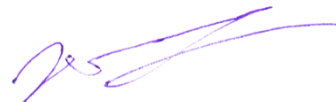


На правах рукописи



**ХРУСТАЛЕВ ЕВГЕНИЙ ИВАНОВИЧ**

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПАСТБИЩНОЙ И ИНДУСТРИАЛЬНОЙ  
АКВАКУЛЬТУРЫ В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

03.02.06 Ихтиология

**АВТОРЕФЕРАТ**  
на соискание учёной степени  
доктора биологических наук

Калининград – 2021

Работа выполнена на кафедре аквакультуры, биологии и болезней гидробионтов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калининградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «КГТУ»)

**Научный консультант** – доктор биологических наук, профессор **Микодина Екатерина Викторовна**

**Официальные оппоненты:**

**Пономарев Сергей Владимирович** – доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», кафедра «Аквакультура и рыболовство», профессор

**Магомаев Феликс Магомаевич** – доктор биологических наук, профессор, Заслуженный рыбовод РФ, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет», кафедра ихтиологии, профессор

**Новоселов Александр Павлович** – доктор биологических наук, Институт комплексных исследований Арктики (ФГБУН «ИКИА ФИЦКИА УрО РАН»), директор

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет»

Защита диссертации состоится 02.06.2021 г. в 11.00 на заседании диссертационного совета Д307.007.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калининградский государственный технический университет» по адресу: 236022, г. Калининград, Советский проспект, 1, зал заседаний совета (ауд. 255 / 256).

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет».

<http://www.klgtu.ru/science/diss/soviets/dissertatsii/>

e-mail: [olga.anohina@klgtu.ru](mailto:olga.anohina@klgtu.ru)

Автореферат разослан «27» февраля 2021 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат технических наук, доцент



Анохина Ольга Николаевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Развитие рыбного хозяйства на территории Калининградской области традиционно базировалось на освоении водных биологических ресурсов открытого океана, Балтийского моря и его заливов, что определяло развитие соответствующей хозяйственной инфраструктуры и особенности применяемых технологий. Однако в последние 25-30 лет в связи с резким сокращением океанического флота, потерей ряда продуктивных районов промысла объем вылова сократился более чем в четыре раза. Среднедушевой уровень потребления рыбы населением области снизился до 11-14 кг/год (Саускан, 2013).

Не менее разительные изменения произошли в структуре вылавливаемых объектов промысла в южной части Балтийского моря и двух его заливах (Куршском и Калининградском). Вылов российскими рыбаками угря сократился в Калининградском заливе в 15-30 раз, в Куршском в 120-150 раз, щуки в 5-10 раз, рыба в 10-15 раз. Практически исчез из уловов в Куршском заливе линь (среднегодовой вылов в 60-70-е годы составлял 12-15 т, в отдельные годы до 50 т) (Ивченко, 1985; Хрусталева и др., 2009).

С учетом анализа причин, вызвавших резкое сокращение численности популяций ценных видов рыб в рыбохозяйственных водоемах Калининградской области и целесообразности восстановления их роли как экономикообразующих объектов промысла очевидна необходимость организации их искусственного воспроизводства.

Индустриальную аквакультуру следует рассматривать как альтернативу рыболовству с позиции восполнения убыли рыбных ресурсов в рыбохозяйственных водоемах и увеличения, и улучшения количественной и качественной сторон питания населения региона, с учётом обоснованной для России и Евросоюза единой физиологически обоснованной нормы потребления живой рыбы 3-5 кг/год на душу населения.

**Степень разработанности темы исследований.** В регионе отсутствует сколь-нибудь масштабная практика искусственного воспроизводства ценных видов рыб и товарного рыбоводства. Вместе с тем восстановление промысловых запасов угря, рыба, щуки, линя в заливах Калининградской области, а также озере Виштынецком, основанное на использовании индустриальных методов разведения и выращивания посадочного материала, прежде всего, на базе установок замкнутого цикла водообеспечения (УЗВ), учитывающее временную структуру нерестового хода производителей, сроки выпуска молоди на пастбищный нагул, ожидаемый промысловый возврат, позволит существенно повысить эффективность рыбохозяйственной деятельности на промысловых водоёмах.

Практика индустриальной аквакультуры показывает, что она имеет перспективу ускоренного развития на основе индустриальных методов разведения и выращивания, прежде всего на базе УЗВ. Исследования в данном направлении аквакультуры проводились известными учеными: Э.В. Бубунец (2016), Л.Н. Васильева (2000), В.А. Власов (2005, 2013), А.В. Жигин (2009,

2011), А.Ю. Киселев (1997), С.В. Пономарев (2009, 2013), Ю.А. Привезенцев (2008), И.В. Проскуренко (2003), Е.В. Микодина (1997), В.И. Филатов (1991), J. Adamek (2005), J. Bovendeur (1984), J.E. Huguenin (2002), J. Colt (2002), M. Szkudlarek (2007), Z. Zakes (2005, 2009) M.B. Timmons (2010), J.M. Ebeling (2010).

Специфика создаваемых в УЗВ условий позволяет в наибольшей степени реализовать у рыб ростовую, адаптогенную и репродуктивную потенцию. При этом спектр выращиваемых рыб должен быть ориентирован на обеспечение потребностей в рыбе всех социальных групп населения.

Таким образом, изучение особенностей разведения и выращивания объектов пастбищной и индустриальной аквакультуры, преимущественно на базе УЗВ, создание новых технологий получения качественного посадочного материала и товарной рыбы актуально как с научной, так и практической точек зрения и имеет важное значение для региона.

**Цель исследований.** Целью настоящих исследований являлась разработка научно-практических основ для создания эффективных технологий пастбищной и индустриальной аквакультуры в Калининградской области.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

- оценить особенности раскрытия биологической потенции у рыб, объектов пастбищной аквакультуры;

- изучить адаптационные возможности молоди рыб, соответствующие особенностям условий выращивания;

- установить морфофизиологический, гематологический и иммунологический статус производителей и потомства различных видов рыб, объектов пастбищной аквакультуры;

- разработать новые технологии искусственного воспроизводства различных видов рыб – объектов пастбищной аквакультуры;

- рассчитать приемную емкость экосистем Куршского и Калининградского заливов, озера Выштынецкого в зарыбляемой молоди ценных видов рыб и оценить величину возможного промыслового возраста;

- обосновать производственный потенциал искусственного воспроизводства ценных видов рыб в бассейне Куршского и Калининградского заливов;

- оценить ростовую, адаптогенную и репродуктивную потенцию рыб – объектов товарного выращивания в УЗВ;

- разработать новые технологии товарного выращивания различных видов рыб в УЗВ;

- установить морфофизиологический, гематологический, иммунологический статус рыб, выращиваемых в УЗВ.

**Научная новизна работы.** Впервые дана комплексная оценка временной структуры нерестового хода производителей ценных промысловых видов рыб, обосновывающая оптимальные параметры биотехнического процесса их воспроизводства. Впервые установлен морфофизиологический, гематологический, иммунологический статус производителей рыб и их потомства, объектов пастбищной и индустриальной аквакультуры. Впервые

дана оценка адаптационным возможностям молоди рыб в условиях воздействия основных, лимитирующих их пастбищный нагул, абиотических факторов. Впервые проведено теоретическое обоснование расчета приемной емкости экосистем рыбохозяйственных водоемов во вселяемой на пастбищный нагул молоди рыб.

Впервые обоснованы многовариантные полицикличные технологические схемы выращивания посадочного материала и товарной рыбы в УЗВ. Впервые разработаны рыбоводно-биологические нормативы разведения и выращивания объектов пастбищной и индустриальной аквакультуры.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** В результате проведенных исследований разработаны теоретические и технологические принципы пастбищной и индустриальной аквакультуры. Впервые в истории на территории Калининградской области осуществлено введение в рыбохозяйственный оборот радужной форели, стерляди, клариевого сома, судака, угря, освоено искусственное воспроизводство щуки и линя. Разработаны технологии разведения и выращивания в УЗВ судака, канального сома и ремонтно-маточного поголовья радужной форели и её потомства. Разработанные рыбоводно-биологические обоснования искусственного воспроизводства и зарыбления рыбохозяйственных водоемов молодью угря, рыбака, щуки, линя, стерляди, в основу которых положены установленная приемная емкость и технологии разведения рыб, являются основой функционирования действующих и будущих производств, потенциал которых также обоснован в рамках настоящей работы. Полицикличные схемы выращивания посадочного материала и товарной рыбы в УЗВ положены в основу функционирования рентабельных производств.

Материалы диссертации вошли в ряд опубликованных монографий, учебников, рекомендаций, инструкций, технологий, рыбоводно-биологических обоснований, практических руководств для рыбоводных предприятий. Материалы исследований используются при чтении учебных курсов дисциплин по направлениям бакалаврской (35.03.08) и магистерской (35.04.07) подготовки (индустриальное рыбоводство, специальные методы выращивания рыб, товарное рыбоводство, товарное лососеводство, товарное осетроводство, выращивание гидробионтов в УЗВ, современные проблемы и перспективы развития аквакультуры, пастбищная аквакультура).

**Методология и методы исследований.** В исследованиях использованы методы, включающие анализ литературных данных посвященных оценке экологического состояния пастбищных водоёмов на территории Калининградской области и рыбных запасов, включая объекты изучения. Сделан анализ данных об адаптационных возможностях объектов исследований и продуктивных особенностях производителей и их потомства. Дана оценка техническим средствам и принципам эксплуатации УЗВ. Проанализированы особенности реализации у рыб в разных условиях ростовой, адаптогенной и репродуктивной потенции. Рассмотрены разные технологические схемы разведения и выращивания рыб. На основании экспериментальных и производственных работ разработаны технологии пастбищной и

индустриальной аквакультуры и рыбоводно-биологические нормативы разведения и выращивания рыб.

Морфофизиологические, гематологические, иммунологические исследования, относительный средне-суточный прирост, скорость массонакопления, продуктивные характеристики производителей и качество половых продуктов, контроль температурного, газового режима, величины водородного показателя, концентрации соединений азота, солёности, эффективности кормления проводили по общепринятым в рыбохозяйственной науке методикам (Правдин, 1966; Аксютин, 1968; Сакун, Буцкая, 1968; Лейс, Задоренко, 1973; Бабушкин, 1974; Первый этап ...,1978; Лакин,1980; Иванова,1983; Справочник...,1983; Гамыгин,1984; Гамыгин,Скляров,1987; Катасонов,1991; Купинский, 1998, 2005; Указания...,1999; Ройт,2000; Пономарёв, 2002; Серпунин, Савина,2005; Васильева, 2010).

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Новые технологические решения в пастбищной аквакультуре основаны на учете временной структуры нерестового хода производителей или завоза посадочного материала, методов управления созреванием производителей, создания оптимальных условий для выращивания посадочного материала и сроков его выпуска в рыбохозяйственные водоемы, соответствующих адаптационным возможностям молоди рыб.

2. Производственный потенциал пастбищной аквакультуры определяется выбором водоисточников, приемной емкостью экосистем рыбохозяйственных водоемов в зарыбляемом посадочном материале, его возрастными и размерно-весовыми кондициями, применяемыми технологиями разведения и выращивания.

3. Рыбоводно-биологические особенности объектов пастбищной и индустриальной аквакультуры, разработанные технологии их разведения и выращивания определяют перспективу развития региональной аквакультуры.

4. Полицикличные технологии выращивания посадочного материала и товарной рыбы в установках с замкнутым циклом водообеспечения позволяют получать максимальную величину рыбопродукции с заданными размерно-весовыми параметрами.

5. Морфофизиологический, гематологический и иммунологический статус рыб соответствует специфическим условиям содержания.

**Личный вклад автора** заключается в обосновании цели и задач исследований, достижении результатов, формировании выводов и подготовке публикаций. Результаты более чем 30-летних исследований принадлежат лично автору, а также получены при его научном и методическом руководстве и участии.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Основные положения диссертации были представлены на ученых советах ВНИИПРХ (1983-1985 гг.), научных конференциях профессорско-преподавательского состава КТИРПХ, ФГБОУ ВПО «КГТУ» в 1987-2001 гг., международных научных конференциях «Инновации в науке и образовании» (Калининград, 2002-2014 гг., Балтийский форум 2015-2019 гг.), Всесоюзном семинаре по интенсификации форелеводства

(Москва, 1987), III Всесоюзном совещании по новым объектам и новым технологиям рыбоводства на теплых водах (Москва, 1989), Всесоюзном совещании по рыбохозяйственному использованию теплых вод (Курчатов, 1990). Международной научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития аквакультуры в России» (Адлер, 2001). На IV международной научно-практической конференции «аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития» (Астрахань, 13-15 марта 2006 г.), научно-практической конференции «Результаты и перспективы акклиматизационных работ» (Клязьма, 2007), международной конференции «Виштитис-Форум» (Виштитис, Литва, 2009), Международных семинарах, учебных тренингах в рамках проекта ТАСИС №2007/138-583, Международном симпозиуме «Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата» (Астрахань, 2007), на международной конференции «Actual status and active protection of sturgeon fish populations endangered by extinction (Olsztyn 5-7 th march, 2008), 9th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food for consumer well-being” (Jelgava, 2014), 11th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food science and technology in a changing world” (Jelgava, 2017), Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 85-летию Татарского отделения ГОСНИОРХ (Казань, 24-29 октября 2016 г.), Международном научном форуме Южного научного центра Российской академии наук «Достижения академической науки на Юге России (Ростов-на-Дону, 2017). Результаты работы удостоены премии Калининградской области «ЭВРИКА» за 2015 г.

**Публикации по теме диссертации.** Опубликовано 74 печатные работы теоретического и практического плана, в том числе: 5 статей из базы данных Web of Science, 45 статей в изданиях из перечня ВАК Минобрнауки России, в 7 материалах международных научных конференций, 4 монографиях и 12 патентах.

**Объем и структура работы.** Диссертация изложена на 533 страницах, в числе которых 73 таблицы и 79 рисунков. Состоит из введения, 9 глав, заключения и выводов, списка использованных источников из 568 работ, включая 73 иностранных, 8 приложений, в числе которых 71 таблица и 75 рисунков.

## **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования и эксперименты, охватывающие период с 1977 по 2016 гг. проводились на базе пастбищных водоёмов и рыбоводных систем, конструктивные особенности которых учитывали биологические и биотехнические особенности объектов изучения.

Объектами исследований послужили щука, рыбец, линь, угорь, стерлядь, канальный и клариевый сом, судак, радужная форель. Изучению были подвергнуты «дикие» производители, их половые продукты и потомство, сформированные в УЗВ ремонтно-маточные стада, икра, сперма, предличинки, личинки, молодь, сеголетки, годовики (посадочный материал) и товарная рыба.

Работы были выполнены в садковом хозяйстве «Прибрежное», лаборатории индустриального рыбоводства Калининградского технического

института рыбной промышленности и хозяйства (КТИРПиХ), учебно-опытном хозяйстве (УОХ), лаборатории кафедры аквакультуры, мобильной рыбоводной лаборатории (МРЛ) Калининградского государственного технического университета (КГТУ), инкубационном цехе рыбколхоза им.Матросова, установках с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ) ООО ТПК «Балтптицепром» и ООО «КМП АКВА», УЗВ польских предприятий «WASSER FISH» и «AKVA PRIME».

Во всех вариантах экспериментов и исследованиях на водоемах температуру воды, содержание растворенного в воде кислорода измеряли по стандартным методикам.

Содержание аммония, нитритов и нитратов, величину водородного показателя (рН) определяли с помощью модульной лаборатории для определения качества воды «НКВ-2» и рН-метра «Экотест-2000».

Возраст производителей щуки, линя, рыба определяли по количеству годовых колец на чешуе по общепринятой методике (Правдин, 1966).

Продуктивные качества производителей щуки, линя, рыба, канального и клариевого сомов, судака, стерляди, радужной форели определяли по диаметру икринок, рабочей и относительной рабочей плодовитости, объему эякулята, времени подвижности сперматозоидов, в соответствии с общепринятыми методами исследований (Правдин, 1966, Савостьянова, 1969, 1974, Бабушкин, 1972, 1974). Кормление молоди, ремонтного поголовья и производителей проводили отечественными и зарубежными стартовыми, производственными и репродукционными кормами, основываясь на известных методиках (Гамыгин, 1984, Гамыгин, Скляр, 1987, Е. Adamek, 2005), суточные дозы корма уточняли с учетом величины кормового коэффициента.

Степень зрелости гонад определяли визуально по шестибальной шкале (Сакун, Буцкая, 1968).

Оценку скорости роста рыб и скорости массонакопления проводили на основе расчета относительного среднесуточного прироста (С%) и коэффициента массонакопления (Км) (Правдин, 1966, Резников и др., 1978, Купинский, 2007)

Для оценки физиологического состояния производителей рыб и их потомства использовали метод морфофизиологических индикаторов С.С. Шварца (1968). Определяли индексы сердца, мозга, печени, почки, селезенки, кожи, жабр. У производителей также определяли величину гонадосоматического индекса.

Кровь у производителей и потомства брали из хвостовой вены. Концентрацию гемоглобина определяли унифицированным гемоглобинцианидным методом на спектроме при зеленом светофильтре.

Концентрацию эритроцитов определяли под микроскопом в камере Горяева (Справочник..., 1983).

Мазки крови фиксировали и окрашивали по Паппенгейму в киевском аппарате для массовой окраски мазков с использованием красителя-фиксатора Мая-Грюнвальда и рабочего красителя Гимзы-Романовского (Серпунин, Савина, 2005).



Концентрацию лейкоцитов (Л) определяли косвенным методом на 500 эритроцитов, концентрацию общего белка в сыворотке крови (ОБС) – по коэффициенту преломления сыворотки, который измеряли на рефрактометре.

Подсчет лейкоцитарной формулы крови производили на сухих мазках, используя микроскоп «Микмед» и иммерсионный объектив. На каждом мазке подсчитывали 200 лейкоцитов по общепринятой методике, используя классификацию клеток крови рыб (Иванова, 1983).

В качестве иммунологических параметров были исследованы начальная и конечная концентрация лизоцима, концентрация гамма-глобулинов, фагоцитарный индекс Гамбургера, фагоцитарное число Ройта. Исследования проводили по стандартным методикам (Методические указания ..., 1999; Ройт, 2000).

Для установления приёмной ёмкости пастбищных водоёмов во вселяемой молоди была модифицирована методика расчета приемной емкости экосистемы водоема во вселяемой молоди понто-каспийских ракообразных (Лейс, Задоев, 1973). В результате удалось рассчитать плотность посадки в водоем молоди рыб и, используя нормативные значения коэффициента промвозврата (Временные..., 1999), установить величину ожидаемого промыслового возврата.

Схемы исследований приведены на рисунках 1 и 2. Объем исследованного материала отражена в таблице 1.

Весь собранный в ходе работ материал обрабатывался статистически. Статистическую обработку полученных результатов выполняли по общепринятым методикам (Аксютин, 1968; Лакин, 1980) с помощью программных пакетов “Microsoft Excel”. Определяли параметры признаков: среднеарифметические –  $M$ , их ошибки –  $m$ , среднеквадратичное отклонение –  $\sigma$ .

Достоверность различий по этим показателям определяли с помощью критерия Стьюдента (Лакин, 1980). Для подтверждения достоверности различий использовали критерий Стьюдента при уровне значимости  $p < 0,05$ ; 0,01 и 0,001. Для установления связей между показателями по общепринятым методикам проводили корреляционный анализ.

## **БИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ОБЪЕКТОВ ПАСТБИЩНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ**

**Щука** (*Esox lucius* L.). Нерестовый ход щуки состоит из нескольких волн. Соотношение самцов и самок в период нерестовой миграции 1,5:1. Первая волна проходит на фоне медленного повышения температуры, сопровождаемого уменьшением скорости течения воды. Вторая на фоне максимального подъема воды в реке при нагонном явлении и поворота течения в обратную сторону. Третья в условиях наступления пограничной для нереста температуры воды.

Средние размеры самок щуки, выловленной в 2003 г. на разных участках нерестовой миграции были близкими. У самок из реки средняя масса тела составила 2423,0 г, у самок из залива (предустьевая зона р. Немонин) 2873,0 г.

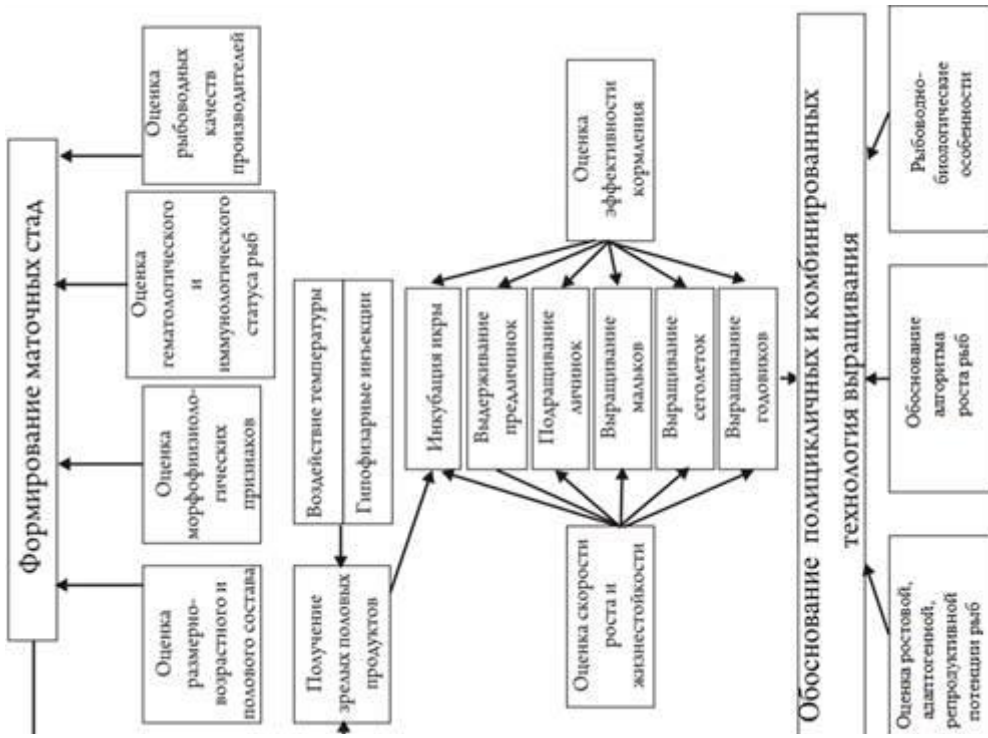


Рисунок 2 – Схема исследований, направленных на разработку технологий индустриальной аквакультуры

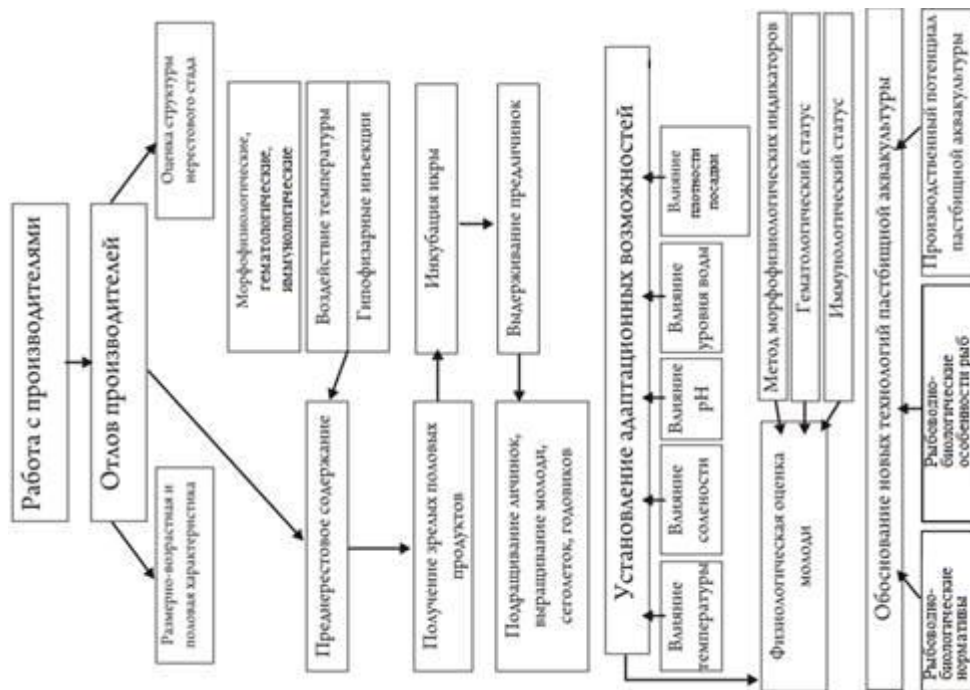


Рисунок 1 – Схема исследований, направленных на разработку технологий пастбищной аквакультуры

Таблица 1 – Объем исследованного материала

Наименование	Количество
<b>Пастбищная аквакультура</b>	
Изучение размерно-возрастных показателей производителей	787
Оценка временной структуры нерестового хода производителей	960
Оценка рабочей и относительной плодовитости	251
Количество проб на определение:	
- диаметра икринок	215
- объема эякулята	177
- времени подвижности сперматозоидов	177
Количество:	
- личинок	9500
- мальков	9250
- сеголетков	6450
- годовиков	2100
Морфометрические исследования	362
Морфофизиологические исследования	882
Гематологические исследования	1130
Иммунологические исследования	715
<b>Индустриальная аквакультура</b>	
Изучение размерно-возрастных показателей ремонта и производителей	5719
Оценка рабочей и относительной плодовитости	530
Количество проб на определение:	
- диаметра икринок	1524
- объема эякулята	748
- времени подвижности сперматозоидов	748
Количество:	
- предличинок	3400
- личинок	3300
- мальков	2750
- посадочного материала	2700
- товарной рыбы	2515
Морфометрические исследования	325
Морфофизиологические исследования	1605
Гематологические исследования	6695
Иммунологические исследования	5540

Самки, пойманные в реке имели возраст 4,8, в заливе – 4,1 года. Это можно рассматривать как результат неоднородности возрастной структуры нерестовой части популяции, проявляющейся в период нерестового хода в разных частях нерестового биотопа. У самцов, выловленных в заливе, средний возраст составил 4,2, у речных – 4,8 года. Различия достоверны при  $p < 0,01$  для массы и при  $p < 0,001$  для возраста. Доля младшевозрастных 3-х годовалых самцов в 2003 г. составила 24%, в 2004 г. – 43% от общего количества. Установленная доля зрелых самцов (72%) в реке коррелирует с долей самцов в заливе, имеющих гонады в IV стадии зрелости (70%), что может говорить об определенной синхронности в нерестовом ходе крупных групп самцов. Самки щуки на начальном этапе нерестовой миграции имели гонады в IV и IV-V стадии зрелости, соответственно, 60 и 40%. Можно предположить, с учетом более

длительного, чем у самцов, перехода самок с IV на V стадии зрелости, что в этой части ареала присутствовали две группы самок, которые в разные сроки совершают миграции в реку на нерест.

У самок в реке среднее значение рабочей плодовитости равнялось 52,2 тыс.шт. икринок, относительной рабочей плодовитости 26,0 тыс. шт./кг. Средний диаметр икринок 2,6 мм. У самок в заливе средняя рабочая плодовитость 48,7 тыс.шт, относительная 24,2 тыс. шт./кг. Средний диаметр икринок 2,5 мм.

У самцов в р. Немонин объем эякулята 0,8мл в 2004 г. и 0,9 мл в 2003 г. В то же время средний показатель подвижности сперматозоидов в 2004 г. был выше (173 против 156 с). Достоверность различий подтверждается при  $p \leq 0,05$ . Причина этого видится в более продолжительном периоде благоприятной для нереста температуры воды р. Немонин в 2004 г. (4-7°C).

Таким образом, формирование в пределах нерестового биотопа групп производителей, которые в разные сроки начинают и заканчивают миграцию на нерестилища следует рассматривать как стремление популяции щуки максимально реализовать воспроизводительный потенциал и увеличить свою численность.

**Рыбец** (*Vimba vimba* L.). В1999-2000 гг. в уловах на нерестилищах доминировали пяти-семигодовалые самки, их доля составляла 66,7%. Доля восьмигодовалых составляла 14,2%.

У самцов доминировали пяти-шестигодовалые рыбы (74,3%). Доля четырехгодовалых самцов 17,7%. Доля страшевозрастных самцов 8%.

Средняя масса самок составила  $403,4 \pm 23,31$  г, самцов  $317,0 \pm 23,75$  г.

В структуре нерестового хода рыба в р. Шешупе выделены три волны. Первая представлена пятигодовыми самками и четырехгодовыми самцами, их доля близка к 14%. Третья около 29%, представлена старше возрастными производителями. Вторая волна самая массовая – около 57%.

Рабочая плодовитость по первой порции икры составила в среднем 47,1 тыс.шт.икринок, по второй 13 тыс.шт. Суммарная средняя рабочая плодовитость – около 60 тыс. шт., что соответствует средней величине, отмеченной для основных нерестовых стад в бассейне р. Неман. Присутствие в пробах трех различающихся по размеру групп икринок (средний диаметр 1,2; 0,98; 0,62 мм) подтверждает, что исследованиями были охвачены самки первого, второго и третьего нереста.

Объем эякулята у самцов рыба в разгар нереста (температура воды 17-19°C) в среднем составил  $1,9 \pm 0,02$  мм и к концу снизился до  $0,28 \pm 0,09$  мл.

**Линь** (*Tinca tinca* L.). Особенностью нерестового периода 2004 г. была амплитуда колебаний уровня воды 115 см: большую часть периода с температурой ниже 20 °C преобладали нагонные явления. В периоды спада отмечено повышение температуры воды более 20 °C. Соответственно динамике рассматриваемых показателей в нерестовый период 2004 г. было установлено три пика подхода производителей к нерестилищам. При этом соотношение полов было близким 1:1 (48 % самцы и 52 % самки). В 2005 г. отмечено пять пиков подхода. Соотношения самцов и самок в течение всего нерестового

периода составило 1,5:1. В 2006 г выделялись два основных пика. Наиболее интенсивный подход производителей на нерестилища в средне-многолетнем плане имеет место в период с 10 по 24 июня.

Подтверждён средне-возрастной статус как самцов, так и самок. Самок линия р. Немонин со средними размерно-возрастными параметрами (масса от 717 до 802 г) следует отнести к средне-плодовитым рыбам (118 – 163 тыс.шт./кг). Самцы линия продуцировали менее 1 мл спермы. Однако, несмотря на высокую температуру воды, подвижность сперматозоидов была высокой (1,14 – 1,27 мин).

## **АДАПТАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ ПАСТБИЩНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ**

### **Влияние температуры воды на рост и жизнестойкость молоди рыб**

Рыбец. Ускоренный рост личинок при средней температуре воды 20,8°C на первых трёх этапах сопровождался повышенным отходом (50 %), что можно связать как с наследственными проявлениями, так и действием абиотических и биотических факторов в условиях применяемой биотехники. Снижение отхода до минимума (1,1%) на четвертом, а на пятом – шестом его отсутствие, говорит о том, что личинки рыбаца адаптировались к условиям искусственного выращивания.

Линь. Оценивая влияние температуры воды на рост личинок и мальков линя, следует выделить группу рыб, которую выращивали при 26 °С. Именно, для этой группы показана большая средняя величина коэффициента массонакопления, составившая за 100 суток выращивания 0,033, а также конечная масса сеголетков (3,1 г). На втором месте по раскрытию ростовой потенции группа молоди, выращиваемая при 24 °С. Коэффициент массонакопления, средняя масса сеголетков 0,028 и 1,9 г, соответственно. Учитывая большую выживаемость (46-50%), следует признать целесообразным при выращивании молоди линя диапазон температуры воды 24 – 26 °С.

Щука. В наших исследованиях общее сокращение времени выращивания молоди щуки до массы близкой к 1 г при температуре воды 20-22°C в пределах фиксируемых этапов развития составило 20 суток. В процентном отношении наибольшие отходы на этапах эндогенного питания личинок, завершения смешанного и перехода на экзогенное, по завершении адаптации к кормлению искусственным кормом.

Стерлядь. В первую половину сезона линейная функция весового роста, определяемая величиной относительного среднесуточного прироста (С, %), раскрывалась выше, чем объемная функция весового роста, определяемая величиной общепродукционного коэффициента массонакопления.

С середины сезона, в условиях благоприятного температурного режима (20-24°C) скорость массонакопления у молоди существенно возрастала. Максимальная величина К<sub>м</sub> зафиксирована в первую половину августа, как в садках, так и бассейнах (К<sub>м</sub> = 0,1), что соответствует высокому уровню раскрытия ростовой потенции, характерному не только для стерляди, но и других объектов аквакультуры, прошедших продолжительную доместикацию.

Суммируя результаты исследования, следует отметить, что скорость массонакопления молоди стерляди была большей в проточных бассейнах ( $K_m=0,07$ ), у молоди в садках 0,061, в УЗВ 0,051. Средняя масса рыб к концу периода выращивания оказалась в УЗВ 64,8 г, в садках 88,7 г (к середине сентября), в проточных бассейнах 81,3 г (к середине августа).

Угорь. В варианте выращивания молоди угря при средней температуре воды 23,6 °С (23,2 – 24,0 °С) скорость массонакопления во всех размерных группах оказалась ниже, чем в варианте, когда средняя температура воды была 25,0 °С (24,5 – 25,3 °С).

В первом варианте средняя масса в группе крупной молоди была 5,6 г, средне размерной – 3,2 г, мелкой – 1,85 г. Во втором варианте, соответственно, 9,03 г; 5,9 г; 2,02 г. В первом варианте доля молоди массой менее 3 г составила около 58 %, во втором 38,5

### **Влияние плотности посадки на рост и жизнестойкость молоди рыб**

Рыбец. Установлены достоверные различия ( $p<0,001$ ) между вариантами плотности посадки 5 и 15 тыс. шт./м<sup>3</sup>. Конечная масса личинок составила, соответственно, 118 и 73 мг. При промежуточной плотности посадки 92 мг.

Выживаемость в группах, последовательно, в градиенте возрастания плотности посадки составила 69,5 %, 68,7 % и 63,8 %.

Выращивание сеголетков – годовиков рыба в УЗВ при плотности посадки 5 и 10 тыс. шт./м<sup>3</sup> позволило установить предпочтение первого варианта, средняя скорость массонакопления в два раза большая ( $K_m = 0,015$  против 0,007). Средняя масса годовиков 5,3 г и 1,9 г. Выживаемость 99 % и 99,5%, соответственно.

Таким образом, плотность посадки 5 тыс. шт./м<sup>3</sup> позволяет в наибольшей степени разрешиться ростовой потенции рыб.

Угорь. Наибольшая скорость роста молоди угря была при плотности посадки 7 тыс. шт./м<sup>3</sup>, наименьшая при 20 тыс. шт./м<sup>3</sup>. Можно признать, что начальные размерные кондиции рыб в сравниваемых группах различались, тем не менее, нагрузка биомассы рыб на объем воды в бассейне оказалась больше в группах крупной и средней молоди (66 и 55 кг/м<sup>3</sup>). В группе мелкой молоди величина рыбопродукции была меньше (39 кг/м<sup>3</sup>).

### **Влияние солености на рост и выживаемость молоди рыб**

Рыбец. У личинок и мальков рыба более выражен ростостимулирующий эффект при 5,1 ‰, ( $K_m= 0,014$ ). При 3,4 ‰ несколько ниже ( $K_m = 0,012$ ), но выше чем в пресной воде ( $K_m = 0,009$ ). Конечная масса мальков составила, соответственно, 127, 116 и 53 мг. Различия по массе были достоверны при  $p<0,05$ . Выживаемость молоди, соответственно, 73,1 %, 71,6 %, 54,4 %.

Подтверждена возможность успешной адаптации молоди массой 1,24 г к воде соленостью 6,8‰.

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что соленостный режим Куршского залива, даже при чрезмерных нагонах воды со стороны моря, соответствует адаптационным возможностям молоди рыба, находящейся на разных тапах развития.

Линь. Анализ адаптационных возможностей молоди линя в широком диапазоне солености воды (0 – 8 ‰) показал, что пресная вода и имеющая соленость 2 ‰ в большей степени способствует раскрытию ростовой потенции рыб. Наибольшая скорость массонакопления при 0 – 2 ‰ ( $K_m=0,0281$  и  $0,0282$ , соответственно). Наибольшая выживаемость молоди была при солености 0 и 2 ‰ (50 и 46 %, соответственно).

Таким образом, адаптационная способность молоди линя на всех этапах развития в условиях воздействия солености больше выражена в пресной и слабосоленой (2 ‰) воде. Именно такая соленость присуща большей части акватории Куршского залива даже при сильных нагонах воды со стороны моря.

Щука. Подтверждён ростостимулирующий эффект солености 2 – 4 ‰. При этом средняя скорость массонакопления молоди щуки составила  $0,037 - 0,038$ . В пресной воде несколько ниже ( $0,035$ ). В возрасте двух месяцев (с момента перехода на смешанное питание) мальки щуки, выращенные в воде соленостью 2 – 4 ‰, достигли массы, близкой к 1 г ( $0,93 - 0,95$  г).

Существенно большей при 2 – 4 ‰ была выживаемость мальков щуки (60 – 75 %) по сравнению с вариантами солености 6 – 8 ‰ (42 – 48 %).

Это дает основание говорить о возможности молоди щуки приспособливаться в условиях максимального нагона воды в Калининградский залив, когда в некоторых частях его, соленость может повышаться до 7 – 8 ‰.

Стерлядь. В период выращивания молоди от 1,5 до 7 – 14 г в вариантах пресной воды и солености 6 ‰ отмечали некоторое опережение в росте рыб по сравнению с вариантами солености 3 ‰. В дальнейшем, именно, при таком режиме рост ускорился в большей степени ( $K_m$  максимальный  $0,165$ ). Конечная масса сеголетков составила  $75,6 \pm 11,56$  г. В вариантах пресной воды  $64,8 \pm 10,45$  г, солености 6 ‰ –  $65,6 \pm 10,5$  г. Среднее значение  $K_m$  за весь период выращивания в пресной воде  $0,041$ , при 3 ‰  $0,044$ , при 6 ‰  $0,041$ .

### **Влияние pH на рост и выживаемость молоди рыб**

Линь. При  $pH = 7,0$  отмечена более стабильная динамика в росте личинок и мальков. Как результат наибольшей оказалась масса сеголетков (1,4 г). При  $pH=5 - 0,58$  г,  $pH=6 - 0,7$  г,  $pH=8 - 0,55$  г,  $pH=9 - 0,52$  г. Соответственно этому, средняя скорость массонакопления ( $K_m$ ) за сто суточный период выращивания составила  $0,026, 0,019, 0,02, 0,018, 0,017$ .

Наибольшая выживаемость молоди оказалась также при  $pH=7$  (56 %), несколько меньше при  $pH=6$  (52 %). У молоди, выращиваемой при  $pH=8 - 9$ , выживаемость была ниже – 38 – 40 %. С учетом данной ранее гидрологической характеристики пастбищного водоема, условия для роста и развития в нем молоди линя соответствуют уровню приспособляемости рыб.

Щука. Наибольшая скорость массонакопления была достигнута, когда масса мальков достигла и превысила 300 мг. Следует отметить синхронность в достижении высоких значений показателя:  $K_m = 0,059$  при  $pH=6$  и 8,  $K_m = 0,06$  при  $pH=4,5$ ,  $K_m=0,066$  при  $pH=5,5$ . Наибольшая выживаемость оказалась при  $pH=8$  (50 %), наименьшая при  $pH=4,5$  (25 %). В целом, учитывая сроки выпуска неподрощенной (апрель – май) и подрощенной (июнь) молоди щуки на

пастбищный нагул, величина водородного показателя (6 – 8) позволяет молоди приспособиться к условиям водоема.

**Стерлядь.** Наибольшая скорость массонакопления ( $K_m = 0,104$ ) за весь период выращивания была достигнута при  $pH=7$ , промежуточное значение ( $K_m=0,091$ ) при  $pH=8$  и  $K_m=0,088$  при  $pH=9$ .

Равнозначность раскрытия ростовой потенции у молоди стерляди при  $pH=7 - 9$  подтверждается выживаемостью рыб. При  $pH=7$  она составила 88 %, при  $pH=8 - 87$  %, при  $pH=9 - 86$  %.

Таким образом, высокие значения  $pH$  в летне-осенний период в Куршском заливе не будут ограничивать жизнеспособность и рост молоди стерляди, выпускаемой на нагул.

## ТЕХНОЛОГИИ ПАСТБИЩНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ

### Технические решения

В основе технических решений лежат учет качества воды в водоисточниках и биотехнические схемы, принятые при эксплуатации рыбопитомников на этапах заготовки производителей, получения зрелых половых продуктов, инкубации икры и выращивания молоди определенного размера.

**Рыбец.** Предприятие по искусственному воспроизводству целесообразно разместить в нижнем бьефе плотины на р. Шешупе в г. Краснознаменске. Структурными подразделениями предприятия являются: инкубационный цех с бассейнами для выдерживания производителей, инкубационными аппаратами, бассейнами для выдерживания предличинок и выращивания личинок, цех выращивания посадочного материала с выделением группы бассейнов, в которых будет выращиваться не кондиционная молодь на подогретой воде в осенне-зимне-весенний период.

Более затратным по капитальным и эксплуатационным составляющим, но более эффективным по качеству посадочного материала является перевод водоснабжения на замкнутый цикл с дооснащением цехов оборудованием: механические и биологические фильтры, дегазаторы, оксигенаторы, генератор кислорода или газификатор, УФ-устройства (Биологические ..., 2015).

Учитывая низкую кормность рр. Шешупе и Неман, целесообразно часть посадочного материала перевозить в контейнерах и размещать перед выпуском в мобильные технологические модули (МТМ), устанавливаемые в береговой предустьевой зоне рр. Матросовка и Скирвит. После 10-15 суток выдерживания выпускать, обеспечивая быстрый доступ к богатому кормовыми ресурсами Куршскому заливу (Биотехнический ..., 2009).

**Щука и линь.** Учитывая температурный режим нерестовых рек в бассейне Куршского залива, сроки заготовки производителей и продолжительность выдерживания и выращивания молоди, целесообразно искусственное воспроизводство щуки и линя проводить на стрелке р. Матросовка и Приморского канала в районе насосной станции, перекачивающей воду из польдера. Структура предприятия представлена: бассейнами для выдерживания производителей, инкубационными аппаратами и бассейнами для выдерживания



предличинок и выращивания молоди. При сборе на одном предприятии производителей щуки из разных рек (Немонин, Матросовка, Тава и других) для сохранения популяционной структуры инкубацию икры целесообразно проводить в отдельных аппаратах, а выдерживание предличинок в МТМ, размещаемых в береговой зоне рек, в которых были выловлены производители во время нерестового хода и в которые будут выпущены личинки. В варианте выращивания молоди щуки до массы 1 г и годовиков линя до 10-15 г их переводят в МТМ за две недели до выпуска.

Предприятие по искусственному воспроизводству щуки в бассейне Вислинского (Калининградского) залива целесообразно разместить в береговой зоне р. Прохладная в районе п. Ушаково.

**Стерлядь и линь.** В качестве водоисточника целесообразно использовать искусственные водоёмы в зоне польдеров, образованные на месте выборки песка для поддержания эксплуатационных характеристик контурных дамб. Выходящая из УЗВ технологическая вода, пройдя через мелиоративную сеть, проходит первый этап механической и биологической очистки, которая закрепляется в искусственных водоёмах, в зоне произрастания аира (Биотехнический ..., 2009). Водоснабжение предприятия целесообразно проводить с помощью теплонасосной установки (Патент, 2012). В структуре предприятия: механические и биологические фильтры, дегезаторы, оксигенаторы и генераторы кислорода, УФ-устройства, озонаторы в составе УЗВ для ремонтно-маточных стад, инкубации икры, для выращивания посадочного материала.

**Угорь.** Предприятие по выращиванию посадочного материала целесообразно разместить в районе п. Космодемьянского г. Калининграда или г. Светлого на базе артезианских скважин с качественной водой, не требующей очистки от железа. В структуре предприятия: участок карантинизации, бассейновый участок по выращиванию посадочного материала. В составе УЗВ: механические и биологические фильтры, дегезаторы, оксигенаторы и генераторы кислорода, УФ-устройства. Посадочный материал направляется на цели зарыбления обоих заливов и озера Виштынецкого.

### **Биотехника искусственного воспроизводства**

Результаты проведенных исследований, экспериментов, производственных испытаний, в том числе в рамках выполнения государственного заказа по выпуску в бассейн Куршского залива молоди щуки и линя позволяют предложить рыбоводно-биологические нормативы искусственного воспроизводства ценных видов рыб в бассейнах Куршского и Калининградского (Вислинского) заливов и Виштынецкого озера (табл.2). Применение их на практике позволит организовать стабильный режим получения качественного посадочного материала для зарыбления пастбищных водоёмов.

## ОБОСНОВАНИЕ ПРИЕМНОЙ ЕМКОСТИ ЭКОСИСТЕМ КУРШСКОГО И КАЛИНИНГРАДСКОГО (ВИСЛИНСКОГО) ЗАЛИВОВ И ОЗЕРА ВЫШТЫНЕЦКОГО В ЗАРЫБЛЯЕМОЙ МОЛОДИ ЦЕННЫХ ВИДОВ РЫБ И ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОГО ПРОМЫСЛОВОГО ВОЗВРАТА

Приемная емкость экосистемы конкретного водоема в зарыбляемой молоди рыб определяется взаимодействием множества абиотических и биотических факторов. Среди них, согласно классификации У. Хоара и соавторов (1983), температуру воды выделяют как основной, направляющий развитие рыб, фактор. Содержание в воде растворенного кислорода, величину водородного показателя, соленость, обеспеченность рыб пищей авторы относят к лимитирующим раскрытие ростовой, адаптогенной, репродуктивной потенции факторам.

Остальные факторы относят к разряду сопутствующих, но способных на определенных этапах жизненного цикла играть важную роль в разрешении биологической потенции рыб.

Поэтому за основу расчета приемной емкости пастбищных водоемов была взята формула О.А. Лейс и И.Н. Задоренко (1973), разработанная с целью обоснования мероприятий по зарыблению, как показано на примере:

### **Рыбец (*Vimba vimba L.*)**

Применение формулы (С):

$$C = \frac{\left(\frac{T_{max} - T_{min}}{T_{min}}\right) \times \left(\frac{S - S_{min}}{S_{min}}\right)}{\left(1 + \frac{B}{B_{cp}}\right) \times \left(1 + \frac{B1}{B1_{cp}}\right)} \quad (1)$$

позволило учесть: С – приемная емкость, Т max – среднегодовая максимальная температура воды в Куршском заливе, °С; Т min – средняя температура воды в период вселения (ската) молоди в залив, °С; S – максимальная площадь нерестилищ, 100 %; S min – современная площадь нерестилищ после зарегулирования р. Неман плотиной Каунасской гидроэлектростанции, 50 %; В – средняя многолетняя биомасса кормовых организмов, г/м<sup>2</sup> (21,2); В cp – среднегодовая биомасса кормовых организмов, составляющих основу рациона питания молоди в заливе до ската в море, г/м<sup>2</sup> (12,8); В1 – промысловая рыбопродуктивность рыба, квотируемая по ОДУ, кг/га (0,025); В1 cp – промысловая рыбопродуктивность рыба за период расцвета в 1960 – 1980 гг, кг/га (0,252).

Тогда:

$$C = \frac{\left(\frac{21,2 - 12,0}{12,0}\right) \times \left(\frac{100 - 50}{50}\right)}{\left(1 + \frac{21,2}{12,8}\right) \times \left(1 + \frac{0,025}{0,252}\right)} = 0,26$$

Таблица 2 – Рыбоводно-биологические нормативы искусственного воспроизводства объектов пастбищной аквакультуры

Показатели	Объекты искусственного воспроизводства				
	рыбец	щука	линь	угорь	стерлядь
Температура воды при заготовке производителей, °С	16-20	2-13	20-24	-	8-10
Количество волн нерестового хода	3	2-3	2-5	-	-
Средняя масса производителей, кг	0,3-0,55 0,2-0,45	2-3 1-2	0,5-0,6 0,4-0,5	-	1,5-3 1,2-2,5
Соотношение полов ♀:♂	1:2-3	1:2	1:3	-	3:1
Доза гипофиза, мг/кг:	0,3	0,3-0,5	1,0	-	0,5-0,6
♀ предварительная первая разрешающая - ♂	-	-	4,0	-	-
	3,0	1,5-2,0	7,0-10,0	-	3,5-4,4
	-	1,5-2,0	3,0-4,0	-	2,0-2,5
Рабочая плодovitость (по одной порции), тыс. шт.	30-50	40-60	30	-	20-50
Средний объем эякулята, мл	1,9	0,5-1,0	0,2-0,5	-	13-17
Время подвижности сперматозоидов, с	30	120-160	40-60	-	120-180
Процент оплодотворения, %	90	90	90	-	80-90
Температура воды во время инкубации икры, °С	16,5-20	10-12	21-24	-	12-15
Норма загрузки икры в аппарат Вейса (8л), л/ тыс. шт.	0,3 80-100	1,5-2,0 100-150	0,5-1 500-1000	-	0,2-0,3 15-20
Отход икры за период инкубации, %	25-30	30	50	-	25
Температура воды во время выдерживания предличинок и выращивания мальков, °С	17-18	10-12 18-23	21-24	20-23 23-25	12-15 18-23
Соленость, ‰	0-6,8	0-4(6)	0-2	-	0-3
Плотность посадки предличинок в бассейны, тыс. шт./м <sup>3</sup>	1500	200-300	200	50	5-10
Выход личинок с выдерживания, %	70	90	90	80	80
Плотность посадки личинок после выдерживания, тыс. шт./м <sup>2</sup>	20	5	50	5-10	3-5
Выход молоди с выращивания, %	80	50	50	80	50
Промысловый возврат, %					
- от мальков	0,5	0,1**	0,5	20***	-
- от молоди массой 3-10 г	3,0		3,0	40***	4,6

\*\* - от личинок и мальков массой 1,0г, \*\*\* - от молоди массой 3-5 и 35-50 г

Применив формулу, рассчитываем плотность посадки подрощенной молоди рыба в Куршский залив:  $P = 10,86 \times C^{-0,73} = 10,86 \times 0,26^{-0,73} = 29$  шт/га.

Аналогично, но с индивидуальным учетом основных факторов, проведены расчёты для других объектов пастбищной аквакультуры, представленные в табл. 3.

Таблица 3 – Потребность в зарыбляемой молоди ценных видов рыб и ожидаемый промысловый возврат

Объекты пастбищной аквакультуры					
	Рыбец	Щука	Линь	Стерлядь	Угорь
	Пастбищный водоем				
	Куршский залив	Куршский залив	Куршский залив	Куршский залив	Куршский залив
Калининградский залив		Калининградский залив			Выштынецкое озеро
Приемная емкость экосистемы, С	0,26	0,73	0,21	6,8	0,27
		0,51			0,33
					0,19
Плотность посадки, шт/га	29	20	34	10	28
		20			25
					37
Потребность в зарыбляемой молоди, тыс. шт	3480	2400*	4080	1200	2700 <sup>1</sup>
		12000**			337 <sup>2</sup>
		950*			930 <sup>1</sup>
		4750**			116 <sup>2</sup>
Возможный промысловый возврат	41,8 т 3 %	40 т	61 т 3,0%	33 т 4,6 %	270 т
		0,1 %			20 %
		14 т			93 т
		0,1 %			20 %
					5 т 20 %

\*- мальки массой 1,0 г, \*\*- личинки, <sup>1</sup> - мальки массой 3-5 г, <sup>2</sup> - годовики массой 35-50 г.

## ТЕХНОЛОГИИ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ

### Рыбоводно-биологические особенности объектов индустриальной аквакультуры

#### Стерлядь

**Формирование и эксплуатация ремонтно-маточного стада.** При выращивании ремонта и производителей целесообразная плотность посадки составляет: молоди массой до 100 г – 300 шт./м<sup>2</sup>, от 100 до 500 г -100 шт./м<sup>2</sup>, от 500 до 1000 г – 50 шт./м<sup>2</sup>, от 1000 до 1500 г – 30шт./м<sup>2</sup>, более 1500 г – 15-20 шт./м<sup>2</sup>. Температура воды в период нагула 15-25<sup>0</sup> С, при искусственной зимовке 4-10<sup>0</sup>С.

100% самцов и 60% самок созревают в трёхгодовалом возрасте, 100% самок в четырёхгодовалом. Особенностью инъекирования самцов является смещение на 12 часов на более ранние сроки предварительной инъекции по отношению к предварительной инъекции самкам, что гарантирует синхронность созревания. Основные рыбоводно-биологические нормативы приведены в табл. 4.

**Выращивание посадочного материала и товарной рыбы.** Выращивание посадочного материала до массы 20 г основано на последовательном прохождении следующих этапов: **выдерживания предличинок** при плотности посадки около 5 тыс.шт./м<sup>2</sup>, температуре воды 15-18°C, уровне воды 0,2-0,3 м, **выращивания личинок до массы 1 г** при плотности посадки от 3 до 5 тыс.шт./м<sup>2</sup>, температуре воды 17-22 °С уровне воды 0,2-0,3 м, величине  $K_m=0,09-0,107$ , **выращивания молоди до массы 20 г** при плотности посадки 1-1,5 тыс.шт./м<sup>2</sup>, температуре воды 20,5-25°C, уровне воды 0,4-0,6 м величине  $K_m=0,1-0,13$ .

Выращивания «**порционной**» стерляди (300-500 г) при плотности посадки 0,12-0,15 тыс.шт./м<sup>2</sup>, температуре воды 20-25 °С, уровне воды 0,6-1,0м,  $K_m=0,085-0,105$ .

Выращивания стерляди до массы 800-1000 г при плотности посадки 0,07-0,09 тыс.шт./м<sup>2</sup>, температуре воды 20,5-25°C, уровне воды 1,0 м,  $K_m= 0,04-0,45$ . Основные рыбоводно-биологические нормативы в табл. 4.

#### **Клариевый сом**

##### **Формирование и эксплуатация ремонтно-маточного стада.**

Целесообразный вариант формирования ремонтно-маточного стада клариевого сома при средней температуре воды 27,5°C.

В группе рыб с опережающим ростом скорость массонакопления высокая ( $K_m = 0,266 - 0,278$ ). В этой группе клариевый сом за три месяца выращивания увеличивает массу тела от 10,2±1,3 г до 1008,0±132,5 г. Высокая скорость массонакопления (0,206) в этой группе в следующем месяце, когда средняя масса рыб достигает 1770,0±175,5 г и их рассортировывали по полу. Самцы сома за четыре месяца выращивания увеличивали массу с 1680,0±192,0 г до 3790,0±202,5 г, самки с 2082,0±137,5 г до 4528,5±203,8 г. Средняя за период выращивания скорость массонакопления ( $K_m$ ) у самок 0,094, у самцов 0,093. Выживаемость ремонта 68,1 %. Выживаемость самцов и самок в период выращивания и эксплуатации около 100 %.

Величина кормового коэффициента меньше 1,0 отмечена на этапах выращивания рыб до массы 1000 г. Наибольшая величина кормового коэффициента на этапе выращивания производителей (1,68-1,81). Большая для самцов (1,81), меньшая для самок (1,68). Основные рыбоводно-биологические нормативы приведены в табл. 4.

**Выращивание посадочного материала товарной рыбы.** В предпочтительном варианте температура воды в течение 41 сут. выращивания посадочного материала от 27,0 до 27,5 °С.

Средняя за период скорость роста в группе с опережающим ростом 0,218, в средне-размерной 0,198. Плотность посадки в период выращивания молоди до

массы 7,5 г 10 тыс. шт./м<sup>3</sup>, после проведенной сортировки 2 тыс. шт./м<sup>3</sup>. Конечная масса посадочного материала в первой группе 31,5±2,52 г, во второй 23,9±1,77 г, в третьей 14,9±0,81 г. Выживаемость молоди в первый период 72,1 %, во второй в первой группе 95,5 %, во второй 93,7 %, в третьей 90,8 %. При выращивании посадочного материала можно ожидать при увеличении градиента средней температуры воды на 1,4 °С в диапазоне 25,8 – 27,2 °С, сокращения продолжительности периода в 1,5 раза.

Скорость массонакопления товарного сома в течение трех месяцев увеличивалась от 0,17-0,192 до 0,278, после чего следовало ее снижение до 0,114 – 0,116, чему способствует созревание половых продуктов у рыб при достижении массы более 1200 г. Средняя за период выращивания скорость массонакопления (Км) в первой группе рыб 0,188, во второй 0,167 и третьей 0,148.

При выращивании товарного сома массой около 1000 г при увеличении градиента средней температуры воды на 1,3 °С в диапазоне 25,8 – 27,1 °С, можно ожидать сокращения продолжительности периода для рыб с опережающим ростом с четырех до трех месяцев, для рыб со средней скоростью роста с пяти до четырех месяцев, для рыб, отстающих в росте, с шести до пяти месяцев. Продолжительность выращивания до товарной массы около 2000 г при начальной массе 1000 г составляет 2 месяца. Основные рыбоводно-биологические нормативы в табл. 4.

#### **Канальный сом**

#### **Формирование и эксплуатация ремонтно-маточного стада.**

Наибольшая скорость роста отмечена при выращивании ремонтного поголовья в возрасте от 6 до 12 мес. Величина Км от 0,049 до 0,092.

В последующий период до наступления в возрасте 25-26 мес. половозрелости большая скорость роста у самцов. Волнообразный характер сперматогенеза, со всей очевидностью, проявился в пиках ускорения и снижения скорости массонакопления самцов: 2 максимума по 0,035 и два минимума 0,012 и 0,008. У самок в этот период скорость роста более стабильная (0,007-0,018). В последующий период до второго и третьего синхронного созревания в возрасте 31-33 и 38-40 мес. отмечено описанное ранее изменение в скорости роста самцов и самок.

**На первом этапе** выращивание ремонтного поголовья проводят при температуре воды 25-27 °С при плотности посадки 150-200 шт./м<sup>3</sup>. Выживаемость ремонтного поголовья 95 %. Продолжительность этапа 90-120 сут. **На втором этапе** продолжительностью 60 сут, в течение первых 52-55 сут поддерживают температуру воды 25-27 °С, после чего снижают до 18 °С. **На третьем этапе** проводилась «искусственная зимовка» при температуре воды 18 °С. Продолжительность этапа 45 сут. В начале этапа плотность посадки ремонтного поголовья 25 шт./м<sup>3</sup>, в конце 10-15 шт./м<sup>3</sup>. Выживаемость рыб, как и на предыдущем этапе 99 %. **Четвертый этап** продолжительностью 45-90 сут. соответствовал преднерестовому содержанию при температуре 25-27 °С старшевозрастной группы ремонта, состоящий из самцов массой более 1100 г, самок 1000 г. В возрасте 18-20 мес. впервые созрели до 80 % самцов и 20 %

самок. Повторное созревание первых наступило в возрасте 25-29 мес, у вторых 31-35 мес. Коэффициент зрелости у производителей, эффективно реагирующих на гипофизарные инъекции, составлял у самок 9,5-10,1 %, у самцов 0,6-0,9 %.

Основные рыбоводно-биологические нормативы приведены в табл.4.

#### **Выращивание посадочного материала и товарной рыбы.**

**Подращивание личинок до массы 200 мг.** Продолжительность этапа 10-13 сут. Температура воды 26-28 °С. Плотность посадки личинок 40 тыс. шт/м<sup>3</sup>. Выживаемость 90%, **выращивание мальков массой 1 г** при температуре воды 26-28 °С, плотности посадки 20 тыс.шт/м<sup>3</sup> выживаемости 90 % продолжительности этапа до 30 сут.,**выращивание мальков до массы 3 г.** при температуре воды 26-28 °С продолжительности этапа 20-25 сут. ,плотности посадки 20 тыс. шт/м<sup>3</sup> выживаемости 90 %, **выращивание мальков до массы 5-6 г** при температуре воды 26-28 °С, продолжительности этапа около 20 сут., плотности посадки 10 тыс. шт./м<sup>3</sup>, выживаемости 90 %, **выращивание мальков до 10-12 г** при температуре воды 26-28 °С, продолжительности этапа около 20 сут., плотности посадки 5 тыс. шт./м<sup>3</sup>, выживаемости 90 %, **выращивание посадочного материала массой 30 г** при температуре воды 26-28 °С, продолжительности этапа около 25 сут., выживаемости 90 %.

Начальная плотность посадки при товарном выращивании 150 шт./м<sup>3</sup>. Температура воды 25-28 °С. Средняя за 180 сут величина  $K_m = 0,079$ . Основные рыбоводно-биологические нормативы в табл.4.

#### **Судак**

##### **Формирование и эксплуатация ремонтно-маточного стада.**

Первый этап – выращивание молоди до массы 1 г.

На этапе выращивания личинок температура воды около 23 °С, плотность посадки 25 тыс. шт/м<sup>3</sup>. Скорость массонакопления в период кормления личинок искусственным стартовым кормом 0,026-0,033.

После сортировки молодь судака рассаживали при плотности посадки 5 тыс. шт/м<sup>3</sup>. В последующие 1,5 мес. скорость массонакопления ( $K_m$ ) 0,04-0,06. Выживаемость превышала 40 %.

Второй этап – выращивание ремонтного поголовья.

К концу первого года выращивания при плотности посадки 300 шт./м<sup>3</sup> средняя масса ремонтного поголовья приближалась к 80 г. Величина коэффициента массонакопления достигала максимальной величины (0,087), но дальнейшем снижалась последовательно до средних и низких значений (0,033 – 0,015).

На втором году увеличение скорости массонакопления ( $K_m$ ) до 0,039-0,049) при плотности посадки 150 шт./м<sup>3</sup>.

На третьем году выращивания при начальной плотности посадки 75 шт./м<sup>3</sup> увеличение массы близко к 2,5 кратному.

Возраст созревания у самок в УЗВ одинаковый с самцами. Средняя масса производителей судака в возрасте первого созревания в УЗВ (35-36 мес.) близка к 1125 г. Средняя рабочая плодовитость трехгодовалых самок судака  $92,1 \pm 5,5$  тыс. шт. При средней массе рыб  $1178,0 \pm 45,5$  г относительная рабочая плодовитость  $77,8 \pm 2,3$  тыс. шт./кг. У самцов из УЗВ существенно большая

подвижность сперматозоидов. Она почти в 3 раза больше ( $3,11 \pm 0,07$  мин), чем у «дикого» судака из залива ( $1,15 \pm 0,03$  мин).

Реакция производителей на инъекции судачьего гипофиза может быть разной: у 30 % самцов спермация возможна после предварительной инъекции, у 35 % после первой разрешающей, у 35 % после второй разрешающей, у 40 % самок овулирование икры возможно после первой разрешающей, у 40 % после второй и у 20 % после третьей разрешающей инъекции. Основные рыбоводно-биологические нормативы в табл.4.

### **Выращивание посадочного материала и товарной рыбы**

Массы, близкой к 1 г, мальки судака достигали в возрасте 60-65 сут. Стабилизация температуры воды в последующий период в узком диапазоне значений ( $20-21^\circ\text{C}$ ) позволяет вырастить посадочный материал средней массой около 20 г за 120 сут.

Плотность посадки на этапе выращивания до 3-4 г составляет 3,5-5 тыс.шт./м<sup>3</sup>. Величина  $K_m = 0,11-0,12$ . В дальнейшем целесообразный диапазон плотности посадки 1,25-1,65 тыс.шт./м<sup>3</sup>. Величина кормового коэффициента от 0,67 до 1,2. Жизнестойкость молоди судака при выращивании до 3-4 г в среднем 48-64 %. На следующем этапе 80 %.

При выращивании товарного судака поддерживали температуру воды  $20-22^\circ\text{C}$ . На первом этапе наибольший прирост массы тела за 4 мес. выращивания у рыб при плотности посадки 100-225 шт/м<sup>3</sup>. Величина  $K_m 0,044-0,049$ . На **втором этапе** за 3 мес. наибольший прирост массы при плотности посадки 130-140 шт/м<sup>3</sup>. На **третьем этапе** большая скорость массонакопления в варианте плотности посадки 160 – 185 шт/м<sup>3</sup> ( $K_m = 0,036 - 0,037$ ). На **четвертом** этапе большая скорость массонакопления при плотности посадки 65-85 шт/м<sup>3</sup> ( $K_m = 0,044 - 0,086$ ). За 8 мес. судак достигает средней массы 300 г, за последующие 11 мес. 700-1000 г Основные рыбоводно-биологические нормативы в табл. 4.

### **Угорь**

#### **Выращивание посадочного материала и товарной рыбы**

В предпочтительном варианте температура воды  $24 - 26^\circ\text{C}$ . Средней массы 10 г молодь достигает за 100 суток. Средняя за период скорость массонакопления ( $K_m$ ) в группах с опережающим ростом 0,052, со средней скоростью роста 0,028, с низкой скоростью роста 0,018. Плотность посадки молоди 2,3 – 2,8 тыс. шт./м<sup>3</sup>. Величина кормового коэффициента 0,85 – 1,15. Выживаемость 10 г молоди выше 90 % у рыб с опережающим ростом и средне размерных, выше 80 % у отстающих в росте.

В предпочтительном варианте выращивания товарной рыбы температура воды  $25,3 - 26,0^\circ\text{C}$ . Плотность посадки от 0,5 до 1,2 тыс. шт./м<sup>3</sup>. Весовые кондиции угря в возрасте 12 мес. в первой (311,0 г) и второй (169,0 г) группах. В третьей масса рыб меньше (40,0 г). Средняя масса по трем группам угря 191,2 г. Выживаемость угря в группе крупного и средне-размерного угря 100 %, в группе мелкого угря 96,2 %. Доля мелкого угря 18 %. Выращивание угря до возраста 18 и 22 мес. при плотности посадки 0,3 – 0,4 тыс.шт./м<sup>3</sup>. Средняя масса угря в возрасте 18 мес. в первой группе 650,0 г, во второй 330,0 г, в третьей 58,0 г. Средняя по всем группам 428,4 г. В возрасте 22 мес. в первой группе 974 г,



во второй 653 г, в третьей 126 г. Средняя по всем группам 713,6 г. Доля мелкого угря 4%. Выживаемость угря в первой и второй группе 100 %, в третьей 99,0 %. Основные рыбоводно-биологические нормативы в табл. 4.

Таблица 4 – Рыбоводно-биологические нормативы разведения и выращивания объектов индустриальной аквакультуры

Показатели	Рыбы					
	Стерлядь	Кан.сом	Клар.сом	Судак	Угорь	Радужная форель
Возраст созревания производителей, мес.	36-48	18-26	9-14	24 - 36	-	19-24
Масса производителей, кг	1,2-3,0	1-5(7)	2-7	1-3	-	1,5–3,0
Рабочая плодовитость, тыс. шт.	20-50	4-15	200-600	100-200	-	3-5
Диаметр икринок, мм	1,8-2,1	2-2,5	1,2-1,4	1,1	-	4,4
Объем эякулята, мл	13-17	10-20	10-20	1-1,1	-	9-12
Время подвижности сперматозоидов, с	130-150	10-40	20-28	180	-	46-49
Кратность созревания самок	ежегодно	2 раза/год	4-5 раз/год	ежегодно	-	ежегодно
Процент оплодотворения икры, %	80	50-75	70-80	50-70	-	90-95
Выход предличинок, %	70-80	50-75	50-80	70-80	-	80-90
Плотность посадки, тыс. шт./м <sup>2</sup>						
-выдерживание предличинок	5	40	80	25-50	-	10
-выращивание личинок	3-5	20	10-40	1,25-5,0	10	10
-выращивание посадочного материала	1-1,5	1-5	5-7	1,3-1,7	2-5	1-4
Кормовой коэффициент	1-1,5	1-1,5	0,6-0,7	1-1,5	0,8-1	1,0
Выживаемость, %	70	70	70	70	85-90	70-85
Средняя масса посадочного материала, г	20	30	30	115-120	100	30
Продолжительность выращивания, сут	80-85	120-140	40-45	20	10	75
Плотность посадки товарной рыбы, тыс. шт./м <sup>3</sup>	0,075-0,15	0,15	0,2-1,2	0,07-0,225	0,3-1,0	0,3-0,35
Кормовой коэффициент	1,2-1,5	1,2	1,0-1,2	1,5	1,0-1,2	1,0-1,2
Выживаемость, %	75-80	90	70-80	90-95	85-90	95
Средняя масса товарной рыбы, кг	0,3-1,0	0,45-0,5	1,0-2,0	0,3-1,0	0,15-0,7	0,3
Продолжительность выращивания, сут	120-200	180	120-200	240-250	270-540	165

## **Радужная форель**

### **Формирование и эксплуатация ремонтно-маточного стада**

Режим выращивания ремонтно-маточного поголовья радужной форели предусматривал смену периода нагула при температуре 13 – 20°C на период «искусственной зимовки» при низкой температуре (5 - 6,5 °С). Реализации ростовой, адаптогенной и репродуктивной потенции способствовала плотность посадки мальков до 150 шт/м<sup>2</sup>, молоди до 100 шт/м<sup>2</sup>, ремонта до 50 шт/м<sup>2</sup>, производителей массой 1-2 кг до 25 шт/м<sup>2</sup> при уровне воды 1 м.

Максимальные значения скорости массонакопления (Км) на этапе выращивания трех генераций ремонта до достижения массы 400 – 500 г (Км = 0,12 – 0,17). На втором этапе до достижения возраста полового созревания 0,05 – 0,07. Средняя скорость массонакопления за весь период выращивания ремонтно-маточного стада в разрезе трех генераций 0,048 – 0,055.

Возраст созревания 1-й и 2-й генераций производителей 22-24 мес., третьей – 19-21 мес. Прослеживалась тенденция увеличения у рыб размерно-весовых показателей, количества и качества половых продуктов в последующих генерациях.

Основные рыбоводно-биологические нормативы в табл. 4.

### **Выращивание посадочного материала радужной форели**

**При инкубация икры и выдерживании предличинки** процент оплодотворения икры более 90 % (90,9 – 92,2 %). Выход предличинки 96,9 %, что выше нормативной величины (90 – 95 %) для открытых рыбоводных систем. **При подращивании и выращивании личинок** в диапазоне температуры воды 15 – 16 °С величина коэффициента массонакопления относительно низкая (0,024-0,032). **При выращивании посадочного материала форели** в диапазоне оптимальной температуры воды (15,0 – 18,2 °С) и высокого содержания кислорода (8,0 – 8,5 мг/л). Полученные результаты позволяют говорить о возможности в течение 7 месяцев выращивать крупный посадочный материал и высокой его выживаемости (69,4 – 86,9 %) и высокой скорости массонакопления рыб (Км среднее = 0,068 – 0,07). В первую половину периода выращивания величина кормового коэффициента от 0,8 до 0,92, вторую половину от 0,1 до 1,04.

Таким образом, в условиях УЗВ можно формировать маточные стада радужной форели, продуцирующей качественные половые продукты и выращивать посадочный материал средней массой около 300 г. Основные рыбоводно-биологические нормативы в табл. 4.

## **Полициклические технологии выращивания рыбы в УЗВ**

В основе применения полициклической технологии лежит свойство производителей созревать в течение года неоднократно (канальный сом, клариевый сом) или при разведении групп производителей на равноотстоящие в течение года сроки созревания (стерлядь, судак).

**Стерлядь.** Первая схема эксплуатации маточного стада основана на формировании четырех групп производителей, созревающих в равноотстоящие сроки (Патент, 2013). Таким образом, удается перейти к получению в течение

года в равноотстоящие сроки четырех групп потомства. Вторая схема основана на формировании двух групп производителей, созревающих в равноотстоящие сроки и получения потомства два раза в год.

Достижению отмеченных результатов способствуют температуры воды в период нагула ремонта и производителей 18-25 °С, в период искусственной зимовки 7-10 °С, статичный режим освещенности (12 ч световая фаза до 100 люкс, 12 ч темновая), плотность посадки при выращивании стерляди до 100 г – 300 шт/м<sup>2</sup>, от 100 до 500 – 100 шт/м<sup>2</sup>, от 500 до 1000 г – 50 шт/м<sup>2</sup>, от 1000 до 1500 г – 30 шт/м<sup>2</sup>, более 1500 г – 15-20 шт/м<sup>2</sup>.

**Судак.** Схема эксплуатации маточного стада судака в режиме полицикла ориентирована на получение зрелых половых продуктов у производителей четыре раза в год в равноотстоящие сроки (Патент, 2014).

Достижению отмеченного результата способствуют температура воды в период нагула 20-22 °С, в период искусственной зимовки 6-10 °С, статичный режим освещенности (световая фаза 12 ч до 70 люкс, темновая 12 ч), плотность посадки при выращивании ремонта и производителей до 20 г – 1000 шт/м<sup>2</sup>, от 20 до 100 – 500 шт/м<sup>2</sup>, от 100 г до 250 г – 200-300 шт/м<sup>2</sup>, от 250 до 600 г – 100 шт/м<sup>2</sup>, от 600 до 1000 – 60 шт/м<sup>2</sup>, от 1000 г до 1800 г – 40 шт/м<sup>2</sup>, более 1800 г – 20-30 шт/м<sup>2</sup>.

**Клариевый сом.** Схема эксплуатации маточных стад клариевого сома ориентирована на ежемесячное получение потомства производителей. Для достижения этой цели достаточно сформировать три группы производителей. Предусмотрена очередность созревания самок с интервалом три месяца, что соответствует формированию у самок очередной генерации икры высокого качества.

Достижению отмеченных результатов способствуют температура воды в период нагула 27-29 °С, преднерестовый двухнедельный период 25-27 °С, статичный режим освещения (световая фаза 12 ч до 50 люкс, темновая 12 ч), плотность посадки при выращивании ремонта и производителей от 1 до 10 г – 2000 шт/м<sup>2</sup>, от 10 до 100 – 1000 шт/м<sup>2</sup>, от 100 до 400 г – 500 шт/м<sup>2</sup>, от 400 до 1000 г – 200-300 шт/м<sup>2</sup>, от 1000 до 1500 г – 150 шт/м<sup>2</sup>, более 1500 г – 50 шт/м<sup>2</sup>.

**Канальный сом.** Схема эксплуатации маточных стад канального сома в режиме полицикла ориентирована на получение от производителей зрелых половых продуктов два раза в течение года в равноотстоящие сроки.

Формируют три группы производителей со сроками созревания в январе, марте, мае, июле, сентябре и ноябре.

Достижению отмеченных результатов способствуют температура воды в периоды нагула 25-27 °С, искусственной зимовки 18 °С, последующего кратковременного нагула 23-25 °С, нереста 25-27 °С. статичный режим освещения до 100 люкс. Плотность посадки на этапе выращивания ремонтного поголовья 500 шт/м<sup>3</sup>, на этапе выращивания старшевозрастного ремонта – впервые созревающих производителей 25-50 шт/м<sup>3</sup>, на этапе «искусственной зимовки» 25 шт/м<sup>3</sup>, последующего кратковременного нагула, преднерестового содержания, а также межнерестового нагула 10-15 шт/м<sup>3</sup>.

## **Режимы выращивания посадочного материала в УЗВ**

**Стерлядь.** Первая схема ориентирована на четырехмесячный цикл выращивания посадочного материала в каждой группе. Вторая схема ориентирована на шестимесячный цикл выращивания посадочного материала в каждой группе.

Первая схема ориентирована на выращивание посадочного материала до массы около 100-110 г, вторая в первом варианте 75-100 г, во втором 125-150 г (Патент, 2013).

По первому алгоритму по достижении средней массы 1 г она устанавливается 1000 шт/м<sup>2</sup>. По достижении средней массы 20 г снижается до 500 шт/м<sup>2</sup>. По второму, соответственно, 750 шт/м<sup>2</sup> и 350 шт/м<sup>2</sup>. Величина рыбопродукции суммарная за год по первому около 100 кг/м<sup>2</sup>, по второму 125-135 кг/м<sup>2</sup>. По первому 4-х кратное использование разноразмерных бассейнов, по второму двукратное в течение года.

**Судак.** В соответствии с обоснованной ранее схемой эксплуатации маточных стад судака в УЗВ предложена полициклическая схема выращивания посадочного материала судака (Патент, 2014), предполагающая последовательное выращивание в течение года 4-х групп 20г посадочного материала в разноразмерных бассейнах. Бассейны используют 4 раза в год. Суммарная рыбопродукция 80 кг/м<sup>2</sup>.

**Клариевый сом.** При выращивании сома до 2000г посадочным материалом рассматриваются рыбы средней массой 1000 г. Период выращивания посадочного материала разделен на 2 этапа. Первый предполагает выращивание в течение четырех месяцев молоди средней массой 200 г при начальной и конечной плотности посадки 7 тыс.шт./м<sup>3</sup> и 2,7 тыс.шт./м<sup>3</sup>. Второй – выращивание в течение следующих четырех месяцев до массы 1000 г при начальной и конечной плотности посадки 405 и 380 шт./м<sup>3</sup>. Величина рыбопродукции при трех в течение года циклах в каждой группе на первом этапе составляет 1620 кг/м<sup>3</sup>, на втором 1140 кг/м<sup>3</sup>. На каждом этапе бассейны используются три раза в год.

**Канальный сом.** В каждой группе шестимесячный цикл выращивания посадочного материала до средней массы 110 г. Учитывая шестимесячный интервал между последующими созреваниями производителей такой же интервал предусматривается между последующими генерациями посадочного материала в каждой группе. Разноразмерные бассейны, применение которых предполагает последовательную посадку в них трех размерных групп молоди одной генерации, с учетом трёх, созревающих 2 раза в год групп производителей, используют 6 раз в год. Суммарная величина рыбопродукции 330 кг/м<sup>3</sup>.

Плотность посадки на этапе выращивания молоди от 1 до 5 г 15-16 тыс.шт./м<sup>3</sup>, от 5 до 12 г – 3-3,5 тыс.шт./м<sup>3</sup>, от 12 до 30 г – 1-1,5 тыс.шт./м<sup>3</sup>, от 30 до 110 г – 0,5 тыс.шт./м<sup>3</sup>.

## **Режимы выращивания товарной рыбы**

**Стерлядь.** Первый алгоритм ориентирован на выращивание в течение 4 месяцев товарной стерляди массой 300-500 г. Плотность посадки после

завершающей в конце первого месяца сортировки устанавливается для рыб со средними и высокими размерными характеристиками 200-250 шт./м<sup>2</sup>, рыбопродукция при четырёхкратном использовании разноразмерных бассейнов составляет 300 кг/м<sup>2</sup>.

Второй алгоритм предусматривает шестимесячный цикл выращивания товарной стерляди (Патент, 2013). По первому варианту при плотности посадки 200-250 шт./м<sup>2</sup> стерлядь достигает массы 500-800 г, суммарная рыбопродукция при двукратном использовании бассейнов 250-300 кг/м<sup>3</sup>. По второму варианту при плотности посадки 100-125 шт./м<sup>2</sup> достигает массы 800-1000 г, суммарная рыбопродукция при двукратном использовании бассейнов 180 кг/м<sup>2</sup>.

**Судак.** Согласно алгоритма товарного выращивания судака последовательная реализация товарного судака позволит снизить плотность посадки рыб в каждой группе к десятому месяцу, до 200-250 шт./м<sup>2</sup>, к одиннадцатому до 160-200 шт./м<sup>2</sup>, к двенадцатому до 60-75 шт./м<sup>2</sup> (Патент, 2014). При разделении периода выращивания в каждой группе на этап выращивания в течение 6 мес. до 300 г и в последующие 6 мес. до 800-1000 г, бассейны используются 2 раза в год. Суммарная рыбопродукция составит 400 кг/м<sup>2</sup>.

**Канальный сом.** Схема выращивания товарного сома при плотности посадки 150 шт./м<sup>3</sup> предполагает двукратное использование бассейнов в каждой группе, что увеличивает величину суммарной рыбопродукции до 450 кг/м<sup>2</sup>.

**Клариевый сом.** При выращивании до товарной массы 2000 г при начальной плотности посадки 185 шт./м<sup>3</sup> при трёх 4-х месячных циклах суммарная рыбопродукция составит 1020 кг/м<sup>3</sup>. При выращивании до 1000 г при начальной плотности 5-10 г молоди 420 шт./м<sup>3</sup> суммарная рыбопродукция составит 1000 кг/м<sup>3</sup>.

## **ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС РЫБ, ОБЪЕКТОВ ПАСТБИЩНОЙ И ИНДУСТРИАЛЬНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ**

### **Морфофизиологические особенности производителей рыб, объектов пастбищной аквакультуры и их потомства**

Анализ данных по изменению индексов органов у производителей рыб в период нерестового хода в реке и заливе показал наличие определённых тенденций (табл. 5).

У самок щуки в начале нерестового хода достоверно подтверждено превышение индекса сердца и печени в Куршском заливе и р. Немонин, обратное проявление в величине гонадо-соматического индекса. В основе различий активность питания и обмена веществ у рыб в предустьевой зоне залива и менее развитые гонады. В конце нерестового хода достоверно подтверждено различие только в величине гонадо-соматического индекса. При сопоставлении данных по реке в начале и конце нерестового хода достоверные различия установлены в величине индексов сердца, печени, гонад. Аналогично

в заливе. Межполовые различия в начале и конце нерестового хода в реке выражены меньше.

Таблица 5 - Морфофизиологические особенности производителей щуки и линя

Рыбы	Индексы, %			
	сердца	печени	селезенки	гонад
щука				
♀	0,21 – 0,15*	5,70 – 2,80**		6,84 – 3,43***
	0,27 – 0,17*	8,52 – 5,43*		6,80 – 3,43***
	0,25 – 0,26***	5,70 – 8,52***	0,25 – 0,36***	8,50 – 6,84***
♂	0,25 – 0,12***	6,95 – 4,28*	0,25 – 0,14*	7,55 – 3,68**
	0,26 – 0,14**		0,3 – 0,16***	6,8 – 4,5*
	0,15 – 0,12*		0,25 – 0,16***	6,8 – 3,43***
				6,8 – 2,56***
линь				
♀	1,7 – 1,1*	-	-	7,0 – 4,4*
		-	-	7,0 – 4,7*
♂	2,1 – 1,8*			0,4 – 0,7*
	2,1 – 1,6*			0,4 – 0,8*
				6,4 – 3,8**
				6,4 – 2,8***

\* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$

У производителей рыба достоверно подтверждены различия только в величине гонадосоматического индекса.

У производителей линя 3-7 годовалого возраста достоверные различия в величине индекса печени установлены только у 7-ми годовиков, а также у самок с тремя, двумя и одной генерациями яйцеклеток. Гонадо-соматический индекс больше у самок во всех возрастных группах, а также у самок с тремя, двумя и одной генерациями яйцеклеток.

Установленные закономерности в изменении величины индексов органов отражают популяционные особенности производителей щуки, рыба и линя в нерестовый период.

У сеголетков рыба достоверно меньше был индекс сердца при солёности 5,1‰ по сравнению с пресной водой, но больше индекс печени. Динамика первого показателя подтверждает аллометрический рост органа, второго усиленное питание молоди, сопровождающееся вероятным накоплением гликогена и жира в печени (табл. 6).

При выращивании молоди массой более 1 г индекс печени снижался при 0 и 6,8‰ до 0,94 и 0,83%, что подтверждает высокий уровень адаптации молоди к солёности 6,8‰.

У годовиков линя снижение индекса печени при солёности 3‰ ( $0,7 \pm 0,05\%$ ) по сравнению с пресной водой ( $1,25 \pm 0,22\%$ ) подтверждает стимулирующее влияние этого фактора на обмен веществ в организме.

У сеголетков стерляди более низкие значения индексов печени и селезёнки в бассейнах подтверждают предпочтительность первого способа выращивания. Увеличение индекса жабр при 3‰ может говорить о возрастании функциональной роли органа. Снижение при 6‰ о снижении.

Таблица 6 - Морфофизиологические особенности посадочного материала рыба, линя, стерляди

Рыбы	Индексы, %			
	печень	почки	селезенка	жабры
рыбец	0,34 – 0,46 <sup>1*</sup>	-	-	-
	3,39 – 2,19 <sup>*</sup>	-	0,10 – 0,07 <sup>*</sup>	-
	1,07 – 1,97 <sup>2*</sup>	-	0,13 – 0,10 <sup>*</sup>	-
	0,27 – 0,13 <sup>1*</sup>	-	-	-
	1,97 – 1,07 <sup>**</sup>	-	-	-
линь	1,25 – 0,7 <sup>**</sup>	0,55 – 0,33 <sup>***</sup>	0,22 – 0,25 <sup>**</sup>	-
стерлядь	1,2 – 1,6 <sup>**</sup>	0,32 – 0,26 <sup>**</sup>	0,14 – 0,38 <sup>*</sup>	1,98 – 2,28 <sup>*</sup>
	1,2 – 2,2 <sup>***</sup>	0,32 – 0,30 <sup>**</sup>	0,28 – 0,38 <sup>*</sup>	1,98 – 1,23 <sup>***</sup>

\* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$ ; <sup>1\*</sup> – индекс сердца,  $p < 0,005$ ; <sup>2\*</sup> – индекс мозга,  $p < 0,05$

### Гематологические особенности производителей рыб, объектов пастбищной аквакультуры и их потомства

Анализ показателей красной и белой крови у производителей линя с 4 и 5 стадией зрелости гонад позволил выявить определённые тенденции (табл. 7).

Таблица 7 - Гематологические особенности производителей линя

Показатели	Увеличиваются	Уменьшаются
Нв, г×л <sup>-1</sup>	65,75 – 91,33 <sup>***</sup>	
Л, г×л <sup>-1</sup>	6,70 – 46,17 <sup>*</sup>	
	6,70 – 58,76 <sup>**</sup>	
	46,17 – 70,28 <sup>***</sup>	
Эр/л	19,43 – 28,45 <sup>***</sup>	28,45 – 22,00 <sup>**</sup>
Сн	0,81 – 3,00 <sup>*</sup>	
	0,81 – 2,38	
ОЧН	5,63 – 10,95 <sup>**</sup>	10,95 – 7,50 <sup>**</sup>
Э	(1,75 – 1,80) – (6,00 – 6,88) <sup>**</sup>	
Мо		2,45 – 0,38 <sup>*</sup>
Лф		90,44 – 84,85 <sup>*</sup>
		90,44 – 83,39 <sup>*</sup>

\* –  $p < 0,05$ , \*\* –  $p < 0,01$ , \*\*\* –  $p < 0,001$

Так самцы с 4 стадией по концентрации гемоглобина превосходили самок с 4 стадией. По концентрации лейкоцитов самцы с 4 и 5 стадией превосходили самок с 4 стадией, а самцы с 5 стадией самцов с 4-й. Самцы с четвёртой стадией по отношению эритроцитов к лейкоцитам превосходили самок с 4 и 5 стадией и

самцов с 5 стадией. Процентное содержание в лейкоцитарной формуле сегментоядерных нейтрофилов у самцов с 4 и самок с 5 стадией больше, чем у самок с 4 стадией. Общее число нейтрофилов у самок с 5 стадией больше чем у самок с 4 стадией и самцов с 5-й. Эозинофилов у самцов с 4 и 5 стадией больше, чем у самок с 4 и 5 стадией. Лимфоцитов у самок с 4 стадией больше, чем у самок с 5-й и самцов с 4 стадией. По концентрационным показателям красной крови самцы линия превосходят самок, что может быть подтверждением более интенсивного обмена. Большое общее число нейтрофилов у самок линия с 5 стадией зрелости, очевидно, отражает завершение созревания яйцеклеток. Дополнением этому служат данные о содержании лимфоцитов: несмотря на снижение у самок с 5 стадией и самцов с 4-й, оно осталось высоким и согласуется с положением о положительном влиянии на качество будущего потомства.

Большие отличия в динамике и величине концентрационных показателей и процентном содержании в лейкоцитарной формуле показаны для годовиков линия в пресной и солоноватой воде (3‰), по сравнению с сеголетками стерляди (табл. 8).

Таблица 8 – Гематологические особенности посадочного материала линия и стерляди

Показатели	Линь		Стерлядь	
	Увеличиваются	Уменьшаются	Увеличиваются	Уменьшаются
Нб, г×л <sup>-1</sup>	24,44 – 28,27 <sup>***</sup>			
Эр, т×л <sup>-1</sup>		1,46 – 1,36 <sup>**</sup>	0,542 – 1,257 <sup>***</sup>	1,49 – 1,72 <sup>*</sup>
				0,896 – 0,542 <sup>**</sup>
СГЭ, пг	18,91 – 21,28 <sup>**</sup>			
ЦП	0,57 – 0,64 <sup>**</sup>			
Эр/Л	24,39 – 27,34 <sup>*</sup>			
Мн	1,25 – 6,75 <sup>**</sup>			
ММн	2,81 – 9,25 <sup>**</sup>			
Сн	2,25 – 4,08 <sup>**</sup>			
Пян	4,25 – 3,40 <sup>**</sup>			
	1,80 – 5,25 <sup>*</sup>			
ОЧН	7,81 – 25,30 <sup>***</sup>			
Э			0,008 – 3,75 <sup>**</sup>	
			4,75 – 6,38 <sup>***</sup>	
Пб	0,75-3,00 <sup>*</sup>			
Мо			1,70 – 3,92 <sup>*</sup>	1,88 – 0,17 <sup>*</sup>
				4,02 – 1,88 <sup>***</sup>
Лф		90,00 – 64,58 <sup>*</sup>		85,33 – 73,3 <sup>***</sup>

\* – p < 0,05; \*\* – p < 0,01; \*\*\* – p < 0,01

Так у годовиков линия при солёности 3‰ увеличивались концентрация гемоглобина, содержание гемоглобина в эритроците, цветной показатель, отношение эритроцитов к лейкоцитам, в лейкоцитарной формуле миелоцитов, метамиелоцитов, сегментоядерных и палочкоядерных нейтрофилов, общего



числа нейтрофилов, псевдобазофилов. Уменьшались концентрация эритроцитов, доля лимфоцитов. У годовиков линия характер белой крови при 3‰ нейтрофильный, что подтверждает напряженный режим выращивания.

У сеголетков стерляди концентрация гемоглобина при 6‰ была больше, чем при 3‰, в лейкоцитарной формуле эозинофилов при 3‰ больше, чем при 0‰, при 6‰ больше, чем при 3‰. Уменьшалась концентрация гемоглобина у рыб в пресной воде по сравнению с 3‰, доля моноцитов в пресной воде по сравнению с 3‰, в пресной воде по сравнению с 6‰. В нейтрофильную сторону по отношению к пресной и солоноватой (3‰) снижалась доля лимфоцитов при 6‰, что подтверждает напряженный режим выращивания молоди стерляди при такой солёности воды.

### **Иммунологические особенности потомства рыб, объектов пастбищной аквакультуры**

Конечные значения концентрации лизоцима достоверно возрастали при солёности 3‰ во всех органах (табл. 9), что объясняет решающее влияние данного фактора на иммунный ответ.

Таблица 9 – Иммунологические особенности сеголетков линия

Органы	Лизоцим, мкг/мл	
	0 ‰	3 ‰
печень	11,92	8,82*
	27,36	53,48
почка	10,25	11,78*
	24,34	57,79
селезенка	9,75	10,14*
	25,48	56,25
жабры	13,42	10,50*
	25,14	56,25
почки	11,52	10,59*
	28,22	55,99

\* –  $p < 0,05$ ;

Индекс Гамбургера, отражающий долю фагоцитирующих лейкоцитов крови, был достоверно выше при 3‰, но при этом увеличение фагоцитирующих лейкоцитов сопровождалось уменьшением их активности (число Ройта).

У сеголетков стерляди достоверно увеличены начальная и конечная концентрации лизоцима в печени, почке и селезёнке при солёности 6‰ по отношению к вариантам пресной воды и 3‰ (табл. 10). По концентрации  $\gamma$ -глобулинов достоверно больший результат при 6‰ по отношению к 0-3‰.

Можно признать, основываясь на проведенном анализе, что условия выращивания молоди линя при 3‰, стерляди при 6‰ более напряженные в части формирования иммунного ответа.

Таблица 10 – Иммунологические особенности сеголетков стерляди

Органы	Лизоцим, мкг/мл			$\gamma$ – глобулины, г $\times$ л <sup>-1</sup>		
	0 ‰	3 ‰	6 ‰	0 ‰	3 ‰	6 ‰
печень	$\frac{3,74^*}{8,27}$	$\frac{0,89^*}{10,00}$	$\frac{11,30^*}{25,43}$	1,19 <sup>**</sup>	1,90 <sup>**</sup>	2,14 <sup>**</sup>
почка	$\frac{4,73^{**}}{7,31}$	$\frac{1,57^{***}}{10,05}$	$\frac{17,80^{***}}{24,97}$	-	-	-
селезенка	-	$\frac{1,19^{**}}{10,54}$	$\frac{28,58^{**}}{19,43}$	0,53 <sup>***</sup>	5,18 <sup>***</sup>	4,18 <sup>***</sup>
почки	-	-	-	2,88 <sup>**</sup>	6,17 <sup>**</sup>	4,30

\* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$

### Морфофизиологические особенности рыб, объектов индустриальной аквакультуры

Достоверность различий в величине индексов органов дана по признакам увеличения, уменьшения или неизменности по мере возрастания массы, возраста и проявления половых различий у рыб (табл. 11).

Таблица 11 – Морфофизиологические особенности рыб в условиях УЗВ

Индексы	Увеличение с возрастом и массой	Уменьшение с возрастом и массой	Не меняется
Печени	Угорь ( $p < 0,01$ ) Клариевый сом (посадочный материал) – самки ( $p < 0,01$ )	Стерлядь ( $p < 0,05$ ) Радужная форель ( $p < 0,01$ )	Судак, Клариевый сом (посадочный материал) - самцы
Почки	Судак ( $p < 0,01$ ) Угорь ( $p < 0,01$ )	Стерлядь ( $p < 0,01$ )	-
Селезенки	Угорь ( $p < 0,05$ )	-	Стерлядь, Клариевый сом, Судак, Радужная форель
Жабр	Судак ( $p < 0,05$ ) Стерлядь ( $p < 0,001$ )	Радужная форель ( $p < 0,001$ ), Клариевый сом (самки и самцы)	Угорь

Положение об аллометрическом росте органов, как следует из данных таблицы, распространяется только на индекс печени у стерляди ( $2,86 \pm 0,31\%$  у молоди и  $1,64 \pm 0,19\%$  у товарной рыбы), радужной форели ( $2,24 \pm 0,24\%$  у молоди и  $1,15 \pm 0,07\%$  у производителей), индекс почки у стерляди ( $0,44 \pm 0,05\%$  у молоди и  $0,27 \pm 0,03\%$  у товарной рыбы), индекс жабр у клариевого сома ( $3,63 \pm 0,09\%$  у молоди и  $2,00 \pm 0,14$  и  $2,12\%$ ), у самок и самцов радужной форели ( $4,38 \pm 0,25\%$  у молоди и  $2,34 \pm 0,24\%$  у производителей). Отклонение от

положения, отражающее специфику условий выращивания рыб, в равной степени проявляется в увеличении и неизменности индексов. Так индекс печени увеличивается у угря от  $0,25 \pm 0,50$  до  $1,69 \pm 0,11\%$ , клариевого сома от  $0,95 \pm 0,08$  до  $1,59 \pm 0,12\%$  у самок, индекс почки у судака от  $0,25 \pm 0,01\%$  до  $0,64 \pm 0,15\%$ , угря от  $0,08 \pm 0,01$  до  $0,18 \pm 0,06\%$ , индекс селезёнки у угря от  $0,08 \pm 0,01$  до  $0,47 \pm 0,04\%$ , индекс жабр у судака от  $2,20 \pm 0,33$  до  $3,90 \pm 0,41\%$ , стерляди от  $3,94 \pm 0,12$  до  $8,13 \pm 0,01\%$ .

Установленные особенности в изменении индексов органов следует рассматривать с позиции приспособления рыб к специфическим условиям УЗВ. Более однозначно они проявляются у недоместицированного объекта угря, когда вероятно влияние на рыб сезонного фактора. Обращает внимание существенное возрастание индекса жабр у стерляди и судака, что следует связать с ролью жабр в обеспечении организма кислородом, выведении углекислого газа и аммиака при высокой пищевой активности рыб.

### **Гематологические особенности рыб, объектов индустриальной аквакультуры**

**Стерлядь.** Анализ крови посадочного материала в возрасте 4 и 8 мес., а также товарной стерляди в возрасте 12 мес. показал достоверно подтверждаемую тенденцию увеличения концентрации гемоглобина, СГЭ у молоди с возрастом. У товарной стерляди достоверно увеличилась по сравнению с посадочным материалом концентрация эритроцитов, что можно связать с высокой температурой воды, более значимой концентрацией аммиака, аммония и нитритов по сравнению с открытыми рыбоводными системами. Выше у товарной стерляди по сравнению с посадочным материалом был ОБС. Высокую пищевую активность стерляди всех возрастов подтверждают также данные по концентрации лейкоцитов (табл. 12).

Распределение клеток белой крови подтверждает лимфоидный характер лейкоцитарной формулы.

**Клариевый сом.** Достоверные различия показаны по концентрации эритроцитов, ОСБ, между молодью массой  $72,5 \pm 8,7$  г и  $209,2 \pm 22,7$  г, между молодью массой  $72,5$  г и посадочным материалом ( $492,6 \pm 38,68$  г) по концентрации эритроцитов, лейкоцитов, СГЭ. Особенностью в лейкоцитарной формуле являлось увеличение доли миелоцитов и снижения доли лимфоцитов. Такая тенденция отражает большую пищевую активность и быстрый рост рыб при высокой плотности посадки.

Самцы отличились от самок по распределению клеток в лейкоцитарной формуле. Достоверно выше были процент палочкоядерных нейтрофилов, общее число нейтрофилов, лимфоцитов. Лейкоцитарная формула посадочного материала и самцов сома имела ярко выраженный лимфоидный характер, самок лимфоидный характер с некоторым сдвигом в нейтрофильную сторону.

**Судак.** У товарного судака средней массой  $450,4 \pm 80,86$  г низкая концентрация гемоглобина  $36,41 \pm 2,23$  г·л<sup>-1</sup> компенсировалась высокой концентрацией эритроцитов ( $1,79 \pm 0,28$  Т·л<sup>-1</sup>). При этом доля молодых форм эритроцитов до 70% и более. В среднем  $57,4 \pm 23,3\%$ , что указывает на

усиление эритропоеза. Установленная картина связана с компенсационной реакцией поддержания уровня гемоглобина не за счет накопления в эритроците, а за счет новых молодых эритроцитов.

Высокая концентрация общего белка крови и лейкоцитов отражала уровень обмена веществ в организме, значительную пищевую активность

Таблица 12 – Гематологические особенности рыб в УЗВ

Показатели	Стерлядь	Клариевый сом	Судак	Угорь	Радужная форель
Нв, г×л <sup>-1</sup>	60,60–86,40 <sup>**</sup>	58,03–89,00 <sup>**</sup>	36,41	83,40–89,60 <sup>**</sup>	113,4–108,00 <sup>**</sup>
	83,80 – 75,93 <sup>**</sup>			83,40–108,8 <sup>**</sup>	80,00–108,00 <sup>***</sup>
	-			108,8–89,6 <sup>**</sup>	80,00–113,4 <sup>***</sup>
Эр, г×л <sup>-1</sup>	-	1,01–1,94 <sup>*</sup>	1,79	-	1,06–1,42 <sup>**</sup>
		1,01–1,32 <sup>*</sup>			-
		1,99–1,57 <sup>*</sup>			-
Л, г×л <sup>-1</sup>	38,50–47,50 <sup>***</sup>	34,14–46,97 <sup>***</sup>	41,91	-	23,57–51,40 <sup>**</sup>
					31,40–18,35 <sup>***</sup>
					23,57–18,35 <sup>***</sup>
					44,41–12,75 <sup>***</sup>
ОБС, г×л <sup>-1</sup>	-	-	45,73	37,66–53,65 <sup>**</sup>	-
				53,65–36,25 <sup>*</sup>	
СТЭ, пг	70,10–87,93 <sup>**</sup>	52,29–45,75 <sup>**</sup>	28,09	84,00–61,62 <sup>*</sup>	63,98–86,71 <sup>**</sup>
		48,97–68,11 <sup>*</sup>			57,07–81,22 <sup>*</sup>
		-			57,07–105,25 <sup>**</sup>
ЦП	-	-	-	-	1,92–2,60 <sup>**</sup>
Мн	6,14–1,85 <sup>*</sup>	1,85–4,75 <sup>*</sup>	1,8	-	1,71–3,16 <sup>**</sup>
ММн, %	2,3–6,5 <sup>*</sup>	-	0,95	-	-
Пян, %	-	1,83–5,33 <sup>***</sup>	1,20	-	-
Э, %	-	-	0,1	-	0,25–0,75 <sup>*</sup>
ОЧН	-	10,83–25,99 <sup>**</sup>	4,60	-	-
Лф	70,53–83,5 <sup>*</sup>	81,3–91,33 <sup>*</sup>	2,2	-	-

\* – p < 0,05; \*\* – p < 0,01; \*\*\* – p < 0,001

**Угорь.** Анализ данных позволяет сделать вывод о сохранении влияния на угря, выращиваемого в УЗВ, сезонного фактора. Так концентрация гемоглобина достоверно повышалась к середине лета (пик периода нагула в природных условиях), снижалась к октябрю. Аналогичная картина в динамике СТЭ. В динамике ОБС достоверное увеличение подтверждено только по отношению к концентрации в апреле (возраст 13 месяцев).

Специфические условия выращивания в УЗВ неместоцированного объекта, каковым является угорь, тем не менее, не выводили концентрацию гемоглобина за пределы значений, установленных для вида значений.

Оценка лейкоцитарной формулы подтверждает стабильность в условиях выращивания. Отражением этого явился резко лимфоидный характер белой крови.

**Радужная форель.** В динамике концентрации гемоглобина отмечена тенденция возрастания значений от апреля к сентябрю. Как у самцов, так и самок. Достоверно большая концентрация гемоглобина у самок в июне. Достоверно большее СГЭ у самцов в апреле и сентябре. У самок достоверно большее СГЭ на всех этапах исследования. Достоверные различия в цветном показателе были у самцов в апреле по отношению к сентябрю, у самок в июне и сентябре по отношению к апрелю. Достоверное отличие в концентрации лейкоцитов у самцов подтверждено в апреле по отношению к сентябрю, в июне по отношению к апрелю и сентябрю. У самок в апреле и сентябре между показателями в июне по отношению к апрелю и сентябрю. Также достоверные различия подтверждены в отношении эритроцитов к лейкоцитам (Эр/л) у самцов в апреле по отношению к сентябрю в июне по отношению к апрелю и сентябрю. У самок в апреле по отношению к сентябрю, в июне по отношению к апрелю и сентябрю.

В целом, лейкоцитарная формула, низкий процент моноцитов, отсутствие в периферической крови патологических изменений клеток, высокие концентрации гемоглобина, лейкоцитов, уровня СГЭ, ЦП указывают на нормальное физиологическое состояние форели, выращиваемой в УЗВ.

### **Иммунологические особенности рыб, объектов индустриальной аквакультуры**

Концентрации **лизоцима** у посадочного материала и товарной стерляди достоверно ( $p \leq 0,05-0,001$ ) отличались в печени, селезёнке, коже от 0,37 до 0,84 мкг/мл в начале и от 0,61 до 1,24 мкг/мл у первого, от 5,25 до 6,58 мкг/мл в начале и от 5,76 до 6,12 мкг/мл в конце у второй. У посадочного материала клариевого сома в печени, селезёнке, жабрах и коже в начале от 0,53 до 0,71, от 1,34 до 3,33 мкг/мл после термостатирования ( $p \leq 0,01$ ). У посадочного материала и товарного судака в печени, почке, селезёнке, жабрах и коже в начале от 0,55 до 1,33 мкг/мл, от 0,33 до 2,32 м кг/мл в конце у первого, от 1,14 до 2,98 мкг/мл в начале, от 3,0 до 4,08 мкг/мл в конце ( $p \leq 0,05$ ) у второго. У угря в возрасте 13 мес. в печени в начале и конце (3,04-3,25 мкг/мл) по отношению к селезёнке, жабрам и коже (1,05-1,42 в начале и 0,46-1,27 мкг/мл в конце) при  $p \leq 0,05$ , в печени в возрасте 13 и 15 мес. в начале 3,04 против 0,53 мкг/мл, в конце 3,25 против 1,28 мкг/мл ( $p \leq 0,05$ ), в возрасте 13 и 19 мес. в селезёнке, жабрах и коже в начале 1,05-1,42 мкг/мл против 3,88 – 4,11 мкг/мл, в конце. У посадочного материала радужной форели в печени, селезёнке, жабрах и коже от 0,31 до 0,44 мкг/мл в начале до 0,69 до 1,46 мкг/мл в конце ( $p \leq 0,01-0,001$ ), у производителей разница только в конечных концентрациях: у самцов и самок в печени 0,8 и 2,18 мкг/мл, в почке 0,65 и 2,55 мкг/мл ( $p \leq 0,001$ ).

Концентрация  **$\gamma$ -глобулинов** у товарной стерляди во всех органах (печени, почке, селезёнке, жабрах и коже) больше, чем у посадочного материала: 13,92-20,21  $г \times л^{-1}$  против 3,76-9,90  $г \times л^{-1}$  ( $p \leq 0,01-0,001$ ). У посадочного материала клариевого сома по отношению к самцам и самкам в печени и селезёнке 14,30-20,21  $г \times л^{-1}$  и 4,07-4,59  $г \times л^{-1}$  ( $p \leq 0,01$ ). У товарного судака по отношению посадочного материала в печени 9,84-4,21  $г \times л^{-1}$  ( $p \leq 0,05$ ). У угря в возрасте 13

мес. в жабрах больше ( $21,78 \text{ г} \times \text{л}^{-1}$ ), чем в печени, селезёнке, почке ( $11,56-14,51 \text{ г} \times \text{л}^{-1}$ ) при  $p \leq 0,01$ , в возрасте 15 мес. в коже ( $12,34 \text{ г} \times \text{л}^{-1}$ ) больше, чем жабрах, селезёнке, почке, печени ( $4,08-8,8 \text{ г} \times \text{л}^{-1}$ ) при  $p \leq 0,01$ , в возрасте 19 мес. в селезёнке больше, чем в печени ( $8,6-1,21 \text{ г} \times \text{л}^{-1}$ ) при  $p \leq 0,01$ . Достоверное снижение концентрации во всех органах происходило с возрастом рыб ( $p \leq 0,01$ ), большая в возрасте 13 мес. У самок радужной форели больше, чем у самцов в почке ( $13,13-5,52 \text{ г} \times \text{л}^{-1}$ ) при  $p \leq 0,01$  и жабрах ( $11,55-4,0 \text{ г} \times \text{л}^{-1}$ ) при  $p \leq 0,01$ , у посадочного материала меньше, чем у 4-х месячной молоди в жабрах ( $6,44-9,44 \text{ г} \times \text{л}^{-1}$ ) при  $p \leq 0,01$ , в коже ( $3,53-9,64 \text{ г} \times \text{л}^{-1}$ ) при  $p \leq 0,001$ .

Таким образом, в условиях УЗВ у выращиваемых рыб проявлялся особый иммунный статус, определяемый относительно низкими концентрациями лизоцима и  $\gamma$ -глобулинов, в основе которого специфические условия выращивания, отличные от тех, которые фиксируют в открытых рыбоводных системах. Управляемый температурный, газовый режим, величина водородного показателя, концентрация азотистых соединений, плотности посадки, режимы и качество кормления, статичный фотопериод, специфический фон бактериального обсеменения в совокупном действии определяли динамику и величину концентраций лизоцима и  $\gamma$ -глобулинов.

## Выводы

1. Временная структура нерестового хода щуки была представлена 2-3 волнами, рыбаца 3 волнами, линя 2-5 основными. В нерестовой части популяций преобладали средне-возрастные производители, продуцирующие качественные половые продукты;

2. Ростовая и адаптогенная потенция раскрывалась на высоком уровне у молоди щуки, рыбаца, стерляди при температуре  $18-22^\circ\text{C}$ , у линя и рыбаца  $24-26^\circ\text{C}$ ; а также при солёности воды  $0-5\%$  (рыбец, щука, линь, стерлядь) и при pH от 5 до 9;

3. Максимальная реализация ростовой и адаптогенной потенции достигалась: щука – предличинок при плотности посадки  $75-100 \text{ тыс. шт/м}^3$ , личинок  $5 \text{ тыс. шт/м}^3$  (выживаемость 90 и 50 %, соответственно); рыбацеличинок и мальков  $5-10 \text{ тыс. шт/м}^3$ , сеголетков и годовиков  $5 \text{ тыс. шт/м}^3$  (80 и 85%); линь – личинок  $50 \text{ тыс. шт/м}^3$ ,  $0,5-1 \text{ г}$  мальков  $3-4 \text{ тыс. шт/м}^3$ ,  $3 \text{ г}$  сеголетков  $2 \text{ тыс. шт/м}^3$  (90,90,95%); стерлядь – личинок  $3-5 \text{ тыс. шт/м}^3$ ,  $1 \text{ г}$  мальков  $1,2-1,5 \text{ тыс. шт/м}^3$ ,  $3 \text{ г}$  молоди  $1 \text{ тыс. шт/м}^3$  (50,80,90%); угорь- мальков  $7-10 \text{ тыс. шт/м}^3$  (85%).

4. Приёмная ёмкость экосистемы пастбищных водоёмов в посадочном материале составляет: Куршский залив - рыбац 3480 тыс. шт., щука 12000 тыс. шт (личинки), линь 4080 тыс. шт, угорь ( $3-5 \text{ г}$ ) 2700 тыс. шт., угорь ( $35-50 \text{ г}$ ) 337,5 тыс. шт., Ожидаемый промысловый возврат составит: рыбац 43 т, щука 40 т, линь 61 т, стерлядь 33 т, угорь 270 т; Калининградский залив - щука 4750 тыс. шт (личинки), угорь ( $3-5 \text{ г}$ ) 930 тыс. шт., угорь ( $35-50 \text{ г}$ ) 116 тыс. шт. Ожидаемый промысловый возврат составит: щука 14 т, угорь 93 т; озеро Виштынецкое – угорь ( $3-5 \text{ г}$ ) 66,6 тыс. шт. Ожидаемый промысловый возврат составит 5,3 т. Суммарный промысловый возврат составит 558 т.

5. Производственный потенциал искусственного воспроизводства представленный, преимущественно, установками замкнутого цикла водообеспечения целесообразно разместить: **щука и линь** – стрелка р. Матросовка и Приморского канала в районе насосной станции; **стерлядь и линь** – искусственные водоёмы на польдерных территориях в районе п. Головкино, бассейн Куршского залива; **щука** – береговая зона р. Прохладная выше п.Ушаково, бассейн Калининградского (Вислинского) залива; **угорь** – г. Светлый и п. Космодемьянского г. Калининграда – артезианские скважины, вода из которых не требует дополнительной очистки; **рыбец** - нижний бьеф плотины на р. Шешупе в районе г. Краснознаменска;

6. Управляемый режим содержания рыб в УЗВ обеспечивает созревание производителей стерляди в возрасте 36-48 мес., канального сома 18-26 мес., клариевого сома 9-14 мес., судака 24-36 мес., радужной форели 19-24 мес.

Посадочный материал стерляди достигает массы 20 г за 80-85 сут., при средней величине  $K_m=0,11$  и выживаемости 70%, канального сома массы 30 г за 130-140 сут.,  $K_m=0,067$ , выживаемости 70%, клариевого сома массы 30 г за 40-45 сут.,  $K_m=0,225$ , выживаемости 70%, судака массы 20 г за 115-120 сут.,  $K_m=0,063$ , выживаемости 70%, угря массы 10 г за 100 сут.,  $K_m=0,065$ , выживаемости 85-90%, радужной форели массы 30 г за 75 сут.,  $K_m=0,1$ , выживаемости 70-85%.

Товарной массы 300-500 г стерлядь достигает через 120-130 сут., массы 800-1000 г через 190-200 сут., при средней величине  $K_m=0,109$  и  $0,051$ , выживаемости 75-80%, соответственно, канальный сом массы 450-500 г через 180 сут., при  $K_m=0,145$ , выживаемости 90%, клариевый сом массы 1000 г через 120-150 сут., массы 2000 г через 180-200 сут., при  $K_m=0,153$  и  $0,131$ , выживаемости 70-80%, соответственно, судак массы 300-500 г через 240-280 сут., массы 800-1000 г через 420-450 сут., при  $K_m=0,054$  и  $0,048$ , выживаемости 90-95%, соответственно, угорь массы 150 г через 270-290 сут., массы 700 г через 510-540 сут., при  $K_m=0,035$  и  $0,037$ , выживаемости 85-90%, соответственно, радужной форели массы 300 г через 165 сут., при  $K_m=0,065$ , выживаемости 95%.

7. При реализации полициклических технологий целесообразно сформировать группы производителей, созревающих в равноотстоящие сроки: стерлядь – 4 группы с интервалом 3 мес., судак – 4 группы через 3 мес., канальный сом – 3 группы с интервалом 2 мес., клариевый сом – 3 группы с интервалом один мес. При этом достигается эффект многократного в течение года использования бассейнов для выращивания посадочного материала и товарной рыбы, как следствие, кратного увеличения величины рыбопродукции.

8. Морфо-физиологические, гематологические и иммунологические особенности объектов пастбищной и индустриальной аквакультуры проявлялись с учётом размерно-возрастных и половых различий. Преимущественно лимфоидный характер белой крови подтверждает соответствие условий УЗВ разрешению биологической потенции выращиваемых рыб.

## **Практические рекомендации производству**

1. Для сохранения популяционной структуры популяций рыбца, щуки, линя в пастбищных водоёмах необходимо использовать в процессе искусственного воспроизводства производителей из всех фиксируемых волн нерестового хода:

2. В процессе искусственного воспроизводства рыбца, щуки, линя, стерляди, выращивания в УЗВ посадочного материала и товарной стерляди, канального и клариевого сома, судака, угря, радужной форели целесообразно использовать разработанные рыбоводно-биологические нормативы;

3. При эксплуатации УЗВ целесообразно использовать полицикличные технологии формирования и эксплуатации ремонтно-маточных стад стерляди, судака, канального и клариевого сома, выращивания посадочного материала и товарной рыбы.

## **Заключение**

Эволюция экосистем важнейших для региона рыбохозяйственных водоемов, воздействие многих факторов, в том числе антропогенного происхождения привели к ситуации, когда достаточно длительное время отмечается диспропорция в структуре промысла в сторону превосходства массовых, но относительно дешевых рыб. В Куршском заливе доля ценных экономикообразующих объектов промысла (угорь, щука, линь, рыбец) в российской части снизилась до 1 % в весовом и 4 % в стоимостном выражении.

Анализ сложившейся ситуации показывает, что единственным способом восстановления в относительно короткий исторический период запасов ценных видов рыб, является искусственное их воспроизводство с последующим пастбищным нагулом.

Рассматривая технологии пастбищной аквакультуры в разрезе составляющих элементов, была проведена оценка биологического статуса рыб, предложены технические решения при создании материально-технической базы искусственного воспроизводства, разработана биотехника разведения и выращивания посадочного материала, дана оценка приемной емкости рыбохозяйственных водоемов в зарыбляемой молоди и ожидаемой величине промыслового возврата. Результатом разработки технологий пастбищной аквакультуры явились рыбоводно-биологические нормативы, применение которых позволит обеспечить регулярное вселение на пастбищный нагул молоди в соответствии с установленной приемной емкостью экосистем рыбохозяйственных водоемов.

Индустриальная аквакультура, учитывая продолжительность заверщенного цикла выращивания, позволяет в наиболее короткие сроки произвести товарную продукцию и наполнить ею потребительский рынок региона. В большей мере этому соответствуют установки замкнутого водоснабжения, в которых исключено влияние природно-климатических явлений на процессы разведения и выращивания рыб.

Исследованиями были охвачены ранее отсутствующие в региональной аквакультуре стерлядь, клариевый и канальный сомы, судак, угорь.



Установленные закономерности влияния абиотических и биотических факторов обосновывают продолжительность этапов выращивания, размерно-весовые кондиции посадочного материала, товарной рыбы и величину рыбопродукции. Проведение исследований в условиях опытных и промышленных УЗВ подтверждает способность и целесообразность тиражирования технологий индустриальной аквакультуры на базе УЗВ в Калининградской области.

Учитывая возможность установления управляемого температурного режима в УЗВ, особенности созревания производителей исследованных видов рыб, затратность процесса выращивания в режиме моноцикла, обоснованы полицикличные технологии выращивания рыбы в УЗВ.

Можно признать, что применение на территории Калининградской области разработанных технологий пастбищной и индустриальной аквакультуры, соблюдение при этом рыбоводно-биологических нормативов позволят, с одной стороны, повысить долю в уловах ценных, экономикообразующих видов рыб. С другой, оперативно нарастить объемы выращивания товарной рыбы. Как результат приблизиться к физиологически обоснованной норме потребления продукции аквакультуры, отражающей качественный уровень питания населения.

#### **Перечень сокращений и условных обозначений**

Км – общий продукционный коэффициент скорости массонакопления, Л – лейкоциты, Лф – лимфоциты, Мн – миелоцит нейтрофильный, ММн – метамиелоциты нейтрофильные, Мо – моноциты, ОБС – общий белок сыворотки крови, ОЧН – общее число нейтрофилов, Пян – нейтрофил палочкоядерный, Пб – псевдодобазофилы, СГЭ – содержание гемоглобина в одном эритроците, ЦП – цветной показатель, Э – эозинофилы, Эр – эритроциты, Эр/Л – отношение эритроцитов к лейкоцитам, Нб – гемоглобин

#### **Список опубликованных работ по теме диссертации**

##### **Публикации в изданиях из базы Web of Science:**

1. Иммунологические показатели радужной форели, выращиваемой в УЗВ / К.А. Молчанова, Е.И. Хрусталева, Т.М. Куропова // Рыбное хозяйство, 2018. № . С. 73 – 79.
2. Pike-perch farming in recirculating aquaculture systems (RAS) in the Kaliningrad region / Pyanov D., Delmukhametov A., Khrustalev E. // 9th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food for consumer well-being” FOODBALT 2014 Conference Proceedings. – Jelgava: LLU, 2014. – P. 315-317.
3. The chemical composition of two commercial fish species – pikeperch (*Sander Lucioperca*) and rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) cultivated in artificial conditions / Pyanov D., Molchanova K., Khrustalev E., Delmukhametov A. // 11th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food science and technology in a changing world” FOODBALT 2017 Conference Proceedings. Jelgava: LLU, 2017. – P. 66 – 69

4. Хрусталеv Е.И., Курапова Т.М., Молчанова К.А. Возрастные изменения морфофизиологических показателей у судака второй генерации при выращивании в УЗВ // М.: Рыбное хозяйство, 2018. №1. С. 83 – 87.

5. Гематологические показатели годовиков радужной форели при выращивании в УЗВ / К.А. Молчанова, Е.И. Хрусталеv, Г.Г. Серпунин, Л.В. Савина // Рыбное хозяйство, 2018. № . С. 69 – 72.

**Публикации в изданиях из перечня ВАК Минобрнауки России:**

6. Оптимизация методов получения зрелых половых продуктов у производителей линя при заводском воспроизводстве / Е.И. Хрусталеv, О.Е. Гончаренко, К.Б. Хайновский // Рыбное хозяйство.- 2007.- Вып. 2.- С. 87-89.

7. Особенности выращивания сеголетков стерляди в бассейнах и садках при высоком фоне температуры и активной реакции воды / Е.И. Хрусталеv, М.С. Величко, К.Б. Хайновский // Рыбное хозяйство, 2008, № 2.- С. 80-81.

8. Оценка влияния условий выращивания на иммунофизиологическое состояние сего-летков стерляди / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, Л.В. Савина, Е.В. Сементина, М.С. Величко // Рыбное хозяйство, 2008, № 2.- С. 82-83.

9. Хрусталеv Е.И. Биологические и технологические основы развития аквакультуры в Калининградской области // Рыбное хозяйство, 2008, № 3.- С. 69-70.

10. Хрусталеv Е.И., Гончаренко О.Е. Совершенствование технологии зарыбления линем водоемов // Рыбоводство, 2008, № 1.- С. 26-28.

11. Хрусталеv Е.И., Гончаренко О.Е. Биотехнические аспекты искусственного воспроизводства линя Куршского залива // Рыбное хозяйство, 2008, № 3.- С. 75-77.

12. Хрусталеv Е.И. Полицикличные технологии в индустриальном рыбоводстве / Е.И. Хрусталеv // Рыбное хозяйство, 2008, № 5.- С. 57-59.

13. Хрусталеv Е.И. Первые результаты разработки биотехники выращивания судака в индустриальных условиях / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, А.Б. Дельмухаметов // Рыбное хозяйство, 2009, № 1.- С. 62-64.

14. Хрусталеv Е.И. Оценка приемной емкости экосистем Куршского и Вислинского заливов в зарыбляемой молоди угря (*Anguilla anguilla* L.) / Е.И. Хрусталеv // Рыбное хозяйство, 2009, № 1.- С. 67-69.

15. Хрусталеv Е.И. Полицикличные технологии выращивания молоди ценных видов рыб / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, О.Е. Гончаренко, Е.Г. Лесникова // Рыбное хозяйство, 2009, № 2.- С. 64-66.

16. Хрусталеv Е.И. Рыбоводный комплекс на польдерных землях / Е.И. Хрусталеv, В.В. Жуков, М.С. Величко // Рыбное хозяйство, 2009, № 2.- С. 70-72.

17. Хрусталеv Е.И. Рациональные решения проблемы восстановления промысловых популяций угря в рыбохозяйственных водоемах Калининградской области / Е.И. Хрусталеv // Известия Самарского научного центра Российской академии наук.- Т.11.- № 1(2).- 2009.- С. 174-178.

18. Особенности нерестового хода производителей рыбца, линя и щуки, учитываемые при их искусственном воспроизводстве / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, О.Е. Гончаренко, Е.Г. Лесникова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук.- Т.11.- № 1(2).- 2009.- С. 179-183.

19. Хрусталеv Е.И. Рыбоводно-биологические показатели судака при выращивании в искусственных условиях / Е.И. Хрусталеv, А.Б. Дельмухаметов // Известия КГТУ. - 2009. - № 17. - С. 14-18.
20. Хрусталеv Е.И. Оценка влияния солености воды на рост и жизнестойкость молоди линя, рыба, стерляди / Е.И. Хрусталеv // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2010.-№2.- С. 70-71.
21. Хрусталеv Е.И. Оценка ростовой потенции канального и клариевого сомов, обосновывающая полицикличные технологии выращивания / Е.И. Хрусталеv // Рыбное хозяйство, 2010, № 4.- С. 65-68.
22. Хрусталеv Е.И. Рыбоводно-биологические показатели судака при выращивании в искусственных условиях / Е.И. Хрусталеv, А.Б. Дельмухаметов // Известия КГТУ. - 2010. - № 17. - С. 161-165.
23. Хрусталеv Е.И. Сравнительная оценка раскрытия ростовой и адаптогенной потенции у окской, камской и нижеволжской стерляди в условиях УЗВ / Е.И. Хрусталеv // Рыбное хозяйство, 2010, № 6.- С. 83-85.
24. Хрусталеv Е.И. Повышение эффективности предприятий аквакультуры / Е.И. Хрусталеv, А.Э. Сулов, Ю.А. Фатыхов, А.И. Маковская // Рыбпром, 2010, №3.-С. 104-108
25. Хрусталеv Е.И. Изменения морфофизиологических показателей молоди линя, рыба, стерляди от солености воды / Е.И. Хрусталеv // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2010.-№3.- С. 71-73
26. Хрусталеv Е.И. Научное и технологическое обеспечение развития аквакультуры в Калининградской области / Е.И. Хрусталеv, В.В. Жуков, В.В. Брюханов, О.Е. Гончаренко, Т.М. Курапова // Рыбное хозяйство, 2011.- № 1.- С. 74-77.
27. Хрусталеv Е.И. Морфофизиологические особенности производителей линя, рыба, щуки в нерестовый период / Е.И. Хрусталеv // Вопросы рыболовства, 2011.-Т.12.- №2 (46).- С. 293-299.
28. Хрусталеv Е.И. Оценка иммунофизиологического статуса некоторых объектов индустриальной аквакультуры (на примере стерляди и клариевого сома) / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, О.Е. Гончаренко, Л.В. Савина // Рыбное хозяйство, 2011.- № 5.- С. 60-63.
29. Хрусталеv Е.И. Технология формирования маточного стада судака в установках с замкнутым циклом водообеспечения / Е.И. Хрусталеv, А.Б. Дельмухаметов // Рыбное хозяйство, 2012.- № 1.- С. 70-72.
30. Хрусталеv Е.И. Морфофизиологические особенности ремонтного стада судака на различных этапах выращивания в УЗВ / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, Л.В. Савина, О.Е. Гончаренко, А.Б. Дельмухаметов, В.А. Аминова // Рыбное хозяйство, 2012.- № 2.- С. 82-84.
31. Хрусталеv Е.И. Оценка эффективности кормления радужной форели на этапах формирования ремонтно-маточного стада в установках замкнутого цикла водообеспечения / Е.И. Хрусталеv, О.Е. Гончаренко, Т.М. Курапова, К.А. Елфимова // научно-теоретический журнал НП "ТППП АПК", 2014, № 1. – 5 с. (43-47)

32. Хрусталеv Е.И. Технологии региональной аквакультуры / Е.И. Хрусталеv, О.Е. Гончаренко, Т.М. Курапова, К.А. Елфимова // научно-теоретический журнал НП "ТППП АПК", 2014, № 1. – 7 с. (54-60).

33. Хрусталеv Е.И. Первый этап разработки технологии формирования маточного стада форели в установке замкнутого цикла водообеспечения / А.Э. Суслов, А.И. Маковская, Е.И. Хрусталеv, Ю.А. Фатыхов // Научный журнал «Известия КГТУ», Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», № 35, 2014. С. 131 – 142.

34. Молчанова К.А., Хрусталеv Е.И. Особенности выращивания ремонтного поголовья радужной форели второй генерации в установке замкнутого водоснабжения // Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», Научный журнал «Известия КГТУ», №36, 2015 г. С. 23 – 30.

35. Пьянов Д.С., Дельмухаметов А.Б., Хрусталеv Е.И. Результаты выращивания судака (*Sander lucioperca*, L.) в режиме полного цикла в установках замкнутого водоснабжения // Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», Научный журнал «Известия КГТУ», № 41, 2016 г. С. 49 – 58.

36. Хрусталеv Е.И., Курапова Т.М., Молчанова К.А., Шаповалова И.Е. Перспектива развития угреводства в Калининградской области // М.: Рыбное хозяйство, № 4, 2016. С. 72 – 75

37. Хрусталеv Е.И., Курапова Т.М., Молчанова К.А. Оценка приемной емкости экосистемы Куршского залива для вселяемой молодежи ценных видов рыб // М.: Рыбное хозяйство, № 4, 2016. С. 76 – 81

38. Пьянов Д.С., Молчанова К.А., Дельмухаметов А.Б., Хрусталеv Е.И. Особенности доместикации судака (*Sander lucioperca*) и радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) на этапах роста и созревания в условиях установок замкнутого водообеспечения // Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», Научный журнал «Известия КГТУ», № 43, 2016 г. С. 55 – 66

39. Возможности раскрытия ростовой потенции у радужной форели в УЗВ и открытых рыбоводных системах / К.А. Молчанова, Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова. // Воронеж: Научно-теоретический журнал "Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания", 2016, № 5(13). С. 43-47

40. Возрастные изменения морфофизиологических показателей у судака первой генерации при выращивании в условиях замкнутого водообеспечения / Хрусталеv Е.И., Курапова Т.М., Молчанова К.А. // Вестник Оренбургского государственного университета. 2016. № 12 (200). С. 85-91.

41. Хрусталеv Е.И., Курапова Т.М., Молчанова К.А., Абдулрахман З.Х. О целесообразности изменения режима кормления стерляди в УЗВ // Воронеж: Научно-теоретический журнал "Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания", 2017, № 2(16). С. 29-34.

42. Анализ концентрации и активности лизоцима у судака первого поколения при выращивании в УЗВ / Т.М. Курапова, Е.И. Хрусталеv, К.А. Молчанова // Рыбоводство и рыбное хозяйство, 2018. №6(149). С. 61-67

43. Молчанова К.А., Хрусталеv Е.И. Рыбоводно-биологические особенности производителей радужной форели, адаптируемой к условиям УЗВ в третьем поколении // Рыбное хозяйство, 2019. № 2. С. 86 – 89.

44. Хрусталеv Е.И., Серпуниv Г.Г., Савина Л.В. Гематологические показатели угря при выращивании в УЗВ // Рыбное хозяйство, 2019. № 3. С. 100 – 104.

45. Молчанова К.А., Хрусталеv Е.И. Реализация системы нормированного кормления радужной форели на первом этапе формирования ремонтно-маточного стада в УЗВ // Рыбное хозяйство, 2019. № 4. С. 79 – 83.

46. Молчанова К.А., Хрусталеv Е.И. Реализация системы нормированного кормления радужной форели на втором этапе формирования ремонтно-маточного стада УЗВ // Воронеж: Научно-теоретический журнал "Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания", 2019, № 2(20). С. 34-39.

47. Изучение концентрации  $\gamma$ -глобулинов в организме судака, выращиваемого в УЗВ / Т.М. Курапова, Е.И. Хрусталеv, К.А. Молчанова // Рыбоводство и рыбное хозяйство, 2019. - № 9 (164). – С. 54-60.

48. Показатели крови клариевого сома (*Clarias gariepinus*) из установки замкнутого водоснабжения / Савина Л. В., Серпуниv Г. Г., Хрусталеv Е. И., Саускан В. И. // Известия КГТУ, 2019. №55. С. 103 – 110

49. Реализация системы нормированного кормления радужной форели на третьем этапе формирования ремонтно-маточного стада в установках замкнутого водоснабжения / Хрусталеv Е.И., Молчанова К.А., Гончаренко О.Е., Серпуниv Г.Г., Шибаев С. В.// Известия КГТУ, 2019. №55. С. 134 – 144

50. Оценка гематологического статуса европейского угря и клариевого сома, выращиваемых в УЗВ / Е.И. Хрусталеv, Л.В. Савина, К.А. Молчанова, Т.М. Курапова // Воронеж: Научно-теоретический журнал "Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания", 2020. № 1 (20). С. 40-48

51. Ryanov D., Delmukhametov A., Khrustalyov E. Russian experience of growing of pikeperch (*Sander lucioperca*) fingerlings in the Recirculating Aquaculture Systems (RAS) / "Aquaculture Europe 15". - Rotterdam, 2015. - P. 655-656.

#### **Публикации в других изданиях и материалах конференций:**

52. Хрусталеv Е.И., Панасенко В.А. Выращивание радужной форели в условиях Калининградской области // Рыбное хозяйство, М.- 1982.- № 6 .- С. 54-55.

53. Хрусталеv Е.И, Новоженин Н.П. Формирование маточного стада радужной форели в солоноватой воде // Рыбное хозяйство, М. - 1989. - № 11.- С. 34-36.

54. Хрусталеv Е.И., Дельмухаметов А.Б., Пьянов Д.С. Сравнительная характеристика различных генераций судака, выращенных в условиях установок замкнутого цикла водообеспечения (УЗВ) / «Тезисы докладов ХХІХ Международной конференции «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского севера». – Мурманск: ПИПРО, CD-R. 2013. 2 с.

55. Курапова Т.М., Хрусталеv Е.И., Савина Л.В., Гончаренко О.Е., Пьянов Д.С., Дельмухаметов А.Б. Некоторые иммунологические показатели сеголетков судака, выращенных в УЗВ / «Тезисы докладов XXIX Международной конференции «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского севера». – Мурманск: ПИПРО, CD-R. 2013. 2 с.

56. Дельмухаметов А.Б., Пьянов Д.С., Хрусталеv Е.И. Технология выращивания судака в условиях установок замкнутого водоснабжения (УЗВ) / «Международная научно-техническая конференция «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство»: сборник материалов. – Воронеж: гос. ун-т инженерных технологий, ВГУИТ, 2013. - С. 632-637.

57. Немцев И.В., Хрусталеv Е.И. Биотехника выращивания молоди угря в УЗВ на 1 этапе производственного процесса // Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов и пути их рационального использования: Материалы докладов Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 85-летию Татарского отделения ГОСНИОРХ (Казань, 24-29 октября 2016 г.). Казань: ФГБНУ «ГосНИОРХ», 2016. С. 748 – 752

58. Пекарскайте В.В., Хрусталеv Е.И. Биотехнические особенности выращивания угря в УЗВ // Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов и пути их рационального использования: Материалы докладов Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 85-летию Татарского отделения ГОСНИОРХ (Казань, 24-29 октября 2016 г.). Казань: ФГБНУ «ГосНИОРХ», 2016. С. 841-847

#### **Монографии:**

59. Биотехнический и производственный потенциал пастбищной аквакультуры на трансграничных водоемах России и Литвы / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, В.В. Жуков, Л.В. Савина, К.Б. Хайновский, О.Е. Гончаренко, А.Б. Дельмухаметов, В.Е. Хрисанфов, Э.В. Бубунец, В. Вайтекунас, А. Домаркас, Л. Керосерюс.- Калининград: изд-во "ИП Мишуткина И.В.", 2009.- 198 с.: ил., фот., карты-схемы.- ISBN 978-5-98787-034-1.

60. Apytakinės žuvų auginimo sistemas Lietuvos hidrobiologu draugija. Рыбоводство в замкнутых системах / A. Domarkas, O. Goncarenok, E. Chrustaliiov, L. Kerosierius, T. Kurapova, V. Kirsnickis, J. Poviliunas, E. Radaityte, A. Rutkauskas, L. Savina, R. Sertvytis, D. Venciene, V. Zukov.- Vilnius, 2010.- p.280.- ISBN 978-9986-842-11-8.

61. Хрусталеv Е.И. Биологические и технологические основы угреводства. Олыштын, Изд-во Солярис Друк. 2013. – 305 с.

62. Биологические и технологические основы пастбищной аквакультуры в Калининградской области: коллективная монография / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, А.Э. Суслов, О.Е. Гончаренко, К.А. Молчанова, Л.В. Савина, А.Б. Дельмухаметов, Д.С. Пьянов // Калининград: Издательство ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – 398 с.

#### **Патенты**

63. Патент на полезную модель "Установка для термоподготовки воды на предприятиях аквакультуры (РФ).-2011109814/06. № 107847 RU, МПК F 25B

29/00. Заявлено 15.03.2011; Оpubл. 27.08.2011. Бюл. № 24. Приоритет 15.03.11. Хрусталеv Е.И., Суслон А.Э., Фатыхов Ю. А., Маковская А.И.

64. Патент на полезную модель "Система водоснабжения рыбоводных хозяйств, расположенных на польдерных землях" (РФ) № 116748 RU. Заявка 2011151948/13, МПК А01К, 61/00. Заявлено 19.12.2011; Оpubл. 10.06.2012. Бюл. № 16. Приоритет 19.12.2011.

65. Патент на полезную модель "Установка для термообработки воды в системе замкнутого водообеспечения разведения рыбы". (РФ) № 127586 RU. / А.Э. Суслон, А.И. Маковская, Е.И. Хрусталеv, Ю.А. Фатыхов // Заявка 2012154760, МПК А01К. Заявлено 17.12.2012; Оpubл. 10.05.2013..

66. Патент "Способ выращивания половозрелой стерляди для получения пищевой черной икры". (РФ) № 2496313 RU. / Е.И. Хрусталеv, А.В. Головтеев // Заявка 2012105669, Заявлено 20.02.2012; Оpubл. 27.10.2013.

67. Патент "Способ выращивания товарной стерляди". (РФ) № 2496314 RU. / Е.И. Хрусталеv, А.В. Головтеев // Заявка 2012105670, МПК А01К. Заявлено 20.02.2012; Оpubл. 27.10.2013

68. Патент "Способ выращивания посадочного материала стерляди". (РФ) № 2496311 RU. / Е.И. Хрусталеv, А.В. Головтеев // Заявка 2012105667, МПК А01К. Заявлено 20.02.2012; Оpubл. 27.10.2013.

69. Патент "Способ формирования и эксплуатации маточного стада стерляди". (РФ) № 2496312 RU. / Е.И. Хрусталеv, А.В. Головтеев // Заявка 2012105668, МПК А01К. Заявлено 20.02.2012; Оpubл. 27.10.2013.

70. Патент "Способ выращивания посадочного материала судака в режиме полицикла". (РФ) № 2514223 RU. / Е.И. Хрусталеv, А.В. Головтеев // Заявка 2012132130, МПК А01К61/00. Заявлено 27.07.2012; Оpubл. 10.02.2014.

71. Патент "Способ выращивания товарного судака в режиме полицикла". (РФ) № 2520659 RU. / Е.И. Хрусталеv, А.В. Головтеев // Заявка 2012132129, МПК А01К61/00. Заявлено 27.07.2012; Оpubл. 10.02.2014.

72. Патент "Способ формирования и эксплуатации маточного стада судака в установках с замкнутым циклом водообеспечения". (РФ) № 2514227 RU. / Е.И. Хрусталеv, А.В. Головтеев // Заявка 2012132127, МПК А01К61/00. Заявлено 27.07.2012; Оpubл. 10.02.2014.

73. Патент "Способ формирования и эксплуатации маточного стада судака в установках с замкнутым циклом водообеспечения в режиме полицикла". (РФ) № 2514225 RU. / Е.И. Хрусталеv, А.В. Головтеев // Заявка 2012132128, МПК А01К61/00. Заявлено 27.07.2012; Оpubл. 10.02.2014.

74. Патент на полезную модель «Установка для термоподготовки воды в условиях замкнутого водообеспечения в аквакультуре». (РФ) № 137096 RU./ А.Э. Суслон, А.И. Маковская, Е.И. Хрусталеv, Ю.А. Фатыхов // Заявка № 2013113486, МПК А01Л61/00. Заявлено 26.03.2013 г.; Оpubл. 27.01.2014 г. БИ №3.

Подписано в печать 25.02.2021 г. Заказ №15, объем 3 п.л. Бумага 60×84 (1/16). Тираж 100 экз. Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ» 236022, Калининград, Советский пр-т, 1.