личинок. Значения основных показателей водной среды приведены на рисунке 14.

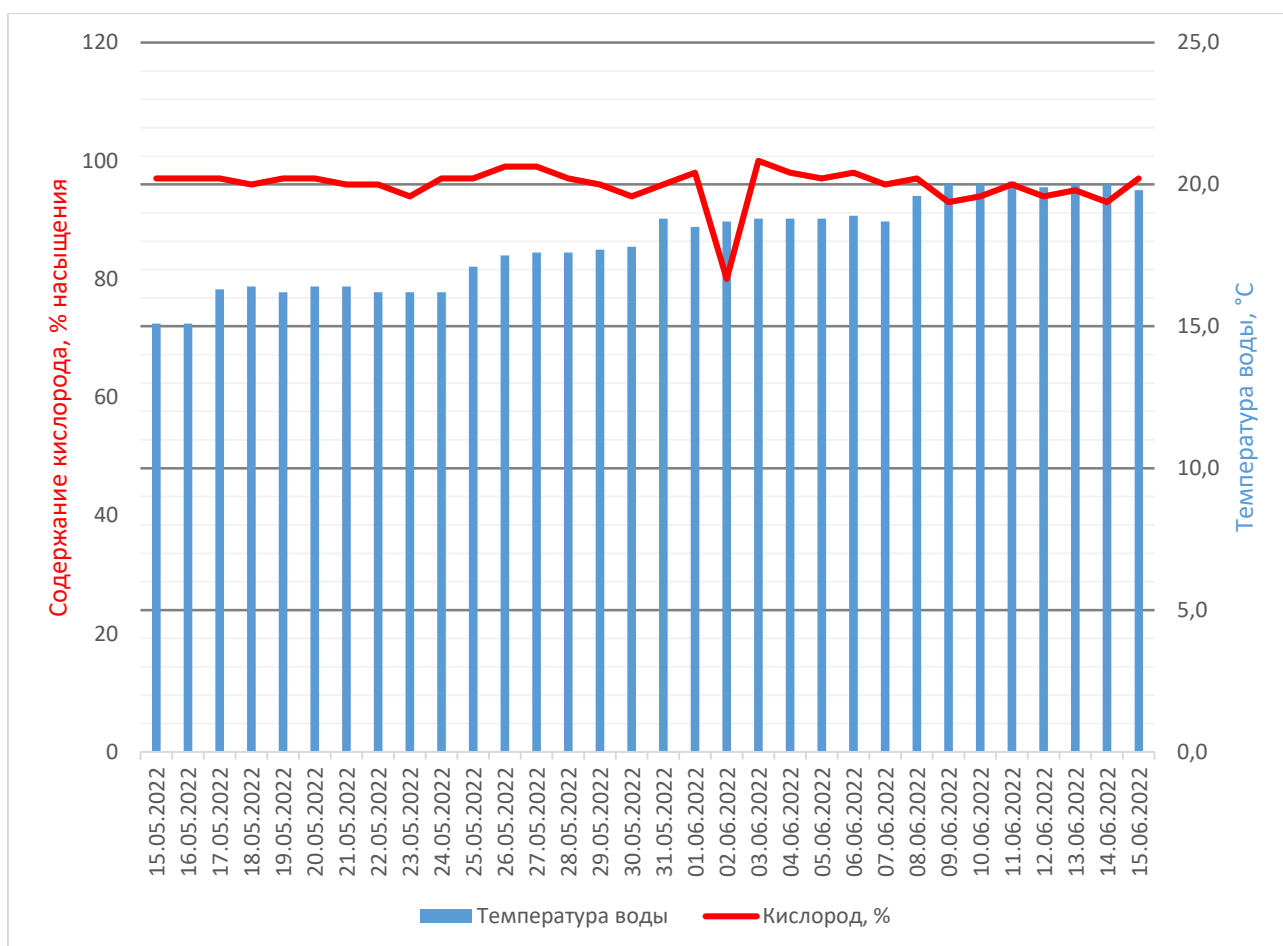


Рисунок 14. Показатели воды в экспериментальных бассейнах в период выращивания

Эксперимент был начат 18 мая 2022 года. В каждый бассейн было помещено по 10000 шт. личинок средней массой 25 мг, т.е. плотность посадки рыбы составила 1,25 тыс. шт./м<sup>2</sup>. Первые два дня кормление осуществляли только науплиусами артемии. В первый день кормления еще отмечались остатки роения и наблюдалось начало выхода желточных пробок, артемию вносили 12 раз в сутки, через каждые два часа. Во второй день артемию вносили в бассейны каждый час — 24 раза в сутки.

На третьи сутки в рацион кормления добавили одно кормление в сутки стартовым комбикормом Coppens Advance, показатели питательности которого приведены в таблице 5.

Показатели питательной ценности стартового корма Coppens Advance

Показатели питательности	Единицы измерения	Значение
Протеин	%	56
Жир	%	15
Клетчатка	%	0,3
Зола	%	11,30
Фосфор	%	1,77
Переваримая энергия	МДж/кг	19,2

Живой и сухой корм вносили в бассейны вручную на подаче воды у стенки бассейнов с тем, чтобы корма током воды разносились по всему бассейну. С четвертых суток суточную дачу сухого комбикорма увеличивали каждый день на одно кормление, доводя таким образом кратность кормлений сухим комбикормом до 12 раз на 13-ые сутки от начала перехода на активное питание. Таким образом через две недели кормления при 24-кратном кормлении в сутки половина кормлений приходилась на артемию, половина — на сухой стартовый комбикорм.

Суточная норма живых кормов для личинок составляла 50% массы тела в первые дни кормления, сухого комбикорма — 10% массы тела. Схема кормления для всех рыб была одинаковой — за три недели от начала перехода на активное питание постепенно снижали кратность и рацион кормления живым кормом и увеличивали кратность и рацион кормления сухим комбикормом, доводя долю сухого комбикорма до 100% рациона на 21 сутки от начала перехода на активное питание.

Отличие состояло в том, что в экспериментальном варианте использовали дополнительную очистку науплиусов артемии от побочных продуктов инкубации, которая заключалась в увеличении количества промывок продукции одной колбы до семи раз. В контрольном производственном варианте эксперимента использовали стандартную промывку артемии, используемую в ООО «Малтат», которая состояла из трёх промывок продукции одной колбы.



Кормление личинок енисейского осетра начали при появлении первых личинок без меланиновых пробок (40 стадия), что произошло на десятый день выдерживания. Выживаемость от однодневной предличинки на этом этапе составила 65%.

Показатели выживаемости и темпа роста личинок енисейского осетра в вариантах опыта приведены в таблице 6.

Таблица 6

Рыбоводно-биологические показатели экспериментального выращивания личинок сибирского осетра енисейской популяции в бассейнах УЗВ

ООО «Малгат»

Наименование показателей	Варианты эксперимента	
	Экспериментальная очистка артемии	Производственная очистка артемии
Начальная масса тела, мг	29,6±0,90	25,8±0,83
Конечная масса тела, мг	523,93±20,21	470,68±29,39
Начальная длина тела, мм	18,8±0,33	18,2±0,37
Конечная длина тела, мм	46,35±0,59	45,34±1,17
Начальная плотность посадки, штук/бассейн	10 000	10 000
Период выращивания, сут.	21	21
Выживаемость, %	84,32	64,33
Абсолютный индивидуальный прирост, мг	494,33	444,88
Кормовые затраты, ед. артемия	3,2	5,4
комбикорм	0,73	0,78
Конечная биомасса, кг/бассейн	4,418	3,028

В каждый бассейн было помещено по 10000 шт. личинок средней массой 25 мг, т.е. плотность посадки рыбы составила около 6 тыс.шт./м<sup>3</sup>.

Таким образом, полученные нами результаты показывают, что выживаемость личинок енисейского осетра отличалась в экспериментальном и контрольном вариантах, а также темп роста на завершающих этапах

выращивания в экспериментальном варианте был выше. Необходимо проанализировать полученные данные с целью выбора оптимального варианта кормления личинок осетра на этапе переходя на активное питание в условиях УЗВ ООО «Малтат».

### **3.3. Сравнительный анализ эффективности использования артемии разной степени очистки для перевода на активное питание личинок сибирского осетра в условиях бассейнов УЗВ рыбоводного комплекса ООО «Малтат»**

Экспериментальный вариант кормления предполагал использование науплиусов, прошедших дополнительную очистку от мертвых яиц и яйцевых оболочек в количестве семи промываний чистой водой в сравнении с производственным вариантом, принятым в качестве контрольного для условий рыбоводного предприятия ООО «Малтат», который включал три промывки готовой артемии. В связи с этим, количество науплиусов, вносимых в рыбоводные бассейны для кормления в экспериментальном варианте содержало практически только живые организмы. В то время как в производственном контрольном варианте порядка 30% вносимой массы кормового продукта содержало неприемлемый для питания личинок балластный компонент — мертвые яйца и оболочки.

В этой связи экспериментальный и контрольный варианты имели два существенных различия в наблюдаемых последствиях.

Первое — объём кормового продукта, вносимого в бассейн в контрольном варианте, имел меньшую питательную ценность для личинок осетра, так как содержал непереваримые компоненты, основным из которых является полимерный углевод хитин, входящий в состав оболочек диапаузирующих яиц. Хитин также содержится в составе оболочек живых яиц и живых рачков, однако процентное содержание хитина в расчете на живой организм ниже, так как живые рачки содержат переваримые питательные вещества — в первую очередь протеины и жиры. В составе мертвых яиц отсутствуют питательные вещества, пригодные для выращиваемой рыбы, потому эта часть вносимой массы артемии

является совершенно непродуктивным материалом. В этом смысле данный недостаток плохо промытого живого корма снижает хозяйственно-экономические результаты выращивания, так как в рыбоводные бассейны вносится большое количество балласта. Помимо отсутствия ожидаемого темпа роста данная причина ведет к повышению загрязнения воды в бассейнах, что является локальным ухудшением условий выращивания, а также существенно повышает нагрузку на систему фильтрации в установке рециркуляционного водообеспечения, что является системной проблемой. Кстати говоря именно последнее зачастую лежит в основе частого отказа рыбоводов использовать артемию и вообще любые живые корма в условиях УЗВ, но это отдельная тема для исследования.

Второе последствие использования артемии различной степени очистки в экспериментальном и контрольном вариантах более глубинное и имеет биологическую основу. Дело в том, что личинки на ранних стадиях зачастую хватают любые подходящие по размеру объекты, имеющие привлекательные запахо-вкусовые характеристики. Поэтому значительная часть личинок может заглатывать мертвые яйца, находящиеся в общей массе продуктов инкубации, вносимой в рыбоводный бассейн. Последствие такого «питания» является закупорка желудочно-кишечного тракта непереваримой хитиновой массой, причем из-за маленьких размеров личинок достаточно одного-двух мертвых яиц. В этом случае последствия более значительные, чем для первого вышеописанного негативного свойства плохо промытой артемии. Закупорка желудочно-кишечного тракта ведет к гибели личинок. При регулярном поступлении плохо промытой артемии величина отхода личинок может быть очень большой, превышая 50%. Поэтому необходимость качественной промывки артемии продиктована не только желанием избежать потерянной экономической выгоды, как в первом варианте, но и необходимостью избежать индуцированной гибели личинок.

Результаты наших экспериментальных работ не обнаружили фатального отхода личинок при недостаточной промывке артемии в производственном

контрольном варианте, однако они явно демонстрируют принципиальную разницу в размере выживаемости — в экспериментальном варианте выживаемость за весь период (три недели) на 20 % выше, чем в контрольном, что хорошо показано на рисунке 15.

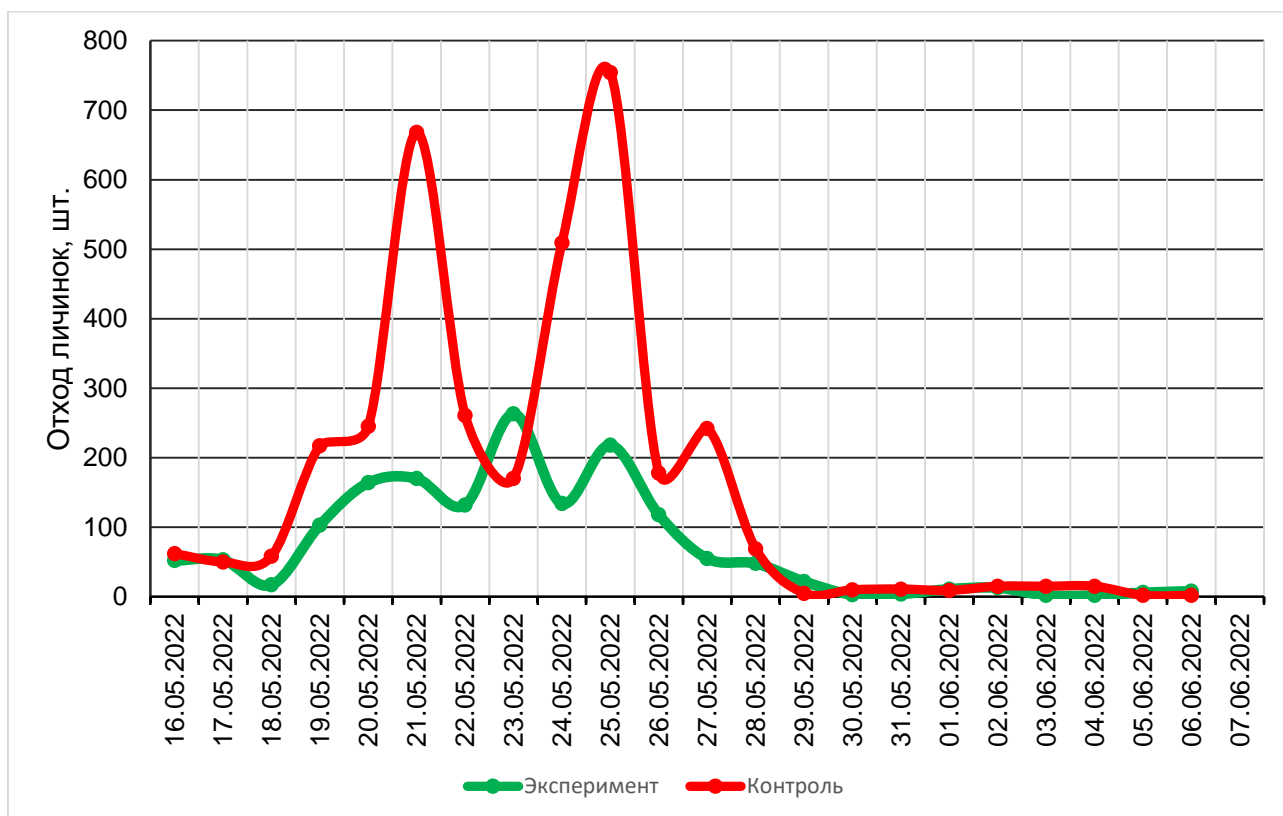


Рисунок 15. Динамика отхода личинок енисейского осетра во время экспериментального выращивания

Динамика весового роста личинок также обнаружила преимущество экспериментального варианта, однако не такое существенное, как в выживаемости. Темп роста личинок енисейского осетра при кормлении промытой артемией в эксперименте опередил контрольный вариант на 50 г. Характер роста личинок в экспериментальных условиях показан на рисунке 16.

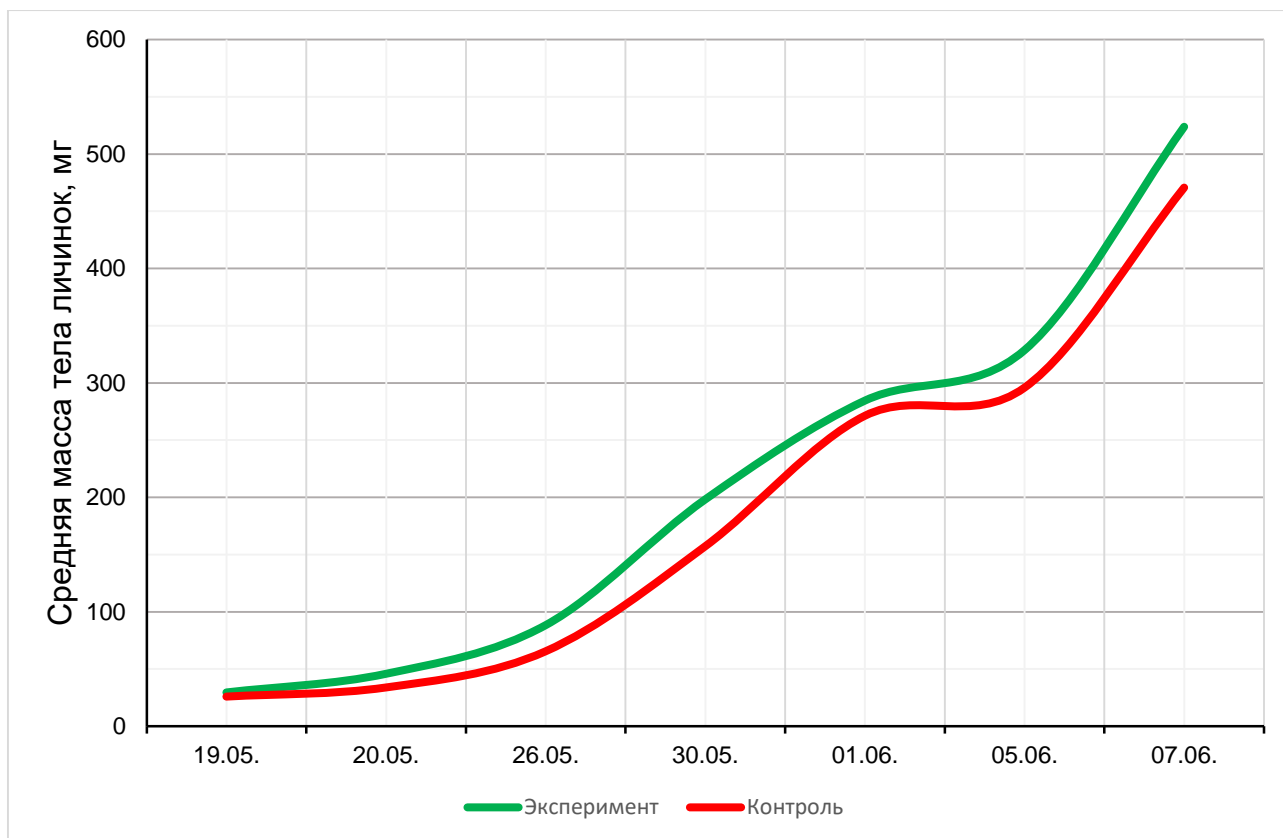


Рисунок 16. Динамика весового роста личинок сибирского осетра енисейской популяции во время экспериментального выращивания

По кормовым затратам производственный вариант израсходовал на 2,2 единицы больше артемии на единицу прироста массы тела личинок. При этом следует понимать, что это не коэффициент конверсии корма, а именно затраты, показывающие реально потраченный кормовой (а, следовательно, экономически) ресурс на выращивание рыбы. Питательная ценность живых науплиусов при этом не меняется. Изменяется количество непродуктивного кормового материала, вносимого в рыбоводные емкости. В этой связи для коммерческого предприятия продолжение подобной неэффективной практики будет регулярно повышать себестоимость выращиваемой рыбы.

Производственные мощности «Малтата» по данным ФГБУ «ЦУРЭН» только в отношении сибирского осетра оцениваются в 21,161 млн. шт. молоди. Для выпуска данного количества рыбы комплексу необходимо довести до стадии перехода на активное питание 55,366 млн. шт. предличинок.

Для кормления личинок на этапе перехода на активное питание на предприятии используется монокормление искусственным стартовым комбикормом или кормление на начальных этапах с использованием науплиусов артемии.

Необходимо отметить, что в настоящее время в связи с действием санкций на приобретение импортных кормов для рыб и отсутствием в Российской Федерации собственных производств полнорационных стартовых кормов для ценных видов рыб, к которым относятся осетровые рыбы, применение живых кормов на этапе начала экзогенного питания приобретает высокую актуальность. Одновременно с этим на предприятии отсутствует разработанный регламент применения науплиусов артемии для кормления личинок осетровых рыб. Поэтому запланированные нами экспериментальные работы представляли большой интерес не только для нашего исследования, но также и для работников рыбоводного комплекса ООО «Малтат».

Кормление рыб живыми науплиальными формами артемии подразумевает наличие на предприятии отдельного участка культивирования артемии. При этом следует учитывать, что оптимальные температуры роста артемии находятся в интервале, существенно превышающем оптимум роста личинок сибирского осетра: 26–29°C и 16–20°C соответственно.

В данном рыбоводном комплексе участок инкубации науплиусов артемии находится в том же цехе, в котором происходит выращивание рыбы. В первой же половине эксперимента аппараты хранения науплиусов находились на линиях инкубации, часто располагаясь смежно активным бакам. Отдельные линии хранения в общих цехах появились позже, но в недостаточном количестве, что не избавило от совместного размещения некоторых их аппаратов рядом с инкубацией. Температура контролировалась вручную. Таким образом, расположение кормовой части с показателями 26–29°C и 11°C в общем цехе со средней температурой воды в УЗВ 17°C порождает несколько производственных особенностей:

- необходимость поддерживать высокую температуру инкубации, для чего в комплексе использовались водонагреватели в количестве двух штук на каждый бак инкубации;
- необходимость поддерживать низкую температуру хранения, для чего периодически требовалось прибегать к использованию аккумуляторов холода (при смежном расположении хранения и инкубации — обязательно);
- удобство кормления рыбы, так как кормовая часть находится в одном цехе с бассейнами для выращивания.

Также можно отметить небольшие площади в данных частях цехов, ограничивающие возможности и размер бригады, которая может эффективно передвигаться при работе с линиями инкубации. Это приводит в том числе к чрезмерной физической нагрузке работников, что неблагоприятно сказывается на продолжительности продуктивной работы.

В связи с особенностями водоподдачи в основные цехи дополнительное время может затрачиваться на переключение воды с холодной на горячую за пределами цеха или на смешивание воды для получения нужной температуры, если присутствует одновременная подача.

На предприятии также была замечена смена изготовителя цист артемии. Изначальная марка (Koral) обладала высоким качеством продукции, расфасованной в непроницаемые zip-lock упаковки, а также процентом всхожести при инкубации (заявленные 80%), отсутствовали случаи полной гибели колб в процессе выклева при соблюдении методики. Продукция составляла 8,5 г/л.

После смены производителя было замечено резкое снижение процента всхожести цист (при заявленных 75%), имела место полная гибель науплиусов после выклева в пределах одного аппарата при соблюдении методики. Цисты были поставлены в больших объёмах, до нужной массы фасовались вручную на месте. Хранились в кормовых частях общего склада. Данный факт по причине неосторожности со временем может стать причиной снижения качества продукции и процента всхожести яиц, так как при хранении на открытом воздухе

происходит их гидратация с последующим разрывом оболочек. Продукция составляла от 2,1 г/л.

Помимо этого, не все работники, задействованные в производстве живого корма, в достаточной мере ознакомлены с теорией и практикой исследуемого процесса. При этом на местах присутствует высокий темп смены кадров. Даже при сохранении основных ответственных специалистов это требует включать в производство процесс обучения новых сотрудников, что понижает скорость и эффективность работы. Данная особенность влияет на один из важнейших показателей для используемого живого корма — степень очистки науплиусов от оболочек яиц и мертвых цист.

Таким образом, проведенное исследование выявило два существенных различия между экспериментальным и контрольный производственным вариантом: принципиальная разница в размере выживаемости — в экспериментальном варианте выживаемость за весь период на 20 % выше, чем в контрольном и снижение темпа роста, что выразилось в увеличении кормовых затрат — производственный вариант израсходовал на 2,2 единицы больше артемии на единицу прироста массы тела личинок.



## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что в условиях установки замкнутого обеспечения ООО «Малтат» используется вариант инкубации недекапсулированных яиц артемии без проведения отдельного этапа активации, что снижает показатели выхода живых науплиусов до 63%, а также является причиной снижения показателей роста и выживаемости молоди осетровых рыб при кормлении плохо очищенными науплиусами.

2. Отмечено, что при использовании для кормления личинок сибирского осетра енисейской популяции на этапе перехода на активное питание науплиусов артемии с разной степенью очистки наблюдаются различия в рыбоводно-биологических показателях молоди, в частности выживаемость на этапе подрощенной личинки на 20% выше в экспериментальном варианте и конечная масса тела личинок, потреблявших очищенную артемию в эксперименте также выше — 523,93 г в сравнении с 470,68 мг в контроле.

3. Выявлено, что дополнительная очистка науплиусов артемии, полученных из недекапсулированных яиц, позволяет получить живой корм для личинок сибирского осетра енисейской популяции на этапе перехода на активное питание, имеющий более высокую рыбоводно-биологическую эффективность. При оценивании совокупных показателей рыбопродуктивности выращивания рыбопосадочного материала осетровых в условиях УЗВ ООО «Малтат» выход мальков енисейского осетра на 1,39 кг выше с каждого бассейна по сравнению с контрольным производственным вариантом.

4. Установлено два существенных различия между экспериментальным и контрольным производственным вариантом: принципиальная разница в размере выживаемости — 84,32% в экспериментальном варианте и 64,33% в контрольном; снижение темпа роста, что выразилось в увеличении кормовых затрат — производственный вариант израсходовал на 2,2 единицы больше артемии на единицу прироста массы тела личинок. Сочетание этих двух факторов значительно повышает себестоимость выращиваемой молоди при сохранении действующей практики на предприятии.

5. Проведенное экспериментальное исследование обнаружило определенные недостатки в производственных процессах кормления ранней молоди осетровых в условиях УЗВ. В связи с тем, что в настоящее время наблюдаются проблемы в обеспечении рыбоводных хозяйств России качественными стартовыми комбикормами, предложенный способ повышения эффективности живого корма для осетровых в УЗВ может быть рекомендован как вариант компенсации отсутствия полнорационного комбикорма на старте кормления. В связи с этим необходимо продолжить исследование, начатое в настоящей работе.

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. На основании результатов экспериментальных работ, выполненных в ООО «Малтат», рекомендуется при сохранении практики инкубации яиц артемии, не подвергшихся декапсуляции, использовать способ дополнительной очистки науплиев артемии перед использованием их для кормления личинок осетровых рыб, который описан в настоящей работе.

2. Использование артемии в качестве стартового корма на первом этапе активного питания осетровых рыб допустимо в условиях рециркуляционного водообеспечения при грамотной подготовке живых науплиусов к внесению в рыбоводные емкости. Мы рекомендуем обязательное применение способа дополнительной очистки науплиусов от побочных продуктов инкубации либо введение этапа декапсуляции диапаузирующих яиц с последующим контролем чистоты живых науплиусов.

## СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

tw	—	температура воды, °C
pH	—	показатель активной реакции водной среды
B	—	биомасса рыбы, г (кг)
m	—	масса тела, г
L	—	общая длина тела, см
$\Delta m$	—	абсолютный прирост массы тела, г
R	—	суточный рацион кормления, % массы тела (или г)
n	—	кратность кормления, раз в сутки
КК	—	коэффициент расхода корма, ед.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимова, Н.А. Инструкция по бассейновому выращиванию молоди осетровых на предприятиях Азово-Донского района с использованием стартового комбикорма Ст-4Аз / Н.А. Абросимова. — Ростов-на-Дону, 1989. — 24 с.
2. Алтуфьева, К.А. Кормовая ценность артемии салина / К.А. Алтуфьева, Е.А. Оглезнева // Рыб. хоз-во. — 1984. — Вып. 1. — С. 35–36.
3. Артемия — белковый ресурс будущего: метод. рекомендации по использованию в рыбоводстве яиц рачка. — Барнаул, 1990. — 21 с.
4. Беляева, В.Н. Поведение осетровых на ранних этапах онтогенеза / В.Н. Беляева, Р.П. Ходоревская // Тр. ЦНИОРХ, 1972. — т. 4. — С. 40–51.
5. Богатова, И.Б. Активация диапаузирующих яиц *Artemia salina* (L.) / И.Б. Богатова, З.И. Шмакова // Гидробиол. журн., 1980. — Т. 16, вып. 3. — С. 180.
6. Богатова, И.В. Инкубация яиц артемии в промышленных масштабах / И.В. Богатова, Н.В. Печникова, З.И. Шмакова // Освоение теплых вод энергетических объектов для интенсивного рыбоводства. — Киев: Наукова думка, 1978. — С. 245–246.
7. Богатова, И.Б. Рекомендации по круглогодичному получению стартового живого корма (науплиусов *Artemia salina*) для личинок рыб / И.Б. Богатова. — М.: ВНИИПРХ, 1986. — 23 с.
8. Богданова, Л.С. Сравнительная характеристика перехода на активное питание у личинок разных видов и экологических форм осетровых / Л.С. Богданова // Тр. ЦНИОРХ, 1963. — т. 1. — С. 196–201.
9. Бузмаков, Г.Т. К вопросу усовершенствования методов получения стартового корма из яиц артемии салина / Г.Т. Бузмаков // Рыбопродуктивность озер Западной Сибири. — 1991. — С. 174–177.
10. Васильева, Л.М. Биологические и технологические основы товарного осетроводства / Л. М. Васильева, Н.В. Судакова. — Астрахань: Изд. дом «Астраханский университет», 2014. — 247 с.

11. Васильева, Л.М. Выращивание и кормление осетровых рыб / Л.М. Васильева, Н.В. Судакова // Комбикорма, 2003. — №2. — С. 10–11.
12. Васильева, Л.М. Пути развития аквакультуры осетровых рыб на современном этапе / Л.М. Васильева, Н.В. Судакова // Астраханский вестник экологического образования, 2018. — № 5 (47). — С. 66–76.
13. Вернидуб, М.Ф. Возрастные изменения строения и функции пищеварительной системы осетра (*Acipenser güldenstädti* Brandt) и севрюги (*Acipenser stellatus* Pall.) в ранний период онтогенеза / М.Ф. Вернидуб, Е.Н Кудряшова, Г.И. Ницаева, Г.И. Ратникова // Тр. ЦНИОРХ, 1971. — т. 3. — С. 77–113.
14. Веснина, Л.В. Алтайские стартовые корма: вчера, сегодня, завтра / Л.В. Веснина, Т.О. Ронжина, Г.В. Пермякова, Р.А. Клепиков // Сб. докл. «Аквакультура центральной и восточной Европы: настоящее и будущее». — Кишинев: Pontos, 2011. — С. 48–53.
15. Веснина, Л.В. Технология получения стартовых кормов из артемии соленых озер Алтайского края / Л.В. Веснина, Т.О. Ронжина, Г.В. Пермякова, Р.А. Клепиков // Рыбоводство и рыбное хозяйство. — 2012. — № 3. — С.52–59.
16. Воронов, П.М. Активация яиц *Artemia salina* / П.М. Воронов // Зоол. журн. — 1976. — Т. 55, вып. 4. — С. 521–525.
17. Воронов, П.М. Перспективы и биотехника использования артемии в морском рыбоводстве / П.М. Воронов — Киев: Наукова думка, 1977. — 71 с.
18. Воскресенский, К.А. Стимуляция выклева науплиусов из яиц артемии / К.А. Воскресенский, И.Ш. Хайдаров // Вестн. МГУ. Сер. 16. Биология, почвоведение. — 1963. — №1. — С. 3–11.
19. Галеева, Т.И. Использование яиц артемии в рыбоводстве / Т.И. Галеева, Н.И. Волхонская, Е.П. Попов, Н.Н. Даль // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ, 1983. — Вып. 206. — С.68–78.
20. Гамыгин, Е.А. Комбикорма для рыб: производство и методы кормления / Е.А. Гамыгин, В.Я. Лысенко, В.Я. Скляр, В.И. Турецкий — М.: Агропромиздат, 1989. — 168 с.

21. Гербильский, Н.Л. Гистологический анализ переходов между ранними этапами онтогенеза у рыб / Н.Л. Гербильский // В кн.: Проблемы современной эмбриологии. — Л., 1956. — С. 122–128.
22. Гершанович, А.Д. Экология и физиология молоди осетровых / А.Д. Гершанович. — М.: Агропромиздат, 1987. — 215 с.
23. Гусев, Е.Е. Живой корм — артемия салина / Е.Е. Гусев // Тем. информ. Материалы. Сер. Аквакультура. — М.: ВНИЭРХ, 1991. — Вып. 3. — 60 с.
24. Гусев, Е.Е. Приготовление стартового корма для молоди прудовых рыб из яиц артемии методом декапсуляции / Е.Е. Гусев // Рыбовод. в Сибири и на Дал. Востоке. — Новосибирск, 1982. — С.74–80.
25. Детлаф, Т.А. Развитие осетровых рыб / Т.А. Детлаф, А.С. Гинзбург, О.И. Шмальгаузен — М.: Наука, 1981. — 224 с.
26. Ивлева, И.В. Биологические основы и методы массового культивирования кормовых беспозвоночных / И.В. Ивлева. — М.: Наука, 1969. — 170 с.
27. Козлов, В.И. Справочник рыбовода / В.И. Козлов, Л.С. Абрамович. — М.: Росагропромиздат, 1991. — 238 с.
28. Кокоза, А.А. Искусственное воспроизводство осетровых рыб (Монография) / А.А. Кокоза. — Астрахань: Изд-во АГТУ, 2004. — 208 с.
29. Копец, В.А. Консервация яиц артемии / В.А. Копец // Рыбное хозяйство. — 1970. — №3. — С. 16.
30. Копец, В.А. Способ подготовки яиц артемии к массовому культивированию. Авт. свид. № 295506 / В.А. Копец, П.М. Воронов, К.А. Воскресенский, И.Ш. Хайдаров // Бюл. изобрет. СССР. — 1973. — №10.
31. Корентович, М.А. Усовершенствование методов инкубации и биоинкапсуляции науплиусов артемии / М.А. Корентович, Е.А. Сироткина, М.Н. Бронников, Н.П. Соломинова // Вестник рыбохозяйственной науки. — 2017. — Т. 4. — № 1(13). — С. 4–19.
32. Котова, Л.И. Заготовка и использование артемии / Л.И. Котова, А.Т. Иванов // Рыбное хозяйство. — 1969. — №4. — С.92–93.

33. Кренке, Г.Я. Использование живых кормов в товарном рыбоводстве / Г.Я. Кренке // ЦНИИТЭИРХ. Сер. Рыбохозяйственное использование внутренних водоемов. — М., 1981. — Вып. 2. — 54 с.
34. Кренке, Г.Я. Некоторые аспекты изучения Артемии салина как корма для прудовых рыб за рубежом / Г.Я. Кренке // ЦНИИТЭИРХ ЭИ. Сер. Рыбохозяйственное использование внутренних водоемов. — 1983. — Вып. 2. — С. 6–13.
35. Лакин, Г.В. Биометрия/ Г.В. Лакин. — М.: Высш. шк., 1980. — 293 с.
36. Литвиненко, А.И. Результаты многолетних исследований и практического использования промысловых беспозвоночных Западной Сибири / А.И. Литвиненко, Л.И. Литвиненко, В.П. Соловов, Л.В. Веснина, Т.Л. Ясюченя, Л.С. Визер, О.В. Козлов // Проблемы гидробиологии Сибири: материалы Всерос. конф. «Современные проблемы гидробиологии Сибири» / под ред. В.И. Романова. — Томск: Дельтаплан, 2005. — С. 146–164.
37. Литвиненко, Л.И. Артемия в озерах Западной Сибири / Л.И. Литвиненко, А.И. Литвиненко, Е.Г. Бойко. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2009. — 304 с.
38. Литвиненко, Л.И. Инструкция по использованию артемии в аквакультуре / Л.И. Литвиненко, Ю.П. Мамонтов, О.В. Иванова, А.И. Литвиненко, М.С. Чебанов. — Тюмень, 2000. — 58 с.
39. Малютин, В.С. История развития осетроводства/ В.С. Малютин// Рыбное хоз-во. — 1992. — № 2. — С. 33–38.
40. Мильштейн, В.В. Осетроводство / В.В. Мильштейн. — М.,1982. — 154 с.
41. Морузи, И.В. Гидрохимия: курс лекций / И.В. Морузи, Е.В. Пищенко, Л.В. Веснина, П.В. Белоусов. — Новосибирск: Новосиб. гос. аграр. ун-т, 2008. — 44 с.
42. ОСТ 15.372-87 Вода для рыбоводных хозяйств. Общие требования и нормы. — М., 1987. — 19 с.



43. Остроумова, И.Н. О потребности рыб в белке и ее особенности у личинок в связи с этапами развития пищеварительной системы / И.Н. Остроумова // Сб. научн. тр. ГосНИОРХ, 1983, 194. С. 3–19.

44. Подушка, С.Б. Проблемы икорно-товарного осетроводства / С.Б. Подушка // Аквакультура осетровых рыб: проблемы и перспективы: сборник статей Международной научно-практической конференции, Астрахань, 10–12 октября 2017 года. — Астрахань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Астраханский государственный университет», 2017. — С. 20–23.

45. Поляков, Г.Д. Пособие по гидрохимии для рыбоводов. — М.: Пищепромиздат, 1958. — 88 с.

46. Попова, А.А. Инструкция по кормлению молоди осетровых гранулированным комбикормом (СТ-07) / А.А. Попова, А.П. Сливка, В.Н. Шевченко, Т.А. Ноякшева. — Астрахань, 1986. — 69 с.

47. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб / И.Ф. Правдин. — М.: Пищ. пром-сть, 1966. — 250 с.

48. Руднева, И.И. Артемия. Перспективы использования в народном хозяйстве / И.И. Руднева; отв. ред. Л.С. Овен; АН УССР. Ин-т биол. юж. морей им. А.О. Ковалевского. — Киев: Наукова думка, 1991. — 144 с.

49. Сергиенко, Л.Л. Использование декапсулированных яиц в стартовом кормлении личинок сиговых / Л.Л. Сергиенко, Л.В. Кугаевская // Рыбное хозяйство. — 1987. — №9. — С. 38–40.

50. Складов, В.Я. Кормление рыб / В.Я. Складов, Е.А. Гамыгин, Л.П. Рыжков. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. — 119 с.

51. Соловов, В.П. Жаброног артемия: история и перспективы использования ресурсов: монография / В.П. Соловов, М.А. Подуровский, Т.Л. Ясюченя. — Барнаул: Алт. полиграф. комбинат, 2001. — 144 с.

52. Спекторова, Л.В. Живые корма для рыб и беспозвоночных / Л.В. Спекторова. — М.: Агропромиздат, 1990. — 144 с.

53. Спекторова, Л.В. Обзор зарубежного опыта разведения артемии для использования ее в аквакультуре / Л.В. Спекторова. — М.: ВНИРО, 1984. — 63 с.

54. Студеникина, Т.Л. Биологические особенности рачка *Artemia salina* (L.) соленых озер юга Западной Сибири / Т.Л. Студеникина: автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Новосибирск, 1986. — 17 с.

55. Судакова, Н.В. Сравнительная эффективность продуктов микробного синтеза в составе стартовых комбикормов для молоди осетровых рыб: автореферат дис. ... кандидата биологических наук: 03.00.10 — Ихтиология — ВНИИ пресноводного рыбного хоз-ва. — Москва, 1998. — 26 с.

56. Чебанов, М.С. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб / М.С. Чебанов, Е.В. Галич // Технические доклады ФАО по рыбному хозяйству и аквакультуре. — Анкара, ФАО, 2011. — № 558. — 297 с.

57. Чебанов, М.С. Руководство по разведению и выращиванию осетровых рыб / М.С. Чебанов, Е.В. Галич, Ю.Н. Чмырь // М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации. — Москва: Росинформагротех, 2004. — 136 с. — ISBN 5736304994.

58. Чепуркина, М.А. Использование метода обогащения науплиусов артемии в осетроводстве / М.А. Чепуркина, Е.А. Гилева, М. Прусиньска, Р. Кольман // Вестник рыбохозяйственной науки, 2014. — Т.1. — №4. — С. 78–90.

59. Шмакова, З.И. Современное состояние и перспективы использования артемии в аквакультуре / З.И. Шмакова // Тез. докл. междунар. науч.-исслед. семинара «Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование» / под ред. А.И. Литвиненко, Ж. Ван Стаппена. — Тюмень: СибрыбНИИпроект, 2002. — С. 129–142.

60. Шмальгаузен, О.И. Развитие пищеварительной системы осетровых / О.И. Шмальгаузен // В кн.: Морфо-экологические исследования развития рыб. — М.: Наука, 1968. С. 40–70.

61. Щербина, М.А. Практика кормления карповых и осетровых рыб в хозяйствах различных типов (монография) / М.А. Щербина, И.Н. Остроумова, Н.В. Судакова — М.: Изд-во ВНИРО, 2008. — 161 с.

62. Эльхетави, А. Особенности выращивания русского осетра от массы 0,3 г до тридцатиграммовой молоди в бассейнах системы замкнутого водоснабжения / А. Эльхетави, Л.М. Васильева, А.З. Анохина, Н.В. Судакова // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2018. Серия: Рыбное хозяйство. — № 3. — doi: 10.24143/2073-5529-2018-3-89-95.

63. Asem, A. The genus *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Branchiopoda). I. True and false taxonomical descriptions / A. Asem, N.P. Rastegar, R. Escalante P. De Los // Lat. Am. J. Aquat. Res. — 2010. — Vol. 38. — №3. — P. 501–506.

64. Bronzi, P. Sturgeon meat and caviar production: Global update 2017 / P. Bronzi, M. Chebanov, J.T. Michaels, Q. Wei, H. Rosenthal & J. Gessner Journal of Applied Ichthyology, 2019. — 35(1). — P. 257–266. — doi:10.1111/jai.13870.

65. Gilchrist, B.M. Growth and form of the brine shrimp *Artemia salina* (L.) / B.M. Gilchrist // Proc. Zool. Soc. Ind. — 1960. — Vol. 134. — №2. — P. 221–235.

66. Giovannini, G. Growth of hatchery produced juveniles of the Italian sturgeon *Acipenser naccarii*, Bonaparte, reared intensively in fresh water / G. Giovannini, L. Colombo, P. Bronzi, G. Arlati // in «Acipenser» P. Williot, (Ed) Cemagref publ., 1991. — P. 401–404.

67. Lim, L.C. Use of decapsulated *Artemia* cysts in ornamental fish culture / L.C. Lim, Y.L. Cho, P. Dhert, C.C. Wong, H. Nelis, P. Sorgeloos // Aquaculture Research, 2002. — Vol. 33. — P. 575–589.

68. Manual on the production and use of live food for aquaculture / eds. Lavens P., Sorgeloos P. // FAO Fisheries Technical Paper. — №361. — Rome, FAO, 1996. — 295 p.

69. Nambu, Z. Influence of photoperiod and temperature on reproductive mode in the brine shrimp *Artemia franciscana* / Z. Nambu, S. Tanaka, F. Nambu // J. of experimental zoology, Part A — comparative experimental biology — 2004. — Vol. 301A. — P. 542–546.

70. Nambu, Z. Influence of temperature and darkness on embryonic diapause termination in dormant *Artemia* cysts that have never been desiccated / Z. Nambu, S. Tanaka, F. Nambu, M. Nakano // J. of experimental zoology. Part A — ecological genetics and physiology — 2008. — Vol. 309A. — P. 17–24.

71. Robbins, H.M. Diapause termination and development of encysted *Artemia* embryos: roles for nitric oxide and hydrogen peroxide / H.M. Robbins, G. Van Stapen, P. Sorgeloos, Y.Y. Sung, T.H. MacRae, P. Bossier // J. of experimental biology — 2010. — Vol. 213. — P. 1464–1470.

72. Sorgeloos, P. Aquaculture / P. Sorgeloos. — 1973. — №1. — P. 385–391.

73. Sorgeloos, P. The brine shrimp *Artemia salina*: A bottleneck in Mariculture / P. Sorgeloos // FAO Technical Conf. on Aquaculture, Kyoto, 1979. — P. 321–324.

74. Sudakova, N.V. New types of mixed feed for sturgeons / N.V. Sudakova, S.V. Ponomariov // Journal of Applied Ichthyology Vol 15: 348-349 Proceedings of the 3rd International Symposium on Sturgeons Piacenza, Italy, July 8–11, 1997. — doi.org/10.1111/j.1439-0426.1999.tb00380.x.

75. Sudakova, N.V. Sturgeon (Acipenseridae) artificial reproduction paradigm changeover under conditions of natural stock deficit of sturgeon in the Volga-Caspian basin (review) / N.V. Sudakova, E.V. Mikodina, L.M. Vasilyeva // Agricultural Biology, 2018. — V. 53. — Number 4. — pp. 698–711. — doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.698eng.

76. Varadi, L. The history, present research works, and potential of sturgeon culture in Hungary / L. Varadi, A. Rónyal // Booklet of abstracts: 3 International sympos. on sturgeon, Piacenza, Italy, July 8–11/1997. — P. 211–212.

77. Williot, P. Sturgeon farming in Western Europe: recent developments and perspectives / P. Williot, L. Sabeaub, J. Gessner et al. // Aquat. Living Resour. — 2001. — V. 14. — 363–374 p.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

