



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** «Выращивание русского осетра (Brandt, 1833) в установках  
замкнутого водоснабжения»

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

**Исполнитель** \_\_\_\_\_ **Назарова Полина Эдуардовна**

(подпись)

(фамилия, имя, отчество)

**Руководитель** \_\_\_\_\_ **Костецкая Г. А., к. п. н.**

(подпись)

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

**Заведующий кафедрой**

**Королькова С. В., к. т. н.**

—

(подпись)

(фамилия, имя, отчество)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 г.

Санкт-Петербург

## Содержание

Введение .....	4
1. Биологическая характеристика вида .....	6
1.1 Описание и систематика .....	7
1.2 Жизненный цикл и размножение .....	8
1.4 Ранние и критические стадии развития русского осётра .....	9
1.5 Паразиты и болезни.....	10
2. Описание УЗВ .....	13
2.1 Компоненты УЗВ.....	15
3. Описание технологических процессов и применяемого оборудования.....	20
3.1 Места и сроки заготовки производителей .....	20
3.2 Отлов и транспортировка производителей.....	20
3.2.1 Мечение диких производителей.....	21
3.2.2 Основные рыбоводные показатели диких производителей.....	21
3.3 Работа с производителями .....	22
3.3.1 Осенняя бонитировка.....	22
3.3.2 Зимовка производителей.....	23
3.3.3 Весенняя бонитировка .....	24
3.3.4 Преднерестовое выдерживание производителей .....	26
3.3.5 Гормональная стимуляция нереста .....	27
3.4 Получение зрелых половых продуктов, осеменение и инкубация икры	29
3.4.1 Получение зрелых половых продуктов.....	29
3.4.2 Инкубация икры .....	32
3.5 Выращивание личинок и молоди .....	34

3.5.1 Выдерживание предличинок .....	34
3.5.2 Выращивание личинок.....	34
3.5.3 Кормление личинок живыми кормами .....	35
3.5.4 Особенности бассейнового подращивания личинок для последующего выращивания в прудах и выпуска в естественные водоёмы .....	37
3.5.5 Выращивание молоди в бассейнах для пополнения маточных стад	38
3.6 Прудовое выращивание молоди осетровых.....	39
3.7 Оценка состояния молоди, выращенной в заводских условиях .....	40
3.8 Выпуск молоди в естественные водоёмы .....	42
3.8.1 Перевозка молоди к местам выпуска .....	43
3.9 Формирование ремонтно-маточных стад.....	44
4.Промысловый возврат.....	47
5. Календарный план работы рыбоводного завода .....	49
6. Рыбоводный расчёт .....	50
7. Рекомендации по улучшению предприятий .....	55
Заключение .....	56
Выводы .....	57
Список литературы .....	58

## Введение

Русский осётр — ценный представитель ихтиофауны, который имеет важное экономическое, экологическое и культурное значение. В последние десятилетия его естественные популяции столкнулись с катастрофическим сокращением численности. Это вызвано браконьерством, загрязнением водных экосистем, гидростроительством и изменениям климата. Русский осётр занесен в Красную книгу МСОП и имеет статус, как вид, находящийся на грани исчезновения. В связи с этим актуальность разработки эффективных методов его воспроизводства возрастает.

Традиционные методы выращивания осетровых, такие как прудовое хозяйство или садковые системы, имеют ограничения: зависимость от климатических условий, высокие риски вспышек заболеваний, негативное воздействие на окружающую среду. Установки замкнутого водоснабжения (УЗВ) способны обеспечивать полный контроль параметров водной среды, это способствует оптимизации технических процессов рыбы и минимизации вреда для экологии. Технологии УЗВ эффективны в мировой аквакультуре, показывая до 40% повышение выживаемости молоди и сокращение сроков выращивания на 15–20% по сравнению с открытыми системами.

Актуальность работы заключается в определении оптимальных режимов эксплуатации УЗВ для русского осетра, включая комбинации температурных, кислородных и кормовых параметров,

Целью данной работы является комплексное исследование возможностей выращивания русского осетра в УЗВ с разработкой рекомендаций по оптимизации технологических процессов.

### Задачи:

1. Изучить биологические характеристики вида.
2. Дать оценку эффективности технологии УЗВ.
3. Описать схему работы УЗВ
4. Провести рыбоводный расчёт и расчёт оборудования
5. Сформулировать рекомендации для предприятий аквакультуры.

Объектом исследования является установки замкнутого водоснабжения, предмет исследования – процесс воспроизводства русского осетра.

Работа состоит из 55 страниц, 10 рисунков, 20 литературных источников

## 1. Биологическая характеристика вида

Русский осётр— бентосоядный вид. Рацион рыбы зависит от биотопа, в основном состоит из моллюсков, полихет, ракообразных личинок хирономид и мелких рыб. Молодь питается хирономидами, бокоплавами и другими мелкими беспозвоночными. Осётры, которые идут на нерест, практически не питаются (ходовой), а покатные особи питаются очень слабо. [2]

На нерестилищах икра русского осетра поедается стерлядью и пескарями. Личинки и молодь, которые идут вниз по течению, выедаются сельдью и молодью белуги [13].

Длина рыб достигает 2,2–2,4 м и 65–115 кг веса. Средняя длина самок – 153см, масса от 14 до 28 кг; самцов – 133см, масса от 6 до 15 кг. Продолжительности жизни около 35 лет.

Русский осётр обитает в Чёрном, Азовском и Каспийском морях, совершая сезонные миграции в пресноводные реки для нереста. Основным нерестовым водоёмом является Волга, включая её крупные притоки: Шексна, Ока, Ветлуга, Кама и др. (Рис. 1) [2]



Рис. 1- Ареал обитания русского осетра.

На рисунке знаком + обозначены точки археологических находок русского осетра.

## 1.1 Описание и систематика

Русский осётр – один из наиболее многочисленных представителей рода *Acipenser*.

Надцарство: Эукариоты (Eukaryota) 1925, 1937/1938, Chadeffaud, 1960

Царство: Животные (Animalia) Linnaeus, 1758

Подцарство: Многоклеточные (Metazoa) Butschili, 1910

Раздел: Билатеральные (Bilateria) Hatschek, 1888

Подраздел: Вторичноротые (Deuterostomia) Grobben, 1908

Тип: Хордовые (Chordata) Bateson, 1885

Подтип: Черепные (Vertebrata) Lankester, 1877

Надкласс: Рыбы (Pisces) Huxley, 1880

Класс: Лучеперые рыбы (Actinopterygii) Klein, 1885

Подкласс: Хрящекостные рыбы (Ganodei) Müller, 1844

Отряд: Осетрообразные (Acipenseriformes)

Семейство: Осетровые (Acipenseridae) Bonaparte, 1831

Род: Осетры (*Acipenser*) Linnaeus, 1857

Вид: Осётр русский (*Acipenser gueldenstaedtii*) Brandt, 1869

Длинное тело, жаберные перепонки плотно прирастают к межжаберному промежутку, формируя единую структуру без выраженной складки в нижней части. Данная анатомическая черта отличает русского осетра от других представителей осетровых, у которых наблюдается свободная складчатость мембран. Короткое, закругленное рыло. Нижняя губа разделена промежутком (прервана). Усики лишены бахромок, не достигают рта. Тело покрыто звездчатыми пластинками, иногда между жучками разбросаны мелкие костные пластинки. Окраска русского осетра: спинная область—серо-коричневая, бока — серо-жёлтые, брюшная часть — светлая. (Рис. 2)[11]



Рис. 2- Русский осётр (*Acipenser gueldenstaedtii*).

## 1.2 Жизненный цикл и размножение

Жизненный цикл русского осетра включает в себя 3 основных периода: нагул, зимовка и нерест.

Интенсивный рост у русского осетра наблюдается в возрасте 10-18 лет. В этот период особи способны преодолевать большие расстояния в поиске пищи. К началу полового созревания рыбы мигрируют к устьям рек, после чего начинают анадромное движение вверх по течению к нерестилищам. Миграция может происходить как одиночно, так и в составе небольших групп.

Русский осётр подразделяется на две экологические расы, которые различаются по срокам нереста:

- яровая (нерест в апреле-июне, пик миграционной активности – июль-август);
- озимая (заходит в реки в июле-августе, размножается не сразу, ждет до следующего года, это связано с адаптацией к температурным условиям). [16]

Самцы достигают половой зрелости раньше (12–16 лет), чем самки (15–20 лет). Температура воды для нереста русского осетра должна быть 10–16 °С. Плодовитость самок — 210 тыс.шт. икринок, но высокая элиминация на ранних стадиях развития компенсируется многократным нерестом в течение жизни.

Благоприятным температурным режимом для осетра в летний период считается 20–22 °С, при рН среды 6,6–9,0, а содержание кислорода должно быть 6–7 мг/л.

Нерестящиеся особи двигаются вверх по течению реки, выбирая места

с галечно-каменистым грунтом и высокой скоростью течения (часто перекаты). Для того, чтобы икринки не сносило течением, они имеют липкую оболочку, которая обеспечивает прикрепление к грунту, а также частичное погружение в межкаменные промежутки или обволакивание песком снижает риск сноса течением. [16]

#### 1.4 Ранние и критические стадии развития русского осётра

Критические стадии рыбы характеризуются повышенной уязвимостью молоди. Данные периоды совпадают с ключевыми этапами формирования организма, включая развитие его органов и систем. В это время в клетках происходят перестройки, которые запускают процессы дифференцировки — разделения клеточных функций и специализации тканей. [14]

В процессе эмбриогенеза рыб выделяют критические периоды, которые связаны с морфофизиологическими преобразованиями. Наибольшая чувствительность к внешним факторам наблюдается в первые 36 часов после оплодотворения, любые воздействия на икру способны привести к нарушению в развитии зародыша (Рис.3 Оплодотворенное яйцо: а – вид сбоку, б – вид сверху. Необходимо обеспечить стабильные условия инкубации икры, исключив механическое перемещение. Далее наступает период, который называется стадией «глазка», которая определяется по появлению пигментированных глазков эмбриона. Данная стадия занимает до 50% общей продолжительности инкубационного периода, продолжаясь практически до вылупления личинки. В это время можно производить транспортировки и перемещения икринок, что объясняется завершением основных процессов органогенеза, это повышает устойчивость эмбрионов к стресс – факторам. [14]

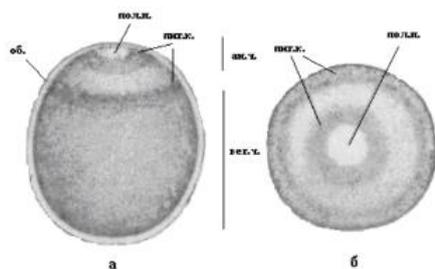


Рис.3 Оплодотворенное яйцо: а – вид сбоку, б – вид сверху.

Повышение устойчивости зародышей к экзогенным воздействиям можно наблюдать через 150 суток, это примерно 6 суток, после оплодотворения. Это взаимосвязано с активизацией адаптационных процессов на клеточном уровне. Для того, чтобы избежать смертность эмбрионов, необходимо поддерживать температуру близкой к 5 °С, это объясняется термочувствительностью гистогенеза. По истечению указанного времени в 6 суток икринки становятся более устойчивыми как к температурным колебаниям, так и к механическим воздействиям. Даже минимальные механические воздействия способны повредить бластомеры, так как на последней стадии обрастания она может сразу же погибнуть, изменив свой цвет на белесый (Рис. 4- Период средней бластулы (этап гастрюляции) [14])

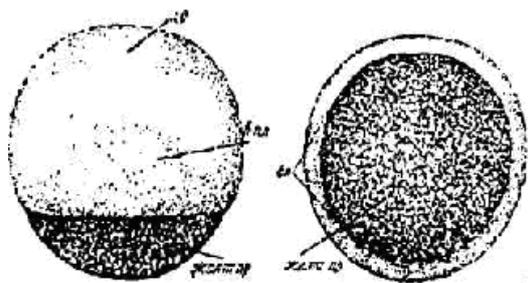


Рис. 4- Период средней бластулы (этап гастрюляции).

### 1.5 Паразиты и болезни

Осетровые подвержены большому количеству заболеваний, которые представляют угрозу для популяций. Патологии рыб провоцируют массовую гибель особей, сокращают запасы в водоёмах и наносят экономический ущерб аквакультуре. В условиях УЗВ сохраняется риск возникновения заболеваний, это требует пристального внимания к профилактическим мерам. К числу ключевых факторов следует отнести превышение оптимальных показателей плотности посадки особей, что в сочетании с накоплением органических загрязнителей в бассейнах и фильтрах, приводит к изменениям гидрохимического режима воды. Указанные процессы усугубляются низкой интенсивностью водного обмена, которые приводят к неблагоприятной эпизоотической ситуации в искусственных экосистемах.

У осетровых выделяют инфекционные (вирусные, бактериальные и грибковые), инвазионные и незаразные заболевания. Пути передачи включают контакт между особями, воду и оборудование рыбоводных комплексов. Основным источником возбудителей инфекций, являются производители из естественных водоёмов. Особи старшего возраста чаще всего являются носителями вируса, клинические проявления возникают при температуре 9–23 °С, пик активности наблюдается при 17–19 °С. Наиболее значимым патогенном является вирус белого осетра (WSIV), отнесённый Международным эпизоотическим бюро (ОИЕ) к категории опасных заболеваний. В последние годы случаи заражения WSIV зафиксированы у русского осетра и других видов. Эффективные методы лечения вирусных инфекций на данный момент отсутствуют.[17]

Условно-патогенные микроорганизмы — это обширная группа микробов, которые способны сосуществовать с макроорганизмом и не носить ему вреда. *Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas sp*, *Flavobacterium aquatica*, *Pleistomonas shigelloides*, *Plesiomonas sp*— при ослаблении иммунитета рыб или ухудшении гидрохимических параметров среды способны вызвать острые инфекционные процессы в латентной и острой форме. В УЗВ наиболее распространены:

- миксобактериоз — карантинное и особо опасное болезнь рыб. Вызывается бактериями родов *Flexibacter*, *Cytophaga* и *Sporocytophaga*. Характеризуется кровоизлияниями на теле, некрозом жаберных лепестков и плавников, высокой смертностью молоди.

- бактериальная геморрагическая септицемия (BHS) — провоцируется бактериями рода *Aeromonas*, часто в ассоциации с *Bacillus* и *Micrococcus*. Сопровождается точечными кровоизлияниями, анемией жабр, экзофтальмией, летальность достигает до 70%. [3]

Для борьбы с бактериозами применяют антибиотики (тетрациклин, окситетрациклин), дезинфектанты (хлорамин Б, перекись водорода) и оптимизацию условий содержания.

Стресс-факторы (травмы, резкие изменения среды) способствуют развитию сапролегниоза, вызываемого грибами порядка Saprolegniales. Клинически проявляется в виде белого ватообразного налёта на коже и жабрах. В рыбоводном комплексе «Кагальник» в 2005 году успешная обработка метиленовым синим позволила локализовать вспышку заболевания. [4]

В УЗВ паразитофауна осетровых редуцирована, однако сохраняется риск заражения простейшими (*Trichodina spp*, *Ichthyophthirius multifiliis*), моногенеями (*Diclidophora spp*) и ракообразными (*Ergasilus sieboldi*). Специфичными для осетровых являются *Polypodium hydriforme* и *Diclybothrium armatum*. Прямой цикл развития паразитов (без промежуточных хозяев) облегчает передачу через воду, от рыбы к рыбе, рыбоводное оборудование. Профилактика включает контроль качества воды, исключение контакта с инфицированными особями и использование сбалансированных кормов.

Некачественные корма (замороженные, живые или хранящиеся в ненадлежащих условиях) служат источником патогенов, включая микотоксины. Дефицит микроэлементов в рационе повышает восприимчивость рыб к заболеваниям. [7]

Таким образом, поддержание стабильных условий среды, своевременная диагностика и комплексная профилактика являются ключевыми аспектами минимизации рисков заболеваний в системах УЗВ.

## 2. Описание УЗВ

Установка замкнутого водоснабжения (УЗВ)— это система, где вода циркулируется по замкнутому кругу, многократно очищаясь и повторно используясь. Для русского осетра УЗВ обеспечивает стабильные условия, максимально приближённые к естественным, что критично для его роста и здоровья. Основной цикл рециркуляции включает (Рис. 5— Изображение принципа УЗВ:

- механическую фильтрацию – вода из рыбоводных бассейнов поступает в фильтры, удаляющие взвешенные частицы (остатки корма, экскременты);
- биологическую фильтрацию – специальные бактерии в биофильтрах преобразуют токсичные соединения (аммиак, нитриты) в безопасные нитраты;
- аэрацию и оксигенацию – вода насыщается кислородом через компрессоры и оксигенаторы;
- возврат очищенной воды – очищенная и обогащённая кислородом вода подаётся обратно в бассейны.

Дополнительные элементы системы:

- УФ–стерилизация или озонирование для дезинфекции;
- теплообменники для контроля температуры;
- системы денитрофикации для снижения концентрации нитратов.

[20]

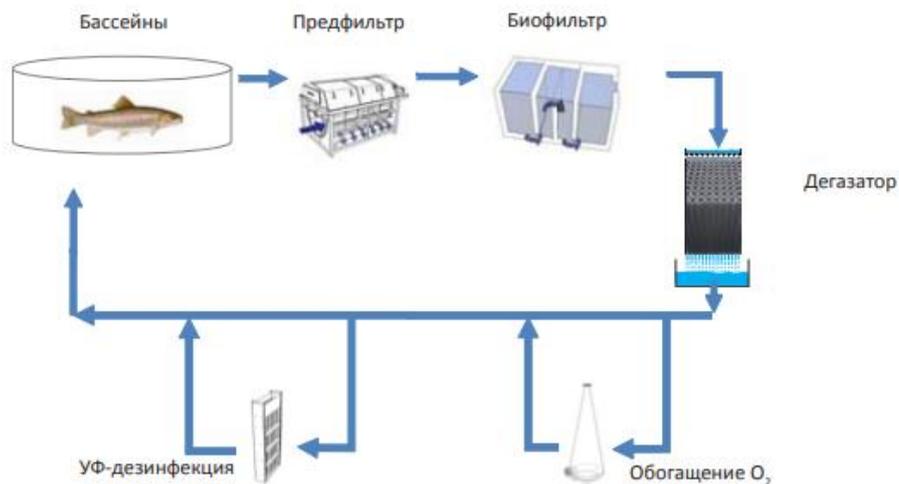


Рис. 5– Изображение принципа УЗВ [20]

В УЗВ рекомендуется использовать сухие корма. Гранулированные корма сбалансированы по составу (белки, жиры, углеводы) и адаптированы под этапы развития рыбы (стартовые, производственные корма). Преимуществами таких кормов являются минимизация загрязнения воды и снижения риска занесения патогенов (в отличие от сорной рыбы или живых кормов). Кормление проводится малыми порциями 4–6 раз в сутки. Нормы кормления рассчитываются исходя из массы рыбы и кормового коэффициента (КК). [20]

Корм съедается рыбами, переваривается и используется ими на обмен веществ, обеспечивая энергию и питательные вещества для роста и других физиологических процессов. Кислород потребляется для метаболизма, углекислый газ и аммиак выделяются через жабры, а не переваренные остатки пищи превращаются в органические отходы. Для УЗВ важно использовать корма с высоким кормовым коэффициентом, так как снижается нагрузка на фильтрацию, а не съеденный корм увеличивает затраты и загрязнение системы. [12]

Корма должны содержать высокий уровень усвояемых протеинов (45–50%), витамины С и Е для укрепления иммунитета, минимальное количество фосфора и азота для снижения выбросов аммиака. Существуют корма для любого этапа развития рыбы: стартовые – мелкодисперсные крупки для молоди, производственные – высокоэнергетические смеси для товарной рыбы,

для маточного стада – обогащены жирными кислотами и микроэлементами. Контроль кормления осуществляется с помощью автоматических кормушек для дозирования порций и регулярный мониторинг поведения рыб и остатков корма. [20]

Основными источниками загрязнения УЗВ являются: аммиак ( $\text{NH}_3$ ), углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) и взвешенные вещества (экскременты и остатки корма). Для снижения к минимуму выделения этих отходов применяется использование кормов с низким содержанием балластных веществ, и регулярная очистка и замена воды на 10–15%.

## 2.1 Компоненты УЗВ

### Рыбоводные бассейны.

Бассейны в УЗВ должны соответствовать биологическим потребностям выращиваемых видов рыб. Для осетровых важна площадь дна, глубина и скорость течения могут быть минимальными.

Типы бассейнов и их особенности:

- Круглые и многоугольные бассейны. Преимущества: естественное круговое течение обеспечивает быстрое удаление частиц, равномерное распределение кислорода по всему объему, прочность конструкции, подходит для крупных объектов. Недостатком является высокие затраты на строительство из-за большой занимаемой площади.

- Прямоугольные бассейны. Преимущества: экономия пространства и простота монтажа. Недостатки: отсутствие естественного течения: самоочищение зависит от активности рыб, неравномерное распределение кислорода (максимум у водозабора, минимум у водостока).

- Овальные бассейны. Совмещают гидравлические преимущества круглых бассейнов и компактность прямоугольных. На практике применяются редко из-за сложности монтажа и управления. [20]

Распределение кислорода:

- в прямоугольных бассейнах возникает градиент: оксиметр устанавливают у водостока – зоны с минимальной концентрацией. Задержка корректировки уровня кислорода достигает 1 часа, что вызывает колебания.

- В круглых бассейнах кислород равномерно перемешивается, что упрощает регулировку его уровня. [20]

Конструкция водостока для удаления отходов оснащается решётками с регулируемым размером ячеек для улавливания частиц, а также должна обеспечивать простоту удаления погибших рыб.

Для осетровых видов рыб лучше выбирать прямоугольный бассейн с увеличенной площадью дна.

## Механическая фильтрация

Механическая фильтрация — ключевой этап очистки воды в УЗВ, направленный на удаление органических отходов (остатков корма, экскрементов, взвешенных частиц). Этот метод основан на снижении нагрузки на биофильтр, повышении прозрачности воды, улучшения условий для нитрификации.

Устройство и принцип работы барабанного фильтра:

Барабанный фильтр — наиболее распространённый тип микросит, используемых в УЗВ. Его конструкция включает фильтрованную ткань с размером пор 40–100 мкм, что позволяет эффективно задерживать мелкие частицы.

Этап работы:

1. Подача воды: вода из рыбоводных бассейнов поступает внутрь вращающегося барабана.
2. Фильтрация: жидкость проходит через фильтрованную ткань под действием перепада уровней воды внутри и снаружи барабана.
3. Накопление отходов: твёрдые частицы остаются на поверхности ткани и перемещаются в зону промывки за счёт вращения барабана.
4. Обратная промывка: форсунки, расположенные с внешней стороны, распыляют воду, смывая загрязнения в шламовый поддон.
5. Удаление шлама: органические отходы выводятся из системы самотёком для дальнейшей утилизации. [20]

Биологический фильтр — обеспечивает естественную переработку токсичных продуктов жизнедеятельности рыб. Его основная функция — создание условий для жизнедеятельности нитрифицирующих бактерий, которые преобразуют аммиак и нитриты в менее вредные нитраты, поддерживая экологический баланс искусственной экосистемы. [16]

Биофильтр представляет собой каскад последовательно соединённых резервуаров, заполненных инертным субстратом. В качестве наполнителя используются: керамические кольца, полимерная крошка, гравий или

природные ткани. Материалы подбираются исходя из их химической нейтральности, устойчивости к воде и способности удерживать биоплёнку микроорганизмов.

Принцип действия:

1. Колонизация бактерий: на поверхности субстрата формируется биоплёнка, состоящая из нитрифицирующих бактерий родов *Nitrosomonas* и *Nitrobacter*.

2. Окисление аммиака: *Nitrosomonas* преобразуют аммиак ( $\text{NH}_3$ ) в нитриты ( $\text{NO}_2^-$ ). *Nitrobacter* окисляют нитриты до  $\text{NO}_3^-$ .

3. Циркуляция воды: вода, насыщенная органическими отходами, последовательно проходит через слои субстрата, обеспечивая бактериям постоянный доступ к питательным веществам. [20]

Промежуточный бак выполняет две ключевые задачи в системе УЗВ: компенсация потерь воды и корректировка гидрохимических параметров. В установках для осетровых рыб еженедельно заменяют 5–10% воды для предотвращения накопления нитратов. Также в бак вводятся реагенты для регулирования рН, солёности и жёсткости.

Центробежный насос обеспечивает циркуляцию воды в системе. Его функции: создание напора и интеграция с аэрационными системами.

Установка насыщения кислородом. В системах УЗВ повышенная плотность посадки гидробионтов, включая русского осётра, приводит к резкому увеличению потребления кислорода. При концентрации рыбы свыше  $20 \text{ кг/м}^3$  стандартной аэрации становится недостаточно для поддержания жизненно важного уровня растворённого кислорода (7–9 кг/л).

Принцип работы:

1. Подача кислорода: газ подаётся под давлением, создавая микропузырьки, которые быстро растворяются в воде.

2. Контроль параметров: датчики кислорода в режиме реального времени регулирует подачу газа, поддерживая заданный уровень. [20]

Обеззараживание — для поддержания биобезопасности в УЗВ применяется двухэтапная система дезинфекции, сочетающее физические и химические методы обработки воды. Данный подход направлен на минимизацию риска распространения патогенных микроорганизмов, угрожающих здоровью гидробионтов

1. Первичная обработка УФ: вода проходит через модуль с УФ-лучами, которые повреждают ДНК и РНК бактерий, вирусов, простейших, блокируя их репликацию.

2. Вторичная обработка озоном ( $O_3$ ): озон, мощный окислитель, вводится в воду в контролируемых дозах. Механизм действия— разрушение клеточных мембран микроорганизмов и окисление органических загрязнений.[20]

Терморегуляция и оксигенация.

В УЗВ вода в процессе фильтрации теряет тепло, что требует её последующего подогрева до значений, оптимальных для конкретных видов гидробионтов. Для русского осётра температурный диапазон составляет 18–22 °С. Параллельно с терморегуляцией осуществляется оксигенация — насыщение воды кислородом до уровня 7–9 мг/л, что критически важно для поддержания метаболических процессов у рыб. [16]

Влияние параметров среды на физиологию рыб

1. Температура воды: определяет скорость обмена веществ: повышение на 1 °С ускоряет метаболизм на 10%, стимулируя рост. Контролируется теплообменниками, интегрированными в систему циркуляции.

2. Концентрация кислорода: достаточное насыщение  $O_2$  снижает энергозатраты рыб на дыхание, направляя ресурсы на рост и развитие. При дефиците кислорода (>5 мг/л) наблюдается стресс, снижение иммунитета и массовая гибель. [20]

Из всего выше сказанного, можно сделать вывод, что слаженная работа всех узлов установки замкнутого водоснабжения позволяет не только

поддерживать жизненно важные параметры среды, но и максимизировать продуктивность выращивания, обеспечивая рентабельность рыбоводного хозяйства.

### 3. Описание технологических процессов и применяемого оборудования

#### 3.1 Места и сроки заготовки производителей

Первым этапом по заготовке производителей является проведение биотехнических расчётов, а именно определить сроки, когда максимальное количество производителей будет находиться в устьевой зоне реки. Учитываются две расы — озимую и яровую, для подсчета максимума производителей в одном месте. [16]

Отлов производителей производится в зависимости от гидрологических условий: в приустьевой зоне используются закидные невода, в предъустьевом участке моря — ставные орудия лова. Результаты расчётов свидетельствуют о том, что наиболее эффективным периодом для промысла является июль-август. В данные месяцы происходит пик миграции.

#### 3.2 Отлов и транспортировка производителей.

Поставленные невода регулярно проверяют на загрузенность пойманными производителями. После вылова рыбу транспортируют в рыбоводные водаки с помощью специального рукава (сачка). Эти ёмкости используют для дальнейшей доставки к живорыбным судам «прорези» (с многочисленными отверстиями) (Рис. 6- Живорыбное судно "прорезь". или к живорыбной машине. [16]



Рис. 6- Живорыбное судно "прорезь".[16]

Важным аспектом является ограничение по времени в зависимости от вида транспорта. Так, в живорыбных судах «прорезях» (с отверстиями для циркуляции воды) или других рыбоводных судах лимит времени – 24 часа, при наземной транспортировке живорыбными машинами время в пути ограничено 6 часами.

Также стоит отметить то, что контейнеры перед использованием необходимо тщательно промыть и продезинфицировать. Важно, чтобы их внутренние стенки были гладкими – это предотвращает травмы рыб. Выгрузку осетровых проводят с помощью крана или лебёдки, помещая рыбу в брезентовые ёмкости с водой. Это сохраняет её жизнеспособность во время перемещения. [16]

### 3.2.1 Мечение диких производителей

Особь, мигрирующие на нерест в разное время, отличаются между собой различной степенью зрелости половых продуктов, готовностью к гонадотропным инъекциям и различным запасом питательных веществ. Чтобы контролировать эти различия, необходимо маркировать рыб. Основным методом – мечение рыб внешними или внутренними метками. Также дополнительно можно использовать внешние метки (бирки, цветные метки). Для каждой особи нужно записывать: место отлова (река или море), сроки заготовки, группы миграции: ранний ход, середины (массовый ход) и конец анадромной миграции. Если эти данные не учитывать, возможны ошибки в подготовке рыб к нересту. Например, снизится количество созревших самок, а также увеличится гибель личинок и молоди после вылупления. Все метки и данные о времени и месте отлова должны быть занесены в журнал учёта. [16]

### 3.2.2 Основные рыбоводные показатели диких производителей

Производители, заготовленные в естественных водоёмах, имеют различия от «домашних» рыб по ряду основных рыбоводных показателей. Основные рыбоводные показатели диких производителей (при прижизненном получении икры) русского осётра:

- относительная плодовитость – 9,5–9,7 тыс. шт./кг;

- гамето-соматический индекс – 19,5–20,0 %;
- масса ооцита – 18,0–23,0 г;
- процент оплодотворения икры (на стадии большой желточной пробки) – 81,5–87,3.

Данные показывают, что работа с дикими производителями требует особого подхода, так как их репродуктивные характеристики напрямую влияют на эффективность искусственного разведения.

### 3.3 Работа с производителями

Подготовка производителей осетровых рыб к использованию в рыбоводстве разделяется на следующие этапы:

1. осенняя бонитировка или отбор производителей осеннего хода;
2. зимовка производителей;
3. весенняя бонитировка или отбор производителей весеннего хода;
4. предварительное тестирование производителей;
5. обеспечение соответствующих температурных режимов и сроков преднерестового выдерживания;
6. тестирование производителей перед инъекцией гормональных препаратов.

Эти меры повышают эффективность искусственного производства. [16]

#### 3.3.1 Осенняя бонитировка

Осенний отбор производителей осетровых рыб для возможного использования в искусственном воспроизводстве включает несколько этапов:

1. Критерии отбора:
  - Самки: отбирают особей с гонадами на III, III-IV и IV стадиях зрелости.
  - Самцы: подходят особи с гонадами на III-IV и IV стадиях.
2. Категории самок для маркировки:
  - Впервые созревающие особи.
  - Особи с гонадами на III и III-IV стадии зрелости.
  - Очень зрелых и слабо упитанных (после теплой зимы), которые

будут готовы к нересту раньше остальных.

3. Условия проведения бонитировки: проводят при снижении температуры воды до  $12^{\circ}\text{C}$ – в этот период рыбу перестают кормить, чтобы минимизировать стресс.

4. Методы оценки зрелости гонад

- Предпочтительный способ: неинвазивное УЗИ- обследование.
- Альтернативные методы (при отсутствии УЗИ): биопсия, хирургический забор образцов, эндоскопия. Эти методы требуют больше времени и способны травмировать рыбу, поэтому их используют в крайних случаях. [16]

### 3.3.2 Зимовка производителей

Зимовка – обязательный этап при работе с производителями осетровых, предусматривающий их содержание при температуре  $2-6^{\circ}\text{C}$  в течение 2-3 месяцев. Этот метод применяется как с отловленными в естественных водоемах в период осенней заготовки, так и при использовании рыб из маточного стада. Зарыбление зимовальных водоёмов начинают при среднесуточной температуре воды не выше  $8^{\circ}\text{C}$ .

Оптимальный диапазон содержания —  $4-5^{\circ}\text{C}$ , допустимы кратковременные колебания: повышение до  $7^{\circ}\text{C}$  и понижение до  $2^{\circ}\text{C}$ .

Важно обеспечить постоянный ток воды в зимовальном водоёме, чтобы уровень кислорода в воде поддерживалась на уровне 80-100% от насыщения. Это гарантирует рыбам достаточное количество кислорода для дыхания на протяжении всей зимы.

Для проведения зимовки используются садки куринского типа, длиной – 105 м и шириной – 17 м, или проточные бетонированные или земляные пруды площадью  $1000 - 4000 \text{ м}^2$ , разделённые сетчатыми перегородками для содержания рыб разного пола. В зимовальных водоёмах должна быть полная замена воды в течение 8–10 суток. [16]

Плотность производителей на зимовку зависит от вида рыб для– русского осётра –  $20-25 \text{ кг/м}^3$ . В период всей зимовки в водоёмах необходимо

поддерживать оптимальные водообмен и проточность, постоянно осуществлять контроль за санитарным (накопление взвесей и пр.) и гидрохимическим (содержание кислорода, окислов железа, аммиака, окисляемость, рН) режимами. Также, производить мониторинг поведения и состояние рыб. В период зимовки кормление полностью прекращается. Это способствует завершению созревания половых желёз и подготовке к нересту. Нарушение режима зимовки может привести к задержке созревания, снижению репродуктивной функции и повышению смертности.

При получении половых продуктов (икры и молок) в осенне-зимний период и ранней весной важно контролировать переход рыб на зимовальный режим и обратно. Для этого используют следующие рекомендации:

- переход в режим зимовальных температур должен производиться с постепенным снижением температур на 1–2 °С в сутки для самок, для самцов – 2–3 °С;
- рыб с кожными повреждениями следует содержать при температуре в 8–10 °С до полного заживления и только после этого понижать температуру;
- переход в нерестовый режим должен быть постепенным: плавное повышение температур не более 1,5 °С для самок и 2–3 °С для самцов с периодами содержания при постоянной температуре. [16]

### 3.3.3 Весенняя бонитировка

Если рыба содержится в условиях естественного температурного режима, оценку и отбор производителей проводят до повышения температуры воды до нерестовых значений. Для использования в нерестовой кампании выбирают только тех, чьи половые железы достигли IV стадии зрелости. [15]

Для самцов наиболее эффективен УЗИ-метод, позволяющий быстро и безопасно определить зрелость гонад. [15]

Самок, отобранных осенью, проверяют с помощью биопсии гонад. Готовность к нересту оценивают по коэффициенту поляризации ооцитов

(показатель распределения желтка в икринках) (Рис. 7- Ооциты с различными значениями коэффициента поляризации).



Рис. 7- Ооциты с различными значениями коэффициента поляризации. Где 1 – незревший ооцит, 2 – зрелый ооцит, 3 – перезревший ооцит.

В процессе бонитировки производителей проводят отбраковку самок, не соответствующих требованиям к репродуктивной готовности. К таким особям относят: самок, чьи половые железы не достигли IV зрелости после зимовки, и особей, у которых наблюдается рассасывание икринок, что указывает на патологии и стресс. Отбракованных рыб помещают в отдельные водоёмы для нагула. Это позволяет снизить конкуренцию за ресурсы среди готовых к нересту особей и восстановить физическое состояние отбракованных самок. [15]

Коэффициент поляризации (Кп) определяется по формуле:

$$K_{п} = \frac{l}{L}$$

где,  $l$  — расстояние от анимального полюса до верхнего края ядра (зародышевого пузырька), а  $L$  — наибольшее расстояние от анимального до вегетативного полюса.

Для эффективного распределения самок в нерестовой кампании их разделяют на группы, учитывая коэффициент поляризации – показатель, который отражает степень зрелости икринок.

Таблица 1- Группы самок по показателю коэффициента поляризации и рекомендации по их использованию

№	Коэффициент	Категории	Рекомендации по использованию
---	-------------	-----------	-------------------------------

	поляризации, $K_p$		
1	$<0,05$	Перезревшие	Отсаживаются на нагул
2	$0,05 \leq K_p < 0,10$	Зрелые 1	При достижении нерестовых температур немедленно инъецируются любым гормональным препаратом
3	$0,10 \leq K_p \leq 0,12$	Зрелые 2	При достижении нерестовых температур могут выдерживаться в течение 2–3 суток, анадромные виды рекомендуется инъецировать «GnRHа»
4	$0,12 < K_p \leq 0,15$	Бликие к созреванию	Инъекции проводятся после выдерживания в нерестовых температурах в течение 7–14 суток
5	$0,15 < K_p \leq 0,18$	Способные к созреванию	Выдерживаются при нерестовых температурах 20–40 суток перед инъекцией
6	$0,18 < K_p$	Незрелые	Отсаживаются на нагул

После разделения самок на группы составляется план дальнейших рыбоводных мероприятий.

Особенности работы с группами:

- группа 2 и 3 – самки из этих групп могут использоваться для получения икры без повторной биопсии, так как их репродуктивные параметры уже стабильны.

- группы 4 и 5 – для самок из этих групп проводят повторный анализ коэффициента поляризации. Если у особей 5-ой группы коэффициент не изменился после 14–21 суток выдерживания при нерестовой температуре, их признают незрелыми и переводят в нагульные водоёмы. [15]

### 3.3.4 Преднерестовое выдерживание производителей

Основным показателем для выбора режима преднерестового выдерживания зрелых самок служит коэффициент поляризации ( $K_p$ ), его получают при биопсии гонад. При  $K_p \leq 0,09$  самки готовы к нересту сразу при достижении нужной температуры воды, предварительное выдерживание не требуется. Если  $K_p$  выше, то применяют гормональную стимуляцию или продлевают период адаптации.

В работе с самцами главной задачей является сохранить их репродуктивные качества. Как правило, самцы готовы к нересту уже при кратковременном выдерживании при нерестовых температурах, поэтому оптимальным режимом является содержание при пониженных температурах до начала нерестовой кампании. Если самцы будут длительно содержаться при нерестовых температурах, то это может привести к перезреванию.

На заводах Каспийского и Азовского регионов самок диких осетров проверяют по физиологическим показателям. Это особенно важно для рыб, отловленных в разные периоды нерестового хода, так как их репродуктивные параметры сильно варьируются. [16]

Исследование физиологического состояния производителей позволяет с помощью гематологического анализа определить готовность рыб к нересту и оценить адаптивную функцию жирового обмена на последних стадиях репродуктивного цикла.

Для диагностики использовалось прижизненное определение биохимических показателей крови производителей, которое показывает содержание резервного жира в мышцах, что напрямую влияет на успешность искусственного оплодотворения.

Чтобы улучшить репродуктивные показатели для диких самок, предложен метод инъекций витаминов С и Е в период преднерестовой подготовки. Это позволяет: ускорить созревание икры, повысить плодовитость, улучшить синхронность нереста и увеличить процент оплодотворения икры. [16]

Нарушение режимов выдерживания приводит к потерям в потомстве. Индивидуальный подход к оценке зрелости и применение витаминных препаратов помогают снизить риски и повысить эффективность рыбоводства.

### 3.3.5 Гормональная стимуляция нереста

Подготовку к гормональному стимулированию производителей начинают при температуре воды 14–18 °С — это оптимальный диапазон для последующей инкубации икры.

Для стимуляции созревания осетровых рыб, наиболее часто применяют следующие гонадотропные препараты:

- ацетонированный гипофиз осетровых рыб (АГП) — гормональный препарат из гипофизов осетровых рыб;
- ацетонированный гипофиз карповых рыб (АГП) — аналог из гипофизов карпов;
- глицериновая вытяжка гипофизов осетровых рыб (ГГП) — жидкая форма гормона;
- «сурфагон» (GnRH $\alpha$ ) — суперактивный аналог гонадотропинрелизинг- гормона млекопитающих.[16]

Количество гипофиза зависит от: температуры воды, масса и вида рыбы, пола (для самцов доза в 2 раза меньше, чем для самок) и активности препарата (измеряется в лягушачьих единицах). Инъекции делают в спинные мышцы между спинными жучками на уровне 3–5 спинной жучки. (Рис. 8– Гонадотропная инъекция (GnRH $\alpha$ ))



Рис. 8– Гонадотропная инъекция (GnRH $\alpha$ ). Фото из архива автора.

При гормональной стимуляции нереста гипофизарными препаратами следует отдавать предпочтение дробным инъекциям. Доля предварительной инъекции зависит от зрелости икры, которую оценивают по коэффициенту

поляризации, а общая доза препарата от – температуры воды и массы рыбы.

Превышение дозы препарата приводит к: остановке развития эмбрионов на поздних стадиях, появлению личинок с деформированным желточным мешком, а также к гибели молоди в течение 5 дней после вылупления.

Самцов инъецируют только один раз, доза препарата вдвое меньше, чем для самок, избыток гормонов может привести к снижению количества молок.

### 3.4 Получение зрелых половых продуктов, осеменение и инкубация икры

#### 3.4.1 Получение зрелых половых продуктов

Оптимальная температура воды для нереста производителей после гормональной стимуляции – 12–19 °С. Скорость созревания самок напрямую зависит от температуры: чем она выше, тем быстрее проходит овуляция.

Просмотр рыб начинают в соответствии с расчётным временем созревания первых самок. Небольших особей аккуратно сгибают вбок (литеральное направление) и оценивают степень овуляции по выделению овариальной жидкости или икры:

- рыб, которые выделяют струю икры, готовят к операции по сцеживанию;
- рыб, у которых появляется овариальная жидкость или единичные икринки, повторно проверяют через 1 час;
- рыба, у которой отсутствуют признаки созревания, повторно осматривают через 2–3 часа. [16]

У крупных особей периодически проводят пальпацию брюшка: мягкость указывает на зрелость. Для оценки степени овуляции крупных рыб лучше всего использовать метод УЗИ, который позволяет избежать возможных стрессов. Особи, не созревшие в расчётное время, отбраковываются (Рис. 9 – Проведение УЗИ-метода. Фото из архива автора.



Рис. 9– Проведение УЗИ-метода. Фото из архива автора

Сбор половых продуктов у самцов начинают после того, как у первых самок появляется обильная овариальная жидкость с единичными икринками. В случае обнаружения самок, которые готовы к отбору икры, сначала получают икру, затем сперму. [16]

На сливных трубах устанавливают мелкие сита, для того, чтобы улавливать овулировавшие икринки, это упрощает контроль над созреванием. Для снижения стрессового воздействия в ночное время используется красный свет с длиной волны 6680 нм, так как осетровые его не воспринимают.

Из-за дефицита, заготовленных в естественных водоёмах, производителей и сложностей формирования маточных стад применяют прижизненное получение икры у самок осетровых рыб.

В последние годы наиболее эффективным способом отбора овулировавшей икры является метод надрезания яйцеводов с последующим сцеживанием икры, являющийся наименее травматичным для рыб (Рис. 10– Сцеживание икры русского осетра после надрезания яйцевода. Фото из архива автора). Преимуществами данного способа являются: не требуется зашивания ран, минимальный стресс для рыб и возможность повторного использования самок. [16]



Рис. 10–Сцеживание икры русского осетра после надрезания яйцевода. Фото из архива автора

Существует другой метод отбора овулировавшей икры — метод многократного сцеживания: икру из яйцеводов собирают небольшими порциями в течение 6–12 часов. За одно сцеживание можно получить до одного литра икры. Преимуществом является отсутствие операций, что снижает стресс для рыбы. Недостатки данного метода: трудоёмкость и длительность процесса, ухудшение качества икры к концу процедуры (поздние порции менее жизнеспособны), невозможность полного извлечения икры, не подходит для получения икры от крупных промышленных партий самок. [16]

Отбор спермы у крупных рыб производят с помощью уретрального катетера соединенного со шприцом Жане (Рис.11-Шприц Жане, а у мелких рыб – путем сгибания самцов, направляя струю эякулята в сухие чашки.

Преимуществами шприцами Жане являются: снижают риск загрязнения, позволяют точно отмерить нужный объём и не требуют переливания спермы в другие ёмкости. [16]



Рис.11-Шприц Жане [16]

Необходимо обеспечить гипотермическое хранение отобранной заранее спермы, её помещают в сухие полиэтиленовые пакеты или ёмкости, заполненные смесью кислорода и воздуха 1:1, или чистым кислородом, где оптимально хранится при температуре 0–0,5 °С.

Чтобы получить генетически-разнокачественное потомство осетровых рыб, икру, которую получили от одной самки, лучше всего разделять на 3–5 порций, осеменяя каждую порцию спермой одного самца.

Икру осетровых осеменяют полусухим «русским» способом: икру смешивают со спермой в минимальном количестве воды. Данный метод предотвращает полиспермию (проникновение нескольких сперматозоидов в одну икринку), которая возможна из-за множества микропиле в оболочке икринок осетровых. [16]

Обесклеивать икру можно традиционным способом: минеральным илом или тальком, но наиболее эффективным обесклеивателем является «голубая» или вулканическая глина. После процедуры икру необходимо промыть водой до полного удаления частиц обесклеивателя.

#### 3.4.2 Инкубация икры

Основным оборудованием для инкубации икры осетровых является аппарат «Осётр», который обеспечивает равномерное омывание икры водой и подъем её в толщу воды(Рис. 12-Двухсекторный инкубационный аппарат "Осётр")



Рис. 12-Двухсекторный инкубационный аппарат "Осетр"[16]

Инкубация икры происходит во взвешенном состоянии за счёт колебаний ящиков (вода подаётся через опрокидывающиеся ковши). После вылупления предличинки по сливным лоткам поступают в личинкоприемник. Инкубация икры в бесшумных аппаратах «Осетр» способствует большему выходу предличинок на 15–20% и повышает их выживаемость.

Учёт количества инкубируемой икры осуществляют при закладке в аппараты объёмным или весовым методом. Норма загрузки икры для русского осётра в аппарат «Осетр»: 130–150 тыс. икринок на один инкубационный ящик. [16]

Интенсивность потребления кислорода в процессе эмбрионального развития возрастает в 20–25 раз. Концентрация растворенного в воде кислорода – не менее 7,5 мг/л.

Для профилактики поражения икры сапролегниозом (микозное заболевание, вызванное грибами из порядка *Saprolegniales*) применяется ультрафиолетовая бактерицидная стерилизация, а также поддержание стабильной температуры и обработка противогрибковыми препаратами. [3]

Первичный подсчёт оплодотворённой икры проводится на стадии второго-третьего дробления (через 6–8 часов после осеменения). Икру в аппарате перемешивают, берут пробу 100–200 икринок, анализируют под биноклем или визуально, отделяя мертвые, неоплодотворённые, полиспермные икринки, а затем рассчитывают процент нормально развивающихся эмбрионов в общем количестве икринок в пробе. [16]

### 3.5 Выращивание личинок и молоди

#### 3.5.1 Выдерживание предличинок

Признаком начала вылупления считается появление в инкубационном аппарате единичных плавающих предличинок в инкубаторе. Параметры предличинок осетровых при вылуплении: длина — 10 – 12 мм и масса — 16 – 21 мг [16]

После вылупления предличинок переносят в круглые бассейны из бетона или пластика, площадью 2 – 4 м<sup>2</sup>.

Плотность посадки для русского осётра составляет 5000 шт/м<sup>2</sup>, при площади рыбоводных бассейнов 2 – 4 м<sup>3</sup>, при глубине воды в бассейне 20 см и содержании кислорода 7 – 9 мг/л, при расходе воды 8 – 9 л/мин.

На следующий день после посадки предличинок в бассейнах проводят отбор оболочек, мёртвой икры и особей с аномалиями развития. Используют резиновый сифон для аккуратного отсасывания мусора без повреждения личинок [16].

Оптимизация температурного режима в период инкубации ускоряет развитие предличинок осетровых рыб. Это обусловлено влиянием температуры: ускоряет рассасывание желточного мешка, роста и развитие предличинок. Если температура воды в инкубаторе превышает оптимальные значения, то резорбция желточного мешка происходит быстрее, но это может привести к недоразвитости органов [16].

#### 3.5.2 Выращивание личинок

Когда личинки перестают питаться за счёт желточного мешка и переходят на экзогенное питание, это означает переход от предличинок к личиночной стадии. В этот период происходят следующие ключевые изменения: ускоряется обмен веществ, возрастает потребность в кислороде, меняются темпы роста и выживаемости осетровых. Сигналом к началу первого кормления является появление меланиновых пробок. Физические параметры личинок русского осётра: длина – 18 – 23 мм, масса – 40 – 46 мг.

Своевременное внесение корма обязательно, иначе задержка может

привести к агрессии и каннибализму личинок и массовой гибели из-за стресса и травм. Вносят корм в небольших порциях сразу после активации жаберного дыхания. Это стимулирует переход на экзогенное питание, повышает выживаемость личинок и ускоряет их рост [16].

Сроки перехода на экзогенное питание зависят от температуры воды. (Таблица 2- Продолжительность развития предличинок русского осётра до перехода на экзогенное питание в зависимости от температуры воды)

Таблица 2- Продолжительность развития предличинок русского осётра до перехода на экзогенное питание в зависимости от температуры воды

Температура, °С	Продолжительность, сутки
12	20
13	18
15	12
17	9,5
19	8
21	7,5

После перехода на активное питание необходимо увеличить расход воды до 30 л/мин для удаления остатков корма и метаболитов и поддержания уровня кислорода не ниже 7 мг/л. Также нужно контролировать стабильность температуры (допустимо отклонение +/- 1 °С) [16].

### 3.5.3 Кормление личинок живыми кормами

В первые дни после перехода на внешнее питание очень важно использовать живые корма, обеспечивающие высокую питательную ценность и стимулирующие пищевое поведение. К ним относятся: науплии артемии (*Artemia*), дафнии (*Daphniamagna*), моины (*Moinamacrocopa*), веслоногие рачки (*Copepoda*), мелкие жаброногие Branchiopods (*Streptocephalustorvicornis*), коловратка (*Rotatoria*), личинки хирономид (*Chironomusplumosus*), гаммариды (*Gammaridae*), олигохеты *Oligochaeta* (белые черви *Enchitreusalbus*), трубочник (*Tubifextubifex*) и калифорнийский червь (*Eiseniafoetida*). Преимуществом живых кормов является: они содержат ферменты, облегчающие переваривание [12].

В первые дни после перехода на экзогенное питание, кормление

проводят при сниженном уровне воды в бассейне, так как это уменьшает энергозатраты молоди на поиски пищи и предотвращает вымывание корма потоком воды.

Суточная норма кормления рассчитывается в соответствии с планируемым приростом и кормовым коэффициентом используемых кормов (Таблица 3– Суточная норма внесения живых кормов). Например, при массе личинок 50г и кормовом коэффициенте 1,5 суточная норма составит 75г [1].

Таблица 3– Суточная норма внесения живых кормов

Вид живых кормов	Суточная норма кормления, % от массы личинок
Трубочники	30
Олигохеты	40–50
Артемии (науплии)	60
Дафнии, мoina	80

Трубочников и олигохет измельчают, смешивают с водой и распределяют по периметру бассейна 2–3 раза в сутки. Крупные организмы, например, дафнию вводят порционно, чтобы не допустить перенасыщения. Длительное кормление только живыми кормами целесообразно, если предусмотрено последующее подращивание молоди в прудах с последующим выпуском в естественные водоёмы [1].

Удаление ила, остатков корма и погибших личинок проводят перед каждым кормлением с помощью сифона. Важность ежедневной очистке заключается в том, что осетровые ориентируются на обоняние при поиске пищи. Загрязнение воды маскируют запах, снижая аппетит.

Продолжительность подращивания составляет 7–10 дней, в зависимости от температуры воды. В каждом бассейне погибшую молодь подвергают морфологическому анализу для выявления аномалий и корректировки питания [16].

### 3.5.4 Особенности бассейнового подращивания личинок для последующего выращивания в прудах и выпуска в естественные водоемы

При выращивании личинок осетровых в условиях рыбоводного завода большое значение имеет создание параметров среды, максимально приближенные к естественным, способствующие формированию у заводского потомства поведенческих норм и реакций. Целесообразнее использовать бассейны с внутренней поверхностью голубых, зелёных или серых оттенков, что способствует снижению стрессовых реакций у осетровых рыб [4].

Для оптимизации адаптационных характеристик выращиваемой молоди осетровых необходимо обеспечить:

- создание разнообразных сенсорных стимулов при минимальной плотности посадки, что минимизирует конкуренцию и позволяет развивать естественные поведенческие реакции;
- поддержание естественного фотопериода с повышенной интенсивностью освещения для активации метаболических процессов;
- внедрение суточных колебаний температуры в диапазоне 4–5 °С или формирование термоградиентных зон, что стимулирует энергообмен и повышает резистентность организма;
- комбинирование градиентов температуры, света и цвета для снижения энергозатрат на физиологические процессы, что увеличивает эффективность усвоения корма и ускоряет рост на 20–40%;
- применение монохроматического освещения (зелёный спектр продолжительностью до 16 часов), положительно влияющего на развитие молоди;
- создание контролируемых течений для тренировки мышечного аппарата и стимуляции нейронной активности;
- поддержание постоянного фонового шума для снижения стрессовой нагрузки;
- периодическое введение хищных видов в секционные зоны

бассейнов для выработки защитных реакций и улучшения выживаемости;

- включение в рацион разнообразных живых кормовых организмов;
- выращивание предличинок в воде целевого водоёма для формирования импринтинга, что критически важно при переходе к активному питанию;
- постепенное повышение солёности до 1–2‰ для подготовки к условиям эстуарных зон.

Осуществление данных подходов позволяет минимизировать отклонения между искусственными и природными условиями [4].

### 3.5.5 Выращивание молоди в бассейнах для пополнения маточных стад

При выращивании молоди для пополнения ремонтно-маточного стада важным аспектом является рациональное использование кормовых ресурсов. Живые корма используются только на начальных этапах перехода личинок на экзогенное питание, так как их длительное использование экономически нецелесообразно и затрудняет последующий переход рыб к искусственным кормам.

Корма для кормления молоди должны содержать 50–60% протеина и 9–16% жиров для обеспечения физиологических потребностей быстрорастущей молоди [16].

Суточные нормы кормления комбинированными кормами рассчитываются на 5–10 дней с учётом температуры воды, средней массы особи и их количества. Смена размера гранул проводится поэтапно: новые фракции вводятся в рацион путём смешивания с предыдущими для минимизации стресса [16].

На крупных предприятиях применяют небольшие автоматические кормораздатчики с централизованным управлением, обеспечивающие равномерное распределение корма в бассейны. После каждого кормления фиксируется количество съеденного корма для корректировки режима питания.

В процессе подращивания необходимо контролировать плотности посадки и размерную структуру молоди в каждом бассейне или лотке. По мере достижения молоди массы 0,2–0,3 г усиливается пищевая конкуренция, что требует регулярной сортировки особей (каждые 10 суток) на три размерные группы: крупную, среднюю и мелкую. Это процедура обеспечивает:

- повысить темпы роста;
- снижение размерной вариабельности;
- повышение эффективности усвоения корма за счёт равномерного доступа к пище;
- минимизацию травматизма, связанного с пищевой конкуренцией.

Своевременный переход на искусственные корма, автоматизация процессов и сортировка молоди позволяют оптимизировать затраты на выращивание и повысить выживаемость рыб, что важно для формирования жизнеспособного ремонтно-маточного стада [16].

### 3.6 Прудовое выращивание молоди осетровых

Выращивание молоди в земляных прудах представляет собой финальную стадию комбинированной технологии, используемой на осетровых заводах для подготовки рыб к выпуску в естественные водоёмы. Данный этап направлен на адаптацию молоди к естественным условиям и формирование у неё навыков самостоятельного питания.

Для выращивания молоди осетровых рыб используют пруды площадью 1 – 4 га, с соотношением сторон – 1:2 или 1:3, глубиной – 2,3 – 2,5 м, и с небольшим уклоном ложа. Дно прудов должно быть лишено высшей водной растительности. В пруды высаживают предварительно подращенную в бассейнах или лотках личинку массой 40–120 мг. Транспортировка осуществляется во флягах или специализированных ёмкостях с водой.

Этапы эксплуатации прудов включает следующие элементы:

- предсезонная подготовка;
- залитие прудов и формирование кормовой базы для молоди;

- зарыбление прудов и выращивание молоди [16].

Водоподающие и сбросные сооружения должны обеспечивать наполнение каждого пруда или слив воды в течение 1 – 2 суток. Экосистема прудов должна надёжно защищаться от проникновения посторонних видов, для этого используют сетчатые рыбозаградители. Важно поддерживать стабильный уровень воды для минимизации развития нитчатых водорослей.

Выращиваемая в прудах молодь в основном питается различными видами зоопланктона (чаще всего ветвистоусыми рачками *Cladocera*) и некоторыми бентосными организмами (главным образом, личинки *Chironomus* sp.). Формирование кормовой базы, позволяющее обеспечить пищевые потребности молоди необходимым количеством пищи, осуществляется путём внесения органических удобрений (подвяленная растительность) и минеральных добавок.

Для дополнительного обогащения экосистемы вносят кормовые дрожжи (10 кг/га), маточные культуры *Daphnia* (5–10 кг/га).

Помимо внесения удобрений, рекомендуется реализация комплекса мер, направленных на повышение биомассы кормовых организмов и реконструкцию их видового состава, включая:

- поэтапное залитие с параллельным внесением удобрений для создания устойчивой трофической цепи;
- регулярный мониторинг биомассы зоопланктона и бентоса;
- интродукция в пруды некто-бентоносных кормовых организмов (гаммариды: *Gammarus pulex*, *Pontogammarus robustoides*, *Dikerogammarus haemobaphes*, *Niphargoides maeoticus*; и мизиды: *Paramysis lacustris*, *Pullskyi*) [16].

### 3.7 Оценка состояния молоди, выращенной в заводских условиях

Таблица 4–Физиологические показатели жизнеспособной стандартной искусственно выращенной молоди русского осетра

Индекс	Русский осётр
Возраст, сут	40–50

Длина, см	7–10
Вес, г	2,2–3,9

Нейрофармакологическая оценка жизнестойкости молоди рыб представляет собой прижизненный способ экспресс-диагностики устойчивости молоди осетровых к стрессирующим абиотическим факторам. Его ключевое преимущество заключается в технологической простоте, что позволяет применять методику в промышленных условиях при массовом выпуске молоди в естественные водоёмы или формировании ремонтно-маточного стада [16].

В основе метода лежит определение времени наркотизации рыб под воздействием анестетика, приводящего к потере равновесия и прекращению двигательной активности. Установлено, что особи с повышенной резистентностью к нейротропным препаратам демонстрируют: улучшенную адаптацию к экстремальным температурам (до 32 °С) и солёности (12‰), повышенную толерантность к гипоксии, а также оптимизированный уровень метаболизма.

Анализ поведенческих реакций молоди в процессе анестезии выявил три последовательные фазы:

- кратковременное усиление двигательной активности с последующим нарушением координации;
- снижение спонтанных движений, утрата рефлекса равновесия;
- остановка дыхания и полное обездвиживание.

При перемещении рыб в чистую воду восстановление функций происходит в обратном порядке.

Методика сочетает неинвазивность, скорость выполнения (15–20 минут) и возможность массового применения, что делает её перспективным инструментом для: отбора наиболее жизнестойких особей в репродуктивные группы и прогнозирования успешности адаптации молоди после выпуска в природные биотопа [16].

### 3.8 Выпуск молоди в естественные водоёмы

Осетровые рыбы характеризуются длительным нерестовым периодом, наличием сезонных форм нерестовых мигрантов и продолжительный скат молоди в море. Исторически, до антропогенной трансформации речных экосистем, разновозрастная молодь различных сезонных форм скатывалась в экстуарные зоны и прибрежные морские акватории в различные сезоны, что минимизировало трофическую конкуренцию и оптимизировало использование кормовой базы.

На основе анализа сезонной динамики кормовых ресурсов в реках, эстуариях и прибрежных биотопах, а также мониторинга выживаемости молоди, разработана комплексная программа по выпуску осетровых. Оно включает в себя: адаптацию сроков выпуска к биологическим ритмам конкретных видов, синхронизацию получения потомства с периодами максимальной доступности зоопланктона и бентоса, выпускразноразмерной и разновозрастной молоди в зависимости от сезона выпуска и водности года. Преимуществами растянутого во времени выпуска разноразмерной и разновозрастной молоди будут: повышение выживаемости за счёт оптимального распределения ресурсов, рациональное использование кормовых организмов в реках, их устьях и прибрежной зоне, а также сохранение генетического разнообразия формируемых популяций. Выпуск разрешается исключительно после подтверждения эпизоотического благополучия партий молоди.

Определение количества молоди, выпускаемой осетровыми заводами, производится сплошным (весовым, объемным, поштучным) и бонитировочным методами [16].

Выпуск молоди осуществляется в заранее выбранные места, которые соответствуют биологическим потребностям русского осётра. Критерии выбора локаций для выпуска:

- соответствие биомассы кормовых организмов (бентос, зоопланктон) плотности посадки молоди;

- равномерное распределение глубин для предотвращения скопления особей на ограниченных участках;
- наличие умеренных течений.

Оптимизация процесса выпуска молоди в реки или приустьевые участки моря должен быть рассредоточен по площади и во времени, с учетом размеров основных кормовых организмов, отсутствия большого числа хищников, вредителей молоди и подводной растительности.

Солеустойчивость молоди является критическим параметром при планировании выпуска в естественные водоёмы. Исследования различных размерно-возрастных групп рыб позволяют определять оптимальные сроки и места выпуска и формировать видоспецифичные схемы поэтапной адаптации молоди, выращенной на осетровых заводах, к различной солёности.

В естественных условиях скатывающаяся молодь осетровых постепенно мигрирует из пресноводных участков в зоны повышенной солёности, что сопровождается морфофункциональной перестройкой:

- усиление экскреции избытка одновалентных ионов через активацию хлоридных клеток жаберного эпителия;
- повышение секреции кортизола и гормонов щитовидной железы, моделирующих осмотический гомеостаз [16].

### 3.8.1 Перевозка молоди к местам выпуска

Для обеспечения жизнеспособности молоди в процессе транспортировки к местам выпуска используются специализированные транспортные средства. Параметры плотности посадки варьируют в зависимости от: габарита транспорта, размерно-возрастных характеристик молоди и продолжительности перевозки.

График работ формируется с учётом биоритмических особенностей вида: приоритетное проведение выпуска в ночные часы для минимизации стресса от светового воздействия, исключение периода пиковых температур. Для транспортировки молоди на дальние расстояния целесообразно использование специальных судов, которые оборудованы системами

контроля за температурно-кислородным режимом [16].

Снижение рисков массовой гибели молоди обеспечивается за счёт выпуска небольшими партиями, на участках, где скорость течения воды меньше, чем крейсерская скорость молоди, исключая зоны с высокой концентрацией хищников. Постепенное рассеивание позволяет минимизировать внутривидовую конкуренцию за пищевые ресурсы и увеличить площадь освоения кормовой базы по сравнению с точечным выпуском [16].

### 3.9 Формирование ремонтно-маточных стад

Маточные стада могут создаваться различными способами, используя как метод одомашнивания диких производителей или неполовозрелых особей, так и полный цикл выращивания от икры до сеголеток/двухлеток.

При формировании маточных стад необходимо обеспечить репрезентативность разнообразия, соответствующего природной популяции, а также минимизацию дрейфа генов за счёт включения неродственных линий [16].

Для снижения эффекта доместикации (адаптации к искусственным условиям содержания) следует избегать всех видов отбора, обеспечивая минимально возможную плотность посадки рыб на всех этапах выращивания. При пополнении маточного стада желательно использовать равное число самок и самцов и отбирать от каждой из самок равное количество икры. Для снижения уровня инбредной депрессии искусственно-воспроизводимых популяций, неизбежного при использовании в воспроизводстве одомашненных маточных стад необходимо использовать комплекс мер:

- подбор родительских пар осуществлять только на основании данных молекулярно-генетического анализа, обеспечивая сохранение редких генотипов;
- производить подбор разновозрастных самок и самцов;
- использовать самок и самцов, заготовленных в разных участках и

в разные сроки нерестового хода. При использовании домашних самок, их рационально скрещивать с дикими самцами, а в случае острой нехватки самцов – наоборот;

- при малом количестве самок, уровень гетерогенности потомства может быть существенно увеличен факториальным скрещиванием. При этом икру одной самки разделяют на равные части и осеменяют спермой двух – четырёх самцов, а также сперму одного самца используют для осеменения икру от двух-трех самок [16].

Диких производителей, прошедших генетическое тестирование и отбор половых продуктов, рекомендуется выпускать в природную среду, за исключением носителей редких аллелей, отсутствующих в маточном стаде. Скрещивание производителей для сохранения редких генотипов следует проводить строго индивидуально с последующим отдельным выращиванием потомства.

Оптимальная возрастная структура и численность ремонтно-маточного стада определяется на основе:

- репродуктивных видовых особенностей осетровых рыб, из которых формируется маточное стадо, и числа внутривидовых групп;
- возраста наступления половой зрелости и продолжительности межнерестовых интервалов;
- фактических производственных мощностей воспроизводственного предприятия (на первом этапе формирования маточного стада) [16].

Критерии отбора рыб в маточное стадо:

- внутри генетически однородных групп, предпочтение следует отдавать особям с хорошими экстерьерными показателями, отсутствием аномалий и высоким качеством половых продуктов;
- в группе мальков, достигших массы 2 – 5 г, отбраковывают особей с различными аномалиями и истощенных.

Эффективная численность ремонтно-маточного стада определяется

числом скрещивающихся особей. В целях снижения числа идентичных по происхождению особей необходимо обеспечивать равный вклад самок и самцов в каждую последующую генерацию [16].

#### 4. Промысловый возврат

Выживаемость рыб на разных этапах развития неодинаково. Высокая смертность наблюдается в ранний период жизни, когда молодь наиболее уязвима к воздействию биотических и абиотических факторов среды. По мере роста и достижения половой зрелости уровень смертности снижается, достигая минимальных значений у взрослых особей [18].

Промысловый возврат — один из важных показателей эффективности работы РЗ, отражающий долю выпущенной в водоёмы молоди, которая выживает, достигает промысловых размеров и пополняет промысловое стадо. Коэффициент промыслового возврата — отношение количества рыбы в промысловом возврате к исходному количеству рыбопосадочного материала. Важно подчеркнуть, что промысловый возврат не тождественен биологическому выживанию, так как учитывает только ту часть популяции, которая фактически изымается промыслом [18].

В статье Г.Ф. Зыкова приводится оценка промыслового возврата русского осетра в Каспийском море. Результаты показали, что при выпуске 1 млн. молоди, периодичностью нереста 3 года и 50% изъятия производителей, промысловый возврат составил 19,86 тыс. экз. (0,205 тыс. т), коэффициент возврата — 1,98%. Условная популяция достигала численности 2299,7 тыс. экз. и биомассы 3,496 тыс.т, при этом естественная смертность (980,1 тыс.экз) значительно превышала промысловую (19,86 тыс. экз) [6].

Факторы, которые повлияли на результаты:

- периодичность нереста — увеличение интервала между нерестами с 1 до 5 лет снижало биомассу возврата с 0,247 до 0,164 тыс.т. из-за сокращения доли участвующих в размножении особей.
- степень промыслового изъятия — рост коэффициента изъятия с 10% до 90% повышал промысловый возврат в 4,2 раза (с 0,078 до 0,236 тыс. т.), но сокращал биомассу популяции на 35,5% [6].

Выводы, которые можно определить по результатам исследования авторов, следующие:

1. борьба с браконьерством. ННН-промысел остается главным лимитирующим фактором. Необходимо полностью запретить морское браконьерство, а также создать систему контроля численности молоди осетровых, которая выращивается на РЗ.

2. оптимизация искусственного воспроизводства: увеличение размеров, выпускаемой молоди, мониторинг роста, созревания и генетического разнообразия.

3. провести научные исследования, которые затронут оценку кормовой базы и продуктивности моря, а также разработку адаптивных моделей с учётом климатических и антропогенных изменений.

## 5. Календарный план работы рыбоводного завода

Таблица 5– Календарный план работы рыбоводного завода

Наименование работ	Месяцы																																						
	Сент.			Окт.			Нояб.			Дек.			Янв.			Февр.			Март			Апр.			Май			Июн.			Июл.			Авг.					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Заготовка производителей	■	■	■	■	■	■													■	■	■	■	■	■															
Выдерживание производителей		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■															
Инкубация икры																						■	■	■															
Выдерживание личинок																									■	■	■												
Подращивание личинок																									■	■	■												
Выращивание молоди																										■	■												
Выпуск молоди																																							
Текущие работы	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

## 6. Рыбоводный расчёт

Средний объем выпуска молоди русского осетра на предполагаемом заводе составляет 2,215 млн. экземпляров средней навеской 2,5 г. Дальнейший рыбоводный расчёт опирается на основные биотехнологические нормативы воспроизводства русского осётра, указанные в таблице (Таблица 6– Биотехнические показатели по выращиванию молоди русского осётра).

Количество икры, необходимое для проведения оплодотворения, рассчитывается по формуле

$$N_{\text{посад. мат.}} = K * (1000000 \times 100^i) / (S_{\text{трансп}} * S_{\text{выращ.}} \dots * S_i)$$

где:

$N_{\text{посад. мат.}}$  – количество икры, которое нужно получить для оплодотворения.

$K$  – планируемый объем выпуска посадочного материала, млн. шт.;

$S_i$  – выживаемость посадочного материала на этапе выращивания (например:  $S_{\text{трансп}}$  – выживаемость посадочного материала при транспортировке к месту выпуска,  $S_{\text{выращ.}}$  – выживаемость посадочного материала на этапе выращивания), %;

$i$  – количество этапов выращивания посадочного материала до выпуска (в данном случае их 5);

1 000 000 – множитель для приведения количества к 1 млн. шт. посадочного материала;

$100^i$  – множитель для перевода процентов в десятичные доли, возведенный в степень, соответствующую количеству этапов выращивания посадочного материала до выпуска [9].

С учётом среднего процента оплодотворения икры (80%), а также процентов выживаемости икры после инкубации (70%), выживаемости личинки после выдерживания (70%) и перехода на активное питание (70%) и выживаемости молоди после подращивания в бассейнах (50%), необходимо получить 16,1 млн. штук икры.

$$N_{\text{икры}} = 2,215 * (1\ 000\ 000 * 100^5 / 80 * 70 * 70 * 70 * 50) = 16\ 144\ 315 \text{ шт.}$$

Для подсчёта общей массы самок, необходимой для получения необходимого количества икры, используется формула

$$M_{\text{самок}} = N_{\text{посад. мат.}} / R$$

где:

$M_{\text{самок}}$  – общая масса самок, кг;

$N_{\text{посад. мат.}}$  – количество посадочного материала, которое необходимо получить для проведения оплодотворения, шт.;

$R$  – средняя относительная плодовитость самки, шт. посадочного материала/кг [Error! Reference source not found.].

$$M_{\text{самок}} = 16\,144\,315 / 7\,750 = 2\,083 \text{ кг}$$

Количество самок, соответствующее их общей массе, рассчитывается по формуле.

$$N_{\text{самок}} = M_{\text{самок}} / m_{\text{ср. самки}}$$

где:

$M_{\text{самок}}$  – общая масса самок, кг;

$m_{\text{ср. самки}}$  – средняя масса одной самки, кг.

$$N_{\text{самок}} = 2\,083 / 20 = 104 \text{ экземпляров.}$$

Количество самок, подлежащих вылову, рассчитывается по формуле:

$$N_{\text{самок вылов.}} = N_{\text{самок}} \cdot 100 / S_{\text{выдерж.}} \cdot 100 / S_{\text{созрев.}} \cdot 100 / S_{\text{добр.}},$$

где:

$N_{\text{самки вылов}}$  – количество самок, подлежащих добыче (вылову), шт.;

$N_{\text{самок}}$  – количество самок, соответствующее их общей массе, шт.;

$S_{\text{выдерж.}}$  – выживаемость производителей после длительного выдерживания, %;

$S_{\text{созрев.}}$  – доля производителей, созревших после инъекции, %;

$S_{\text{добр.}}$  – доля самок, отдавших доброкачественную икру от числа созревших [10].

$$N_{\text{самок вылов.}} = 104 \cdot 100 / 90 \cdot 100 / 80 \cdot 100 / 80 = 180 \text{ экземпляров.}$$

Общую массу самок, подлежащих отбору (вылову), рассчитывают по формуле:

$$M_{\text{самок вылов}} = N_{\text{самок}} * m_{\text{ср.самок}}$$

где:

$M_{\text{самок вылов}}$  – масса самок, подлежащих вылову, кг;

$N_{\text{самок}}$  – количество самок, подлежащих вылову, шт.;

$m_{\text{ср.самки}}$  – средняя масса одной самки, кг [10].

$$M_{\text{самок вылов}} = 180 * 20 = 3\ 600 \text{ кг.}$$

Количество самцов, подлежащих отбору, вычисляется на основе соотношения самки:самцы, требуемого для проведения оплодотворения:

$$N_{\text{самцов}} = N_{\text{самки вылов}} * Z,$$

где:

$N_{\text{самки вылов}}$  – количество самок, подлежащих вылову, шт.;

$Z$  – количество самцов, приходящееся на одну самку.

$$N_{\text{самцов}} = 180 * 1 = 180 \text{ экземпляра.}$$

Масса самцов подлежащих вылову рассчитывается по формуле

$$M_{\text{самцы вылов}} = N_{\text{самцов}} * m_{\text{ср.самца}},$$

где:

$M_{\text{самцы вылов}}$  – общая масса самцов, подлежащих вылову, кг;

$N_{\text{самцов}}$  – количество самцов, подлежащих вылову, шт.;

$m_{\text{ср.самца}}$  – средняя масса одного самца, кг [10].

$$M_{\text{самцы вылов}} = 180 * 10 = 1\ 800 \text{ кг.}$$

Таким образом, общая масса производителей русского осетра, подлежащих вылову, составляет 5400 кг. Обобщённые результаты рыбоводного расчёта представлены в таблице Таблица 6– Биотехнические показатели по выращиванию молоди русского осётра.

Таблица 6– Биотехнические показатели по выращиванию молоди русского осётра

Показатели	Единицы измерения	Значение
Соотношение полов	самки:самцы	1:1
Средняя m самок при вылове	кг	20
Средняя m самцов при вылове	кг	10
Средняя относительная плодовитость	тыс.шт/кг	7,75
Выживаемость производителей после длительного выдерживания	%	90
Доля производителей, созревших после инъекции	%	80
Доля самок, отдавших доброкачественную икру	%	80
Средний процент оплодотворения икры	%	80
Выживаемость посадочного материала	%	
Инкубация икры		70
Выдерживание личинок		70
Переход на активное питание		70

Подращивание молодежи в бассейнах		50
-----------------------------------	--	----

Таблица 7– Основные результаты рыбоводных расчётов

Планируемый выпуск (К)	2,215 млн. шт.
Количество икры, заложенной на инкубацию ( $N_{\text{икра}}$ )	16,1 млн. шт.
Количество самок, подлежащих вылову ( $N_{\text{вылов}}$ )	180 шт.
Масса самок, подлежащих вылову ( $M_{\text{самки вылов}}$ )	3600 кг
Количество самцов, подлежащих вылову ( $N_{\text{самцы}}$ )	180 шт.
Масса самцов, подлежащих вылову ( $M_{\text{самцы}}$ )	1800 кг

## 7. Рекомендации по улучшению предприятий

На данный момент современные УЗВ сталкиваются с рядом проблем:

- высокие энергозатраты: поддержание температуры воды (18–23 °С) требуют значительных ресурсов;
- сложности биологической очистки: низкая эффективность биофильтров с высокой загрузкой;
- дорогостоящие корма: высокая себестоимость специализированных искусственных кормов;
- стресс и заболеваемость: чувствительность осетровых к перепадам параметров воды [4]

Инновационные решения для оптимизации УЗВ:

- Усовершенствование систем фильтрации: многоступенчатая очистка (микросита с автоматической промывкой для удаления мелких частиц и биофильтры с керамическими носителями для увеличения площади для колонизации нитрифицирующих бактерий);
- Оптимизация кормовой базы: корма с пробиотиками (добавление *Bacillus subtilis* повышает усвояемость протеина на 15% и снижает заболеваемость;
- Автоматизация и цифровизация: датчики IoT смогут проводить мониторинг температуры, кислорода, pH и аммиака в реальном времени, системы ИИ помогут в прогнозировании нагрузок на биофильтры и автоматической корректировке параметров
- Энергоэффективность и терморегуляция: солнечные панели (интеграция в систему энергоснабжения для питания насосов и аэраторов), рекуперация тепла (утилизация тепла от биофильтров и насосов для подогрева воды).[1].

## Заключение

Дипломная работа была посвящена исследованию технологией выращивания русского осетра в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ), направленному на оптимизацию производственных процессов и повышение эффективности аквакультуры. УЗВ представляет возможность для создания контролируемых условий, критически важных для успешного выращивания ценного вида рыбы – русского осётра.

В ходе работы были проанализированы биологические и экологические требования вида, оптимизированы параметры среды содержания (температура, уровень кислорода, гидрохимический режим), а также разработаны рекомендации по кормлению и профилактике заболеваний. Использование кормов с повышенным содержанием белков и липидов способствует ускоренному росту молоди и повышению её выживаемости. Кроме того, внедрение методов поэтапной адаптации к условиям искусственного воспроизводства позволило минимизировать стрессовые нагрузки на рыбу, что особенно важно для сохранения генетического потенциала вида.

Перспективным направлением для дальнейших исследований остаются интеграция альтернативных источников энергии в УЗВ, совершенствование генетических линий осетра для условий интенсивной аквакультуры, а также анализ рынка сбыта продукции с учётом глобального спроса на чёрную икру и мясо осетровых.

Таким образом, дипломная работа подтверждает, что выращивание русского осетра в УЗВ является технологически и экономически обоснованным направлением. Оно сочетает в себе потенциал для коммерческой прибыли, сохранения биоразнообразия и минимизации экологического следа, что делает его стратегически важным для развития устойчивой аквакультуры в 21 веке.

## Выводы

В ходе работы:

1. Проведено изучение морфофизиологических особенностей русского осетра, включая его жизненный цикл, репродуктивного поведения и постэмбрионального развития. Внимание уделено критическим периодам онтогенеза, которые требуют особых условий при искусственном воспроизводстве.

2. Описана эффективность технологии УЗВ. Выращивание русского осетра в УЗВ доказало свою технологическую целесообразность. Система позволяет поддерживать стабильные параметры водной среды (температура 18-22 °С, содержание кислорода: 6–8 мг/л), что обеспечивает выживаемость молоди на уровне 85–90% и сокращает срок достижения товарной массы до 18–24 месяцев.

3. Описана схема УЗВ, включая инкубационные модули, бассейны для подращивания молоди и системы водподготовки. Описаны основные производственные этапы: от получения зрелых половых продуктов до выпуска сеголеток в естественную среду.

4. Разработан календарно-технологический график работы предприятия, синхронизированный с биологическими ритмами осетра.

5. Даны практические рекомендации по улучшению предприятий УЗВ.

## Список литературы

1. Бурцев И. А. Рекомендации по повышению эффективности искусственного воспроизводства осетровых видов рыб //Труды ВНИРО. – 2015. – Т. 153. – С. 165-174.
2. Власенко А. Д., Булгакова Т. И., Лепина И. Н. – История и состояние запасов осетровых (Acipenseridae) в Каспийском бассейне. – Вестник МГТУ. 2020. Т. 23, №2. С. 105-114.
3. Гайнетдинова, А. И. Заболевания осетровых при выращивании их в установках с замкнутым циклом водооборота / А. И. Гайнетдинова // Тинчуринские чтения : Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Том 2. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 58-61.
4. Гуркина О.А., Руднева О.Н., Рубанова М.Е. Выращивание рыбы в установках замкнутого водоснабжения: методические рекомендации для обучающихся направления подготовки «Водные биоресурсы и аквакультура»// Саратов: Саратовский источник, 2024. – 62 с.
5. Ежкова М. С., Абсатиров Г. Г., Какишев М. Г. КЛИНИКО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ ДИКЛИБОТРИОЗА ОСЕТРОВЫХ РЫБ, ЛЕЧЕНИЕ И ПРОФИЛАКТИКА //Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. НЭ Баумана. – 2018. – Т. 235. – №. 3. – С. 80-84.
6. Зыков Л. А., Зыкова Г. Ф., Абраменко М. И. Оценка промыслового возврата русского осетра Каспийского моря *Acipenser gueldenstaedtii* от молоди искусственного воспроизводства //Вопросы рыболовства. – 2013. – Т. 14. – №. 3. – С. 460-477.
7. Микулич, Е.Л. Ихтиопатология. Лечебные и профилактические препараты, применяемые в рыбоводстве Республики Беларусь : учебнометодическое пособие / Е. Л. Микулич. – Горки : БГСХА, 2020. – 124 с. : ил.

8. Панфилов, А. Н. Рыбоводно-биологическая характеристика объекта разведения — осетра русского (*Acipenser gueldenstaedtii*) / А. Н. Панфилов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2024. — № 19 (518). — С. 348-351.

9. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 30 января 2015 г. N 25 " от 30 января 2015 г. N 25 Об утверждении методики расчёте объема добычи (вылова) водных биологический ресурсов, необходимого для обеспечения сохранения водных биологических ресурсов и обеспечения деятельности рыбоводных хозяйств при осуществлении рыбоводства в целях аквакультуры (рыбоводства). (в ред. Приказа Минсельхоза РФ от 25.08.2015 N 377).

10. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 8 сентября 2011 г. N 912 "Об утверждении временных биотехнических показателей по разведению молоди (личинок), выращенной в учреждениях и на предприятиях, подведомственных Федеральному агентству по рыболовству, занимающихся искусственным воспроизводством водных биологических ресурсов в водных объектах рыбохозяйственного значения»

11. Распонов В. М., Сергеева Ю. В. Морфофизиологические особенности популяции русского осетра Волго-Каспийского бассейна// Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство.2016. №4

12. Рыжков Л. П., Кучко Т. Ю., Дзюбук И. М. Основы рыбоводства: Учебник. — СПб.: Издательство «Лань», 2011. — 528 с.: ил.

13. Садлер Д. А., Кокоза А. А., Загребина О. Н. Качественная оценка продукционных стад русского осетра в зависимости от условий содержания. – Сборн. Товарная аквакультура и искусственное воспроизводство рыб. – Астрахань, «Астраханский государственный университет», 2018. – 21 с.

14. Трифонова А. Н., Борисовская Е. Н., Закиян М. Х. Критические периоды в эмбриональном развитии осетровых рыб. – 1949.

15. Чебанов М.С.,Галич Е.В. Ультразвуковая диагностика остеровых рыб Краснодар, Просвящение – Юг, 2010. – 135с.

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

17. Чепурная А. Г., Сугралиева А. С. ЭПИЗООТОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И ПРОФИЛАКТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ОСЕТРОВЫХ РЫБ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСТАНОВКАХ С ЗАМКНУТЫМ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ //АКВАКУЛЬТУРА ОСЕТРОВЫХ РЫБ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ. – 2017. – С. 184-187.

18. Шибяев С. В. Формализация методики оценки промыслового возврата при искусственном воспроизводстве водных биоресурсов //Вопросы рыболовства. – 2018. – Т. 19. – №. 2. – С. 247-264.

19. Шипулин С. В. и др. Распределение и питание молоди русского осетра *acipenser gueldenstaedtii* (acipenseridae) в северо-западной части Каспийского моря //Вопросы рыболовства. – 2019. – Т. 20. – №. 3. – С. 326-338.

20. Брайнбалле Якоб. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. – Копангаген, 2010. – 74с. (иностранный источник)